# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

## TOME DEUX-CENT-TRENTE-DEUXIÈME.

JANVIER — JUIN 1951.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1951

# ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

### AU 1er JANVIER 1951

## SCIENCES MATHÉMATIQUES.

### SECTION Ire. — *Géométrie.*

MM.

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), G. O. ✻.
BOREL (Félix-Edouard-Justin-*Émile*), G. C. ✻, ✠, ✠.
CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), G. O. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), C. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✠.

### SECTION II. — *Mécanique.*

VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), O. ✻.
VESSIOT (*Ernest*-Paulin-Joseph), C. ✻.
BEGHIN (*Henri*), C. ✻.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), O. ✻.

### SECTION III. — *Astronomie.*

ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), C. ✻.
MAURAIN (*Charles*), G. O. ✻
FAYET (*Gaston*-Jules), O. ✻.
CHAZY (*Jean*-François), O. ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand), ✻.
DANJON (*André*-Louis), O. ✻, ✠.

### SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✠, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.
COT (*Donatien*), C. ✻.
POIVILLIERS (*Georges*-Jean), O. ✻, ✠.

### SECTION V. — *Physique générale.*

MM.
COTTON (*Aimé*-Auguste), C. ✻.
JOLIOT (*Frédéric*), C. ✻.
BECQUEREL (*Jean*-Antoine-Edmond-Marie), C. ✻.
CABANNES (*Jean*), O. ✻, ✠.
RIBAUD (*Gustave*-Marcel), O. ✻, ✠.
LEPRINCE-RINGUET (*Louis*-Marie-Edmond), ✻.

## SCIENCES PHYSIQUES.

### SECTION VI. — *Chimie.*

BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ✻.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), C. ✻.
LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), C. ✻.
JOLIBOIS (Médard-*Pierre*), O. ✻, ✠.
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), O. ✻.
DUFRAISSE (*Charles*-Robert), O. ✻.

### SECTION VII. — *Minéralogie.*

JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠.
MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✻.
GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✻.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻.
MICHEL-LÉVY (*Albert*-Victor), C. ✻, ✠.
FALLOT (*Paul*), ✻.

### SECTION VIII. — *Botanique.*

BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), C. ✻.
CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✻.
SOUÈGES (Étienne-Charles-*René*), ✻.
MAGROU (*Joseph*-Émile), O. ✻.
HEIM (*Roger*-Jean), ✻, ✠.
COMBES (*Raoul*-Pierre-Émile), O. ✻.

### SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠.
SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✻.

MM.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), C. ✻, ✠.
DEMOLON (*Albert*-Omer), O. ✻.
MAYER (*André*), C. ✻.

**SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.***

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), C. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), C. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (Baptiste-*Louis*), O. ✻.
GRASSÉ (*Pierre*-Paul), ✻.

**SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.***

PORTIER (*Paul*), O. ✻.
BINET (*Léon*-René), G. O. ✻, ✠.
LAUBRY (*Charles*), G. O. ✻.
HARTMANN (*Henri*-Albert-Charles-Antoine), G. O. ✻.
LERICHE (*René*), C. ✻, ✠.
.........................

## SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), C. ✻, pour les Sciences mathématiques.
COURRIER (Marie-Jules-Constant-*Robert*), O. ✻, ✠, pour les Sciences physiques.

## ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), C. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), C. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), O. ✻, ✠.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
PÉRARD (*Albert*-Gustave-Léon), C. ✻, ✠.
RAMON (*Gaston*-Léon), G. O. ✻.
HACKSPILL (*Louis*-Jean-Henri), O. ✻, ✠.
TRÉFOUËL (*Jacques*-Gustave-Marie), O. ✻.
LACASSAGNE (*Antoine*-Marcellin-Bernard), O. ✻.

## MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.

CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), C. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Vendresse (Ardennes).
HAAG (*Jules*), O. ✻, à Besançon.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), O. ✻, à Grenoble.
LEJAY (*Pierre*), ✻, ✠.
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), O. ✻, à Bordeaux.
TEILHARD DE CHARDIN (*Pierre*-Marie-Joseph), O. ✻, ✠, ✠.
DUPOUY (*Gaston*-Léopold), ✻, à Toulouse.

## APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Genève (Suisse).
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), C. ✻, à Paris.
CHEVENARD (*Pierre*-Antoine-Jean-Sylvestre), O. ✻, à Paris.
BARTHÉLEMY (*René*), O. ✻, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
DARRIEUS (*Georges*-Jean-Marie-Eugène), O. ✻, ✠, à Houilles (Seine-et-Oise).
PARODI (*Hippolyte*), O. ✻, ✠, à Paris.

## ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New-Jersey).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), C. ✻, à Uccle-Bruxelles.
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne (Suisse).
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Cambridge (Angleterre).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Woodstock (Angleterre).
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Northampton (Massachusetts).
RAMAN (Sir *Chandrasekhara Venkata*), à Bangalore (Indes).

# CORRESPONDANTS.

## SCIENCES MATHÉMATIQUES.

### SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Joliet (Illinois).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
DULAC (*Henri*-Claudius-Rosario), ✻, à Lyon.
VINOGRADOV (*Ivan* Matveevich), à Moscou.
WEYL (*Hermann*), à Princeton (New Jersey).
POLYA (*George*), à Palo Alto (Californie).
SIERPINSKI (*Waclaw*), O. ✻, à Varsovie.
RIESZ (*Frederic*), à Budapest.

### SECTION II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), O. ✻, à Malakoff (Seine).
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), C. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✻, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).
LERAY (*Jean*), à Sceaux (Seine).
KÁRMÁN (*Théodore* DE), O. ✻, à Pasadena (Californie).
TAYLOR (Sir *Geoffrey Ingram*), à Cambridge (Angleterre).
COLONNETTI (*Gustavo*), O. ✻, à Rome.

### SECTION III. — *Astronomie* (10 + 1).

BOSLER (*Jean*), ✻, à Marseille.
HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
JONES (Sir Harold *Spencer*), à Herstmonceux Castle (Angleterre).
SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).

MM.

DELPORTE (*Eugène*-Joseph), à Uccle-Bruxelles.
STØRMER (Fredrik *Carl* Mülertz), à Vestre Aker (Norvège).
STRATTON (*Frederick* John Marrian), ✻, à Cambridge (Angleterre).
DAUVILLIER (*Alexandre*-Henri-Georges), à Bagnères (Hautes-Pyrénées).
HUBBLE (*Edwin* Powell), à Mount Wilson (Californie).
LINDBLAD (*Bertil*), à Stockholm.

### SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10 + 1).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✻, à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes).
ROUCH (*Jules*-Alfred-Pierre), O. ✻, ✠, à Monaco.
MONOD (*André*-Théodore), à Dakar.
HAVELOCK (*Thomas Henry*), à Newcastle on Tyne (Angleterre).
LAMBERT (*Walter Davis*), à Canaan (Connecticut).
PÉLISSIER (*Léon*-Alexandre-Melchior), O. ✻, à Sanary sur Mer (Var).
BAULIG (Henri), ✻, à Strasbourg.

### SECTION V. — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), ❋, à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford (Angleterre).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
REBOUL (*Georges*-Scipion-Antoine), O. ✻, ✠, à Montpellier.
FORTRAT (*René*-Lucien), ❋, à Grenoble.
HENRIOT (*Émile*-Jean-Charles), ❋, ✠, à Boitsfort (Belgique).
BLACKETT (*Patrick* Maynard Stuart), à Manchester (Angleterre).
KRAMERS (*Hendrik Anthony*), O. ❋, à Oegstgeest (Pays-Bas).
MALLEMANN (*René*-Jean-Gérard-Henri DE), ✻, à Nancy.
ANDRADE (Edward Neville *da Costa*), ✻, à Londres.

## SCIENCES PHYSIQUES.

### SECTION VI. — *Chimie* (10 + 1).

WALDEN (*Paul*), à Gammertingen (Allemagne).
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, à Bordeaux.

MM.

LOCQUIN (Émile-*René*), ✻, à Lyon.

COURTOT (*Charles*-Hippolyte), ✻, à Nancy.

ROBINSON (Sir *Robert*), à Oxford (Angleterre).

KARRER (*Paul*), à Zurich.

BRINER (*Émile*), ✻, à Genève.

EULER-CHELPIN (*Hans* Karl August Simon VON), à Stockholm.

DESCH (*Cecil Henry*), à Londres.

CORNUBERT (*Raymond*-Alexandre-Louis), O. ✻, à Nancy.

## SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✻, à Mathieu (Calvados).

FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✻, à Liége (Belgique).

BRAGG (Sir *William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).

NIGGLI (*Paul*), à Zurich (Suisse).

DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).

DELÉPINE (*Gaston*-Georges), à Lille.

PRUVOST (*Pierre*-Eugène-Marie-Joseph), O. ✻, à Paris.

PAULING (*Linus* Carl), à Pasadena (Californie).

BESAIRIE (*Henri*-Michel-Édouard), ✻, à Tananarive (Madagascar).

MORET (*Léon*-Marie-Louis), ✻, ✠, à Grenoble.

## SECTION VIII. — *Botanique* (10).

PERRIER DE LA BÂTHIE (Marie-Joseph-*Henri*-Alfred), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie).

NICOLAS (Léon-Marie-Joseph-*Gustave*), ✻, à Toulouse.

MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).

BOULY DE LESDAIN (*Maurice*-Léopold-Joseph), à Lille.

BECQUEREL (*Paul*), ✻, à Neuilly (Seine).

LITARDIÈRE (*René*-Jean-Alexandre VERRIET DE), ✻, à Grenoble.

GÄUMANN (*Ernst*), à Zurich.

DANGEARD (*Pierre*-Jean-Louis), ✻, ✠, à Bordeaux.

EMBERGER (*Louis*-Marie), ✻, à Montpellier.

MELIN (Johannes Botvid *Elias*), à Upsal (Suède).

## SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

MARCHAL (*Émile* Jules Joseph), à Bruxelles.

TSCHERMAK VON SEYSENEGG (*Erich*), à Vienne (Autriche).

WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New-Jersey).

MM.
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), C. ✱, à Paris.
HITIER (*Henri*-Joseph-Robert), C. ✱, à Revelles (Somme).
WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).
DONATIEN (*André*-Louis), ✱, ✠, à Alger.
PALLMANN (*Hans* Adolf), à Zollikon (Suisse).
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**SECTION X.** — *Anatomie et Zoologie* (10).

GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✱, à Genève.
PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✱, à Alger.
ANCEL (*Paul*-Albert), ✱, à Paris.
BEAUCHAMP (Charles-Alfred-*Paul* MARAIS DE), ✠, à Paris.
POLICARD (*Albert*), O. ✱, ✠, à Lyon.
HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).
KEILIN (*David*), à Cambridge (Angleterre).
MORTENSEN (*Théodor* Ole Jensen), à Copenhague.
HUXLEY (*Julian* Sorell), à Londres.
DAWIDOFF (*Constantin*), à Sceaux (Seine).

**SECTION XI.** — *Médecine et Chirurgie* (10).

LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✱, à Lyon.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✱, à Stockholm.
REMLINGER (*Paul*-Ambroise), C. ✱, à Tanger (Maroc).
FLEMING (Sir *Alexander*), C. ✱, à Londres.
BÉRARD (*Léon*-Eugène), C. ✱, à Lyon.
GALLAVARDIN (*Louis*-Bénédict), ✱, à Lyon.
ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✱, à Cambridge (Angleterre).
HOUSSAY (*Bernard* Albert), O. ✱, à Buenos-Aires.
HEYMANS (*Corneille* Jean François), à Gand (Belgique).
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

## DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

---

### SÉANCE DU MERCREDI 3 JANVIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA, PUIS DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

M. **GASTON JULIA**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1950.

*État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1951.*

*Comptes rendus des séances de l'Académie.* — Les fascicules de l'année 1950 ont paru chaque semaine régulièrement.

Les Tables des tomes 224 et 225 (1er et 2e semestres de l'année 1947) sont parues et ces volumes ont été mis en distribution. Les Tables des tomes 226 à 231 sont en préparation.

Le volume des Tables générales pour la période 1895-1910, *Matières*, est en préparation.

*Notices et discours.* — Le tome 3 est en préparation.

*Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

*Annuaire de l'Académie.* — L'Annuaire pour 1951 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

*Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences.* — Une nouvelle édition est en préparation.

## *Membres décédés depuis le 1er janvier 1950.*

*Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Hyacinthe Vincent**, le 23 novembre, à Paris.

*Membres non résidants.* — M. **Émile Cotton**, le 14 mars à Grenoble.

## *Membres élus depuis le 1er janvier 1950.*

*Section d'Économie rurale.* — M. **André Mayer**, le 26 juin, en remplacement de M. **Richard Fosse**, décédé.

*Membres non résidants.* — Le R. P. **Pierre Teilhard de Chardin**, le 22 mai, en remplacement de M. **René Maire**, décédé;

M. **Gaston Dupouy**, le 18 décembre, en remplacement de M. **Émile Cotton**, décédé.

## *Membres à remplacer.*

*Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Hyacinthe Vincent**, mort à Paris, le 23 novembre 1950.

## *Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1950.*

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **Denis Brocq-Rousseu**, le 22 janvier, à Paris.

M. **Costantino Gorini**, le 3 septembre, à Milan.

*Pour la Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Émile Jeanbrau**, le 14 mai, à Montpellier.

## *Correspondants élus depuis le 1er janvier 1950.*

*Pour la Section de Mécanique.* — M. **Gustavo Colonnetti**, le 13 février, à Rome, en remplacement de M. **Maurice Roy**, élu Membre de la Section.

*Pour la Section de Physique générale.* — M. **Edward Neville da Costa Andrade**, le 6 février, à Londres.

*Pour la Section de Botanique.* — M. **Elias Melin**, le 16 janvier, à Upsal, en remplacement de M. **Emmanuel Teodoresco**, décédé.

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **Hans Adolf Pallmann**, le 13 février, à Zurich, en remplacement de M. **André Boivin**, décédé.

## *Correspondants à remplacer.*

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **Denis Brocq-Rousseu**, mort à Paris, le 22 janvier 1950.

M. **Costantino Gorini**, mort à Milan, le 3 septembre 1950.

*Pour la Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Émile Jeanbrau**, mort à Montpellier, le 14 mai 1950.

*Pour les Divisions des Membres libres et des Applications de la science à l'industrie* (¹). — Sir **Chandrasekhara Venkata Raman**, Correspondant pour la Section de Physique générale, élu Associé étranger, le 27 juin 1949.

Le R. P. **Pierre Teilhard de Chardin**, Correspondant pour la Section de Minéralogie, élu Membre non résidant le 22 mai 1950.

M. **Gaston Dupouy**, Correspondant pour la Section de Physique générale, élu Membre non résidant, le 18 décembre 1950.

M. **Gaston Julia**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Avant de transmettre à mon successeur, suivant notre tradition, la charge de président que vous avez bien voulu me confier, laissez-moi vous remercier, et pour l'estime que vous y avez attachée, et pour les vives satisfactions que vous m'avez procurées dans l'exercice de cette charge, par le sérieux travail de vos commissions, par votre application à rechercher toujours les meilleures solutions des questions qui se posent à chaque instant, par votre constant désir d'améliorer l'efficacité de nos travaux.

Aux cordiales félicitations que je vous dois pour le passé, permettez aussi

(¹) Décision du 20 février 1950.

que je joigne mes vœux pour l'avenir, en souhaitant que demain soit meilleur qu'hier, pour vous, pour vos familles, pour nos travaux, pour notre cher pays.

Deux années au bureau avec eux m'ont rendu pleinement conscient du rôle essentiel de nos secrétaires perpétuels, et du singulier bonheur qui vous a guidés dans leur choix. Je voudrais qu'ils trouvent ici l'expression bien faible de la haute estime où je les tiens, et de la vive reconnaissance que je leur garde pour l'aide constante et fraternelle qu'ils m'ont apportée.

Je dois aussi mes remerciements cordiaux à M. et M^me Gauja, nos dévoués secrétaires, à M^mes de Lambertye et Causse, leurs collaboratrices, à Eugène Correau et Jean Véjux, gardien et garçon de courses, qui s'emploient de leur mieux au travail des bureaux et services de l'Académie.

Et maintenant, mon cher Javillier, veuillez assurer la présidence, tandis que notre ami Caquot vous assistera, au cours de cette année 1951, que nous vous souhaitons féconde et heureuse.

En prenant la Présidence, M. **Maurice Javillier** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Pour la cent-cinquante-septième fois, un nouveau Président de notre Compagnie prend place en ce fauteuil (1). Mais quel dommage que je ne puisse m'imaginer qu'un mérite particulier m'ait recommandé à vos suffrages pour ce poste lourd d'honneurs et de devoirs! Je sais en effet quelles traditions gouvernent nos désignations et je sais aussi combien de mérites plus éclatants il vous eût été aisé de trouver et de sanctionner.

Les Confrères auxquels je pense en cet instant ont cru devoir s'effacer, craignant que leurs occupations ou leur santé ne leur permettent point de remplir avec ponctualité les obligations qui sont celles du Président de cette Assemblée. Mais leurs craintes étaient heureusement vaines en ce qui concerne leur santé et, les voyant toujours si actifs, si judicieux dans leurs observations, si animés par ces grandes passions qui suscitent les grandes œuvres, j'estime que c'est l'un d'eux qui, aujourd'hui, devrait, en toute justice, siéger en cette place.

A défaut d'un égal mérite, je puis du moins vous apporter cet amour de la connaissance et du vrai qui est notre trésor commun et, en quelque sorte, notre raison d'être.

Je remercie en votre nom notre Confrère Gaston Julia, qui réunit en lui les

---

(1) J. Chaptal, L. J. Gay-Lussac, D. Poisson, Ch. Dupin, E. Chevreul et J. V. Poncelet présidèrent deux fois l'Académie. Les mots *pour la cent-cinquante-septième fois* tiennent compte de cette circonstance.

qualités d'un grand Président : l'autorité, que lui confèrent ses beaux travaux mathématiques; la valeur morale, dont il donna de si héroïques témoignages et, plus simplement : le talent de conduire nos délibérations avec ordre et clarté, la volonté de solliciter notre attention par la voix qui s'élève ou la sonnette vivement agitée. Qu'il veuille bien croire à notre vive gratitude.

Je me trouve, en vérité, sans grand souci devant l'année qui s'ouvre, pour ce qui est de mes devoirs envers notre Compagnie. La tâche essentielle est en effet préparée, réfléchie, mûrie par nos dévoués Secrétaires perpétuels, dont il est inutile de rappeler que, gardiens fidèles de nos traditions, ils savent aussi, quand il convient, prudemment innover. Je ne saurais mieux faire que de suivre leurs suggestions.

De même recourrai-je pour maintes questions de détail à l'aide toujours avisée et obligeante de M. Gauja et de son Service.

Je me promets toutefois d'apporter quelques idées personnelles sur notre vie académique. Ainsi, pourquoi ne dirais-je pas aujourd'hui qu'en raison de la récente extension du droit de vote, l'article de notre Règlement intérieur du 15 avril 1816 qui règle l'accession au Bureau des Membres de l'Académie, appelle, à mon sens, une révision?

Je me félicite d'avoir à ma droite M. Albert Caquot, le grand Ingénieur, dont les travaux sur la résistance des matériaux et maintes réalisations, tels ces ballons-saucisses qui veillèrent sur nos armées et nos convois maritimes, ont illustré le nom. Son sens de l'intérêt français, ses conceptions en matière d'économie publique (rappelez-vous son exposé de 1948), sa confiance en la Science et la Technique comme facteurs de prospérité et de paix pour l'Union française et pour le Monde, seront d'un utile concours à votre Bureau, en ces mois où le cours de l'Histoire dépendra d'un effort conjugué de compréhension, de bonne volonté et de concorde entre les hommes ou de l'abandon des esprits aux passions égoïstes et hostiles.

En accédant aux fonctions que vous avez bien voulu me confier, j'ai cru devoir ne point me contenter de ce que je savais de notre Académie, de sa fondation et de son passé, dont traitent des ouvrages lus naguère; de sa vie, dont nos Comptes rendus et nos Procès-verbaux donnent une image un peu froide; de son atmosphère, que les mots ne sauraient décrire, car elle est créée par toute cette gamme de sentiments différemment nuancés qui règnent entre nous : déférence, amitié, confiance, foi commune en notre mission; créée aussi par ces conversations, en elles-mêmes si utiles, où la science et nos activités en faveur du bien public prennent la meilleure place, mais qu'il conviendrait de tempérer, afin de rendre nos présentations plus fructueuses pour tous et permettre au Bureau de pleinement accomplir ses devoirs.

J'ai voulu revenir aux textes, afin de bien fixer en mon esprit l'*objet légal* de notre Institution ; c'est du moins, le seul point que je viserai aujourd'hui.

La loi du 3 Brumaire an IV qui organise l'*Institut national des Sciences et*

*des Arts,* créé par la Constitution de l'an III, dit en son titre IV : « l'Institut est destiné : 1° *à perfectionner les Sciences* et les Arts *par des recherches non interrompues, par la publication des découvertes, par la Correspondance avec les Sociétés* savantes et étrangères ; 2° *à suivre les travaux scientifiques* et littéraires qui auront pour objet *l'utilité générale* et la *gloire de la République.* »

Sans doute, un texte plus jeune s'exprimerait-il un peu différemment, mais, au fond, dirait-il autre chose? Et notre Académie des Sciences n'est-elle pas, pour l'essentiel, en accord avec le texte qui intéresse l'Institut tout entier?

*Perfectionner les Sciences,* n'est-ce pas ce que chacun de nous, en son domaine, réalise de son mieux, par lui-même, par ses disciples, par tous ceux dont il soutient l'action?

*Les perfectionner par des recherches ininterrompues,* c'est assurément la seule voie efficiente. Mais des moyens d'une supérieure puissance ont-ils jamais été mis à la disposition des hommes, reconnus par le libre choix de leurs pairs comme qualifiés par l'originalité de leurs idées et l'intérêt de leurs découvertes? Heureusement existe-t-il aujourd'hui, en faveur de l'ensemble des chercheurs, d'autres moyens que ceux, tout à fait précaires, dont dispose notre Académie. Mais ceux-là mêmes ont-ils l'ampleur qu'il faudrait? Malgré d'évidents et louables efforts, les budgets de la Recherche Scientifique et, de même, les budgets de la Recherche agronomique, médicale, technique, ne correspondent pas à notre immense désir de connaître, puis de construire sur la Connaissance, en même temps que sur l'Amour, une Cité humaine éclairée, fraternelle et pacifique.

*Perfectionner les sciences par la publication des découvertes,* dit notre loi organique. Notre Compagnie joue certes un rôle important dans la vie scientifique de la France et du Monde en accueillant les Notes des chercheurs et les publiant en de cours délais. Ce que je souhaiterais, c'est que nos *Comptes rendus,* qui, depuis le 3 août 1835 ne connurent jamais de défaillance, tout au plus quelques retards aux heures les plus tragiques de notre Histoire, fussent le reflet fidèle de *toute* la pensée scientifique française, que, dans tous les ordres de la connaissance qui relèvent de la compétence de notre Académie, aucune nouveauté *vraiment notoire* n'échappât à un périodique qui, dans tous les laboratoires et toutes les bibliothèques, doit témoigner de notre esprit de découverte et d'invention.

Je me souviens d'une conversation qu'en 1928, à Toronto, j'eus avec Banting, où il me disait, à propos d'expériences dont il m'exposait l'objet, quelle mine de documents représentent les *Comptes rendus* de notre Académie. Il importe toujours que ceux-ci recueillent tout fait nouveau, découvert chez nous, qui influe vraiment sur l'orientation de la connaissance, afin de rester l'image de l'activité féconde et initiatrice de nos savants.

Certains de nos Collègues étrangers se méprennent d'ailleurs sur l'objectif des Notes des *Comptes rendus,* soulignent leur condensation et la difficulté où

l'on se trouve parfois de reconstituer dans le détail telle expérience brièvement rapportée. Peut-être y a-t-il, dans leurs propos, quelque pointe de vérité. C'est que nos Notes sont souvent des prises de date, j'entends la relation d'observations ou de faits expérimentaux bien acquis, auxquels l'on attache un particulier intérêt et dont la publication rapide importe. Elles n'entendent pas remplacer les mémoires, où la pensée se développe, où les techniques sont précisées, où les faits sont plus abondamment établis, où les hypothèses sont discutées, où s'affrontent les antagonismes apparents entre les phénomènes observés ou les théories suggérées. Les Notes des *Comptes rendus*, s'il arrive d'ailleurs qu'elles n'exigent aucun nouveau développement, préparent aussi les Mémoires plus copieux des périodiques spécialisés. Nos Notes ont, à côté de leurs qualités propres, l'avantage de leur concision et de leur précocité de parution, mais elles ne sauraient dispenser les travailleurs de consulter les Revues particulières. C'est ce dont, à propos des expériences dont il me faisait part, j'apportais le témoignage à l'illustre découvreur de l'insuline pancréatique.

Il nous faut aussi, toujours d'après le texte qui nous régit, tendre *à perfectionner les Sciences par la correspondance avec les autres Sociétés savantes*. Depuis le jour où la Convention, mue par un profond sentiment du devoir national, reconstitua et groupa en un organisme fortement charpenté les Académies nées sous l'Ancien régime, la rapidité accrue des communications, la multiplication des périodiques, la naissance des Bulletins analytiques, l'organisation de multiples congrès, symposia et colloques, la formation d'Unions Scientifiques internationales, etc., ont créé pour les hommes de science des facilités de se mieux connaître et d'être plus étroitement informés des travaux de leurs émules. C'est ce qui estompe quelque peu le caractère impérieux de la troisième activité que la Loi nous prescrit. Nous avons cependant le devoir, et nous cherchons précisément à le remplir, de provoquer la formation de nos Comités scientifiques nationaux et d'assurer leur liaison avec les Unions internationales. Pour l'action en faveur de la création d'autres Unions, peut-être faudra-t-il réviser certaines positions dogmatiques en faveur d'un sens plus immédiat du réel et de l'utile.

Pourquoi n'exprimerais-je pas aussi le souhait que, régulièrement, nos Associés et Correspondants, quand ils nous font l'amitié de siéger au milieu de nous, veuillent bien, dans une communication publique, nous apporter quelque chose de leur pensée ?

Enfin la loi de 1795 nous prescrit *de suivre les travaux qui ont pour objet l'utilité générale*. Je suis très frappé de ce mot *utilité*. L'Assemblée qui créa l'Institut n'a pas eu seulement pour objectif d'aider la Science pure, spéculative, désintéressée, celle qui se satisfait de pénétrer un peu plus dans la connaissance du *comment* des choses. Elle a voulu travailler pour le bien des Hommes en général et aussi en faveur de la Communauté nationale. « L'utilité publique est le but auquel doivent tendre tous vos travaux, » disait à nos

prédécesseurs la lettre du Directoire, et le citoyen Bergeron, Ministre de l'Intérieur, les invitait à s'intéresser « aux Arts mécaniques, à l'Agriculture, à l'Art vétérinaire ». Les titres de plusieurs de nos Sections soulignent que nous répondons à cette intention.

Notre Science en effet doit rester humaine. Qu'elle progresse dans la connaissance de la structure des choses, qu'elle compte les particules qui constituent la matière universelle et en perçoive l'ordonnance, qu'elle rompe les atomes, qu'elle dose tous les éléments qui conditionnent la vie, même ceux qu'on ne peut commodément exprimer qu'en microgrammes, qu'elle discerne les substrats matériels des actes physiologiques les plus complexes, c'est bien. Par là, elle ouvre à tous de nouveaux et lumineux horizons sur le Monde. Mais puisse-t-elle aussi utiliser les énergies qu'elle libère, pour des fins humaines, pénétrer les mécanismes de la vie, pour rendre celle-ci plus haute, plus douce et plus sereine! Ainsi travaillerons-nous pour « la gloire de la République » comme dit le texte de la Convention et, plus encore, pour le mieux-être de la Communauté des Hommes.

Et c'est cette même leçon que je recevais, il y a peu de mois, quand au cours d'un voyage d'étude et d'enseignement dans le Proche-Orient et en Grèce, je rencontrais, du mont Moriah de Jérusalem à l'Acropole d'Athènes, certains de ces lieux « significatifs pour l'âme », où notre Confrère, M. André Siegfried invitait récemment les Occidentaux à prendre conscience d'eux-mêmes et de leur mission. Et ce n'était pas, en les temps difficiles où nous sommes, une mauvaise préface aux obligations de la charge dont votre courtoisie m'a investi. Je vous invite, mes chers Confrères, à reprendre vos travaux.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRONIQUE. — *Mesure de l'émission secondaire des isolants.* Note (*) de M. **René Barthélemy**.

Nous avons rappelé précédemment ([1]) que sous l'effet d'un impact primaire de vitesse élevée le coefficient K d'émission secondaire est en général supérieur à l'unité et que le potentiel de la surface isolante frappée monte jusqu'à une limite, fonction de K et de la loi de distribution des vitesses des électrons secondaires.

S'il est possible de citer quelques travaux sur la mesure du coefficient K (Morton, Johnson, Salow), il est plus difficile d'en trouver sur la détermination du spectre des vitesses dans le cas des corps isolants.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 20.

Comme cette fonction intervient d'une façon prépondérante dans le comportement des analyseurs de télévision, j'ai élaboré une méthode de mesure qui a été appliquée depuis quelques mois dans l'étude et la vérification des cibles recevant une image électronique, issue d'une photocathode.

C'est par le relevé oscillographique du courant d'établissement que le problème a été résolu indirectement.

On projette sur une cible isolante C (*fig.* 1) un impact $i_f$ et l'on enregistre simultanément, à l'aide d'un oscillographe : le courant de sortie $i_r$, issu du support conducteur S de la plaque isolante.

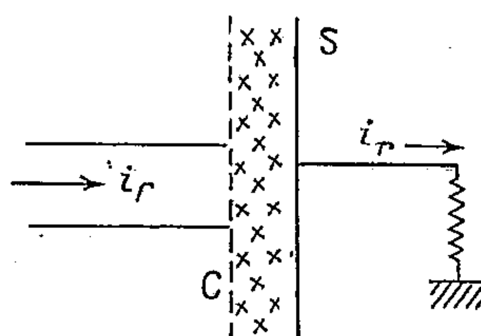



Fig. 1.

En appelant $u$ le potentiel de la surface d'impact, compté à partir de l'anode, au temps $t$, K le coefficient d'émission secondaire, considéré comme constant pour les petites variations de potentiel, on a la relation

$$\int_0^u f(v)\,dv = (\mathrm{K}-1)\,i_f - i_r.$$

La fonction $f(v)$ de répartition des vitesses, exprimées en volts est équivalente à l'expression $di_s/dv$, $i_s$ étant l'émission secondaire.

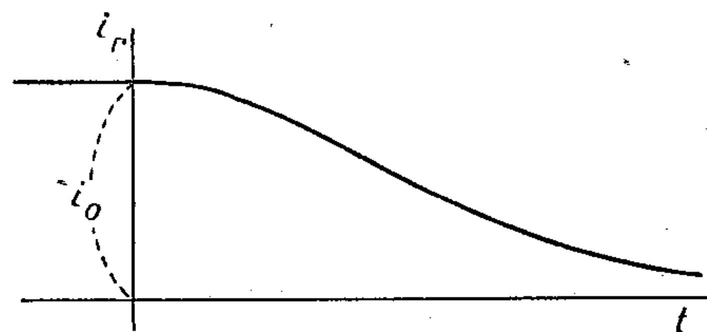



Fig. 2.

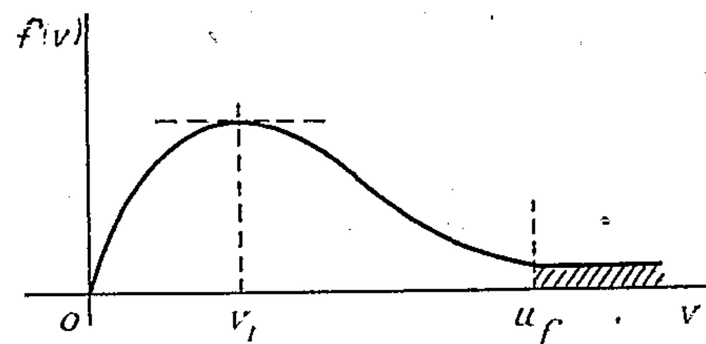



Fig. 3.

La connaissance de $i_f$ et la mesure de $i_r$ donnent donc à chaque instant $t$, l'intégrale de la fonction cherchée. La courbe $i_r(t)$ fournit aussi pour $t = 0$ la valeur de K (*fig.* 2).

$$\mathrm{K} = \frac{i_0}{i_f} + 1.$$

La tension $u$ qui apparaît entre la surface d'impact et la cible s'obtient par

$$u = \frac{1}{\mathrm{C}}\int_0^t i_r\,dt.$$

Par intégration graphique, on déduit la tension limite, pour $t$ infini.

Connaissant $i_r$ et $u$, on élimine la variation $t$ entre ces deux grandeurs et, par dérivation, on construit la fonction cherchée $f(v)$.

On trouve une courbe en cloche (*fig.* 3) qu'on peut, en général, assimiler approximativement à une fonction de la forme

$$f(v) = ave^{-bv^2},$$

expression commode dans le calcul des analyseurs de télévision.

Cette méthode présente l'inconvénient de limiter le tracé à la valeur $u_f$ du potentiel que ne peut dépasser la cible, car elle représente l'équilibre final entre l'arrivée des électrons primaires et le retour des électrons secondaires. Toutefois cette limitation ne nous a pas gêné dans les travaux que nous poursuivions; c'est la connaissance de l'abscisse $v_1$ du maximum, qui importait particulièrement; $v_1$ est compris entre 1,2 et 1,6 V, avec les matériaux essayés.

Un autre inconvénient réside dans l'imprécision introduite par les constructions graphiques successives. On peut en supprimer quelques-unes par des dispositifs électriques effectuant les intégrations et dérivations.

Des précautions opératoires et des corrections ont été nécessaires pour tenir compte des distorsions dues aux amplificateurs, des différences de potentiel de contacts, des résistances de fuite, etc. Aussi quelques variantes de la méthode ont-elles été essayées, par exemple avec un impact primaire, rupté à fréquence élevée; des polarisations initiales différentes de la cible, et des relevés très espacés dans le temps. Une autre variante consiste à établir préalablement le courant d'impact et à produire une variation brusque, de quelques volts, de la tension d'anode.

Des essais ont montré une concordance des résultats suffisante pour les applications envisagées.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La suspension de la vie des Algues, Lichens, Mousses aux confins du zéro absolu et rôle de la synérèse réversible pour leur survie au dégel expliquant l'existence de la flore polaire et des hautes altitudes.* Note de M. **Paul Becquerel**.

Des Algues vertes, des Mousses, des fragments de Lichen et leurs gonidies ont été congelés au Laboratoire cryogène de Leyde, aux confins du zéro absolu entre 0,047°K et 0,0075°K. Au dégel, ces organismes ont tous repris leur croissance et leur multiplication. Le phénomène physique de la synérèse cytonucléoplasmique réversible découverte par l'auteur en 1937, nous explique comment cette prodigieuse survie a été possible. Elle explique l'existence de la flore polaire et des hautes altitudes, congelée pendant des mois.

Des Algues vertes desséchées, Pleurocoques, Chlorelles, Stichocoques, *Merismopedia*, *Ulothrix*, des fragments du Lichen *Xanthoria parietina* avec leurs gonidies, des feuilles de Mousse, *Grimmia*, *Barbula*, se trouvaient aussi

avec les animalcules dont nous avons déjà parlé (¹). Ces organismes contenant de la chlorophylle, incluse dans la poudre d'alun de fer, ont été également plongés dans l'hélium liquide à 1°K. Soumis à la démagnétisation adiabatique, la basse température est passée, comme l'indiquaient les courbes de M. Görter, directeur du Laboratoire cryogène de Leyde, de 1°K absolu à 0,047°K et 0,0075°K, pendant deux heures. Ces divers organismes protégés dans le pli d'une lamelle de cellophane, furent ensuite retirés de la poudre d'alun de fer et ensemencés dans des milieux stérilisés convenables que j'avais préparés. Ils ont été examinés comparativement au bout d'un mois avec les organismes témoins desséchés que j'avais conservés et que j'avais ensemencés dans les mêmes conditions. Tous avaient repris leur croissance et leur multiplication. Leur reviviscence a été complète.

Nous avions déjà constaté dans des expériences antérieures (²) que ces Algues, Lichens et Mousses supportaient facilement la déssiccation, le vide, les actions des basses températures de l'air liquide, de l'hydrogène liquide et l'hélium liquide, mais nous n'avions pas encore réussi à leur faire atteindre à quelques millièmes près le zéro absolu.

Or, comment expliquer que ces plantes desséchées aient pu supporter après congélation d'aussi basses températures sans avoir été complètement désorganisées par le froid? Pour le savoir, sans émettre aucune hypothèse, il faut examiner au microscope la même cellule, avant la congélation, pendant la la congélation et au dégel; alors nous avions découvert déjà en 1937 (³) que sous l'action du froid, il se produit un phénomène physique complexe dont l'essentiel est une contraction de la cellule, et surtout de la masse nucléoplasmique, sa diminution de volume par exsudation d'eau surtout pour le noyau est facilement mesurable au micromètre. Nous l'avons appelée la synérèse cytonucléoplasmique. Ce phénomène avait été confondu par les anciens physiologistes avec la plasmolyse et rapproché de la fanaison à la suite de la sécheresse; mais il n'a rien de commun, car les cellules synérésées ne présentent pas les figures de la plasmolyse. Leur protoplasma pendant leur refroidissement plus dense et leur noyau plus petit restent en place ainsi que les membranes cytoplasmiques périnucléolaires et périvacuolaires. Leurs molécules protéiques rompant leur liaison avec les molécules d'eau, ces dernières s'en séparent et se congèlent, soit en dehors de la cellule, soit dans les vacuoles. La matière vivante, déshydratée, synérésée, perd son état colloïdal. Elle se solidifie ensuite sans qu'elle éprouve de modifications chimiques. La plante devient aussi rigide, aussi dure que si elle était silicifiée. On a souvent dit qu'elle était vitrifiée, mais ce n'est pas une véritable vitrification car ce phénomène

(¹) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 261-263.
(²) *VIe Congrès international du Froid*, 1932, p. 456.
(³) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 126.

de solidification est beaucoup plus complexe. La matières vivante n'est pas devenue amorphe; elle aurait perdu de ce fait, sa structure, son orientation moléculaires et sa propriété de revivre. Au dégel, que va-t-il se passer? Il y aura une alternative :

1° Ou bien les molécules protéiques de nouveau au contact des molécules d'eau sont incapables de reprendre leurs liaisons et de reconstituer l'ancien système colloïdal vivant. Alors sous des actions diverses (cristaux de glace, eau mélangée aux substances acides des vacuoles), elles s'agglutineront, ce qui détruira leur ancienne organisation et elles formeront les grosses micelles du coagulum. *La synérèse aboutissant* ainsi *à la coagulation, à la mort sera irréversible,* on dira que la plante est tuée par le dégel; 2° ou bien les molécules protéiques reprendront leurs liaisons avec les molécules d'eau et ne se coaguleront pas. Elles redonneront le système colloïdal vivant initial susceptible d'être de nouveau synérésé, si l'on fait agir le froid. Alors *la synérèse deviendra réversible.* La plante gelée survivra au dégel ([4]). C'est le cas de tous les organismes plus ou moins déshydratés en vie ralentie anaérobie, comme les cellules des spores, des Champignons, des Algues, des Mousses, des Lichens qui ont supporté sans périr dans nos expériences, les plus basses températures, même aux confins du zéro absolu. Connaissant ces faits, il était important de rechercher quelles étaient les causes qui après la synérèse, au dégel, amenaient la coagulation du protoplasma des organismes en vie active, c'est-à-dire leur mort. A une époque où nous n'avions pas découvert la synérèse, croyant comme tous les botanistes qu'il s'agissait de plasmolyse, nous avions déjà constaté que les graines gonflées d'eau en vie active, au début de leur germination plongées dans l'air liquide à $-190°$ C, puis remises à germer à la température ordinaire sur de la ouate humide, succombaient toutes.

Mais si avant l'épreuve du froid, on prenait la précaution de retirer leur eau jusqu'à ce qu'elles n'en contiennent plus que 12 %, il était possible de les plonger dans l'air liquide pendant autant de temps que l'on voulait. Au dégel, elles reprenaient facilement leur germination. Les mêmes résultats avaient été obtenus avec des plantules de Blé déshydratées, avec des racines de Renoncules et d'Anémones desséchées ([5]). C'était donc bien la trop grande quantité d'eau cellulaire cristallisée qui faisait obstacle à la reprise de la vie. Or comment cette eau cellulaire empêchait-elle le protoplasma synérésé par le froid de reprendre au dégel son ancien état colloïdal? Nous avons alors trouvé que c'était le manque d'affinité des molécules protéiques pour les molécules d'eau cristallisées dégelant trop lentement dans les vacuoles. On n'avait donc qu'à hâter leur dégel en leur fournissant de l'énergie calorifique sous forme d'air

---

([4]) *Comptes rendus,* **205**, 1938, p. 1587.

([5]) *Comptes rendus,* **142**, 1906, p. 652; **194**, 1932, p. 2159; **206**, 1939, p. 1746.

chaud ou d'eau chaude. La coagulation du protoplasma ne s'effectuait plus. La vie reprenait et la synérèse pour une nouvelle congélation était possible. Elle devenait réversible. C'est ainsi que des Mousses contenant de 60 à 80 % d'eau après *refroidissement lent ou rapide*, peu importe, plongées sept jours dans l'air liquide, dégelées rapidement au-dessus de l'air chaud d'une flamme ou dans l'eau tiède à 30° C ont eu toutes leurs cellules vivantes.

Pour la première fois, nous avions l'explication de la mort des plantes par le gel, que les physiologistes avaient tant cherchée et comment autour des pôles existent sur les îles et les continents, des plantes et des animalcules congelés pendant neuf mois entre — 20 et — 60° C, se dégelant sans périr pour croître et se multiplier pendant les trois meilleurs mois du long jour polaire.

C'est aussi ce qui se passe pour la flore des hautes altitudes, gelée la nuit et degelée fréquemment sous l'activité des radiations solaires.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau l'*Almanach des Sciences* 1951, publié sous la direction de M. René Sudre, par 30 Membres de l'Institut, professeurs et savants, et l'*Annuaire pour l'an* 1951, *publié par le Bureau des Longitudes*.

M. **Charles Jacob**, au nom de M. **Maurice Gignoux**, fait hommage d'un numéro hors série de *La Houille blanche*, consacré à Génissiat. En outre d'un aperçu géologique de MM. M. Gignoux et Jean Mathian, on y trouve de nombreux articles concernant le Génie civil et l'Équipement de cette magnifique réussite de la technique française réalisée sous la direction de M. Pierre Delattre, lauréat de l'Académie.

Rentrant d'un voyage d'un mois en Afrique du Nord, M. **Charles Jacob** dit également quelques mots de la prochaine Session du Congrès International de Géologie qui doit se tenir à Alger, en 1952, et qui comprendra de nombreuses excursions, aussi bien en Tunisie, au Maroc et en Afrique Occidentale Française qu'en Algérie. Cette entreprise, aidée des pouvoirs publics tant de la Métropole que de l'Afrique du Nord, intéressera non seulement les Géologues, mais également les utilisateurs des Sciences du sous-sol.

M. **Georges Poivilliers** présente les quatre premiers numéros de la *Revue française de Photogrammétrie*, pour laquelle il a écrit une présentation et plusieurs articles, notamment une *Nécrologie* du Général Perrier.

M. **Pierre Pruvost** fait hommage de la *Carte des zones stratigraphiques à la cote* — 300 *du Bassin* houiller du Nord et du Pas-de-Calais, dressée par le

Service des Ressources et des Études géologiques, d'après ses propres travaux et ceux de M. A. Bouroz.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Marcel Delépine** :

A. Kirrmann. *Chimie organique*. III. *Fonctions complexes*.

## CORRESPONDANCE.

M. **Charles Peyrou** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

L'**Université Columbia**, à New York, annonce qu'elle célébrera en 1954 le deux-centième anniversaire de sa Fondation et exprime le désir que cette célébration soit l'occasion d'une manifestation en faveur du progrès humain.

L'Académie décide que, le moment venu, elle se fera représenter à ces cérémonies.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Mémorial des Sciences mathématiques. Fascicule CXV. *Sur des congruences de droites ou de courbes et sur une transformation de contact liée à ces congruences*, par M. André Charrueau.

2° *Les méthodes semi-micro dans l'analyse organique quantitative*, par R. Belcher et A. L. Godbert. Traduit de l'anglais, par Gérard Mangeney. Préface de Ernest Kahane.

3° *Tables d'intérêts et d'annuités*, éditées par le Crédit Communal de Belgique.

4° Council for scientific and industrial Research. Pretoria. *Science in South Africa*.

5° *Acta physiologica Academiæ scientiarum hungaricæ*. Tomus I, fasciculus 1.

6° *Annales bogorienses*. A journal of tropical general Botany being a continuation of the Annals of the botanic gardens, Buitenzorg. Volume I, n° 1.

7° Académie des Sciences de l'U. R. S. S. *Troudi Institouta teoretitcheskoi geofisiki*. Tom I, II, III.

8° Une série de tirages à part concernant les travaux de Jean Giaja, Leposava Marković, Xénophon Chahovitch, Lazar Jovančić, Pierre Martinović, Radoslav Andjus.

ALGÈBRE. — *Sous-treillis, produits cardinaux et treillis homomorphes de treillis semi-modulaires*. Note (*) de M. **Robert Croisot**, présentée par M. Gaston Julia.

Dans deux Notes précédentes ([1]) j'ai examiné comment se morcelle la notion de semi-modularité dans les treillis de longueur infinie. J'étudie ici la permanence des conditions envisagées dans ces deux Notes par passage aux sous-treillis, produits cardinaux et treillis homomorphes. Je représente par (X) l'une quelconque de ces conditions.

1. On sait que la propriété de semi-modularité d'un treillis de longueur finie ne se conserve pas nécessairement lorsqu'on passe à un sous-treillis quelconque. Aucune des conditions (X) ne se conserve donc généralement par passage à un sous-treillis. On a toutefois le

Théorème 1. — *Chaque condition* (X) *se conserve par passage d'un treillis à l'un quelconque de ses sous-treillis convexes.*

L'affirmation est à peu près triviale en ce qui concerne la plupart des conditions. Pour les conditions portant sur les treillis d'idéaux, cela résulte du lemme suivant ou de son dual.

Lemme 1. — *Le treillis des idéaux* $C_i$ *d'un sous-treillis convexe* C *d'un treillis* T *est isomorphe à un sous-treillis convexe du treillis des idéaux* $T_i$ *de* T.

2. Vis-à-vis de la formation du produit cardinal, les conditions (X) ne se comportent pas de façon identique.

Désignons par (Y) l'une quelconque des conditions (1), (2), (3), (5), (6), ($\alpha$), ($\gamma$), par (Z) l'une quelconque des conditions (L), (R), (I), (M), (S), (J).

Théorème 2. — *Si un treillis* S *et un treillis* T *satisfont la condition* (Y), *il en est de même de leur produit cardinal* $S \times T$. *Le théorème vaut si l'on remplace* (Y) *par* ($Y_i$) *ou* ($Y'$).

Pour ($\gamma$) et ($Y_i$), la démonstration repose respectivement sur les lemmes suivants :

Lemme 2. — *Soient* $x = (p, q)$ *et* $y = (u, v)$ *deux éléments du produit cardinal* $S \times T$. *Si une chaîne* $\{x_\iota\}$ *maximale entre* $x \cap y$ *et* $x$ *est telle que l'on ait* $(x_\iota \cup y) \cap x = x_\iota$ *pour tout* $\iota$, *et si les couples* $(p, u)$ *d'éléments de* S, $(q, v)$ *d'éléments de* T *possèdent la propriété b, la chaîne* $\{x_\iota \cup y\}$ *est maximale entre* $y$ *et* $x \cup y$.

Lemme 3. — *Le treillis des idéaux* $(S \times T)_i$ *du produit cardinal* $S \times T$ *est isomorphe au produit cardidal* $S_i \times T_i$ *des treillis d'idéaux de* S *et* T.

---

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) Voir *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 12 et 231, 1950, p. 1399.

Les démonstrations et les contre-exemples paraîtront dans un autre recueil. La terminologie utilisée est celle de G. Birkhoff (*Lattice Theory*, 1949). Cette Note résout en particulier le problème 46, page 103, de cet Ouvrage.

Théorème 3. — *Si un treillis* S *et un treillis* T *conditionnellement complets satisfont la condition* (Z), *il en en de même de leur produit cardinal* ([2]).

Quant aux trois dernières conditions, un contre-exemple montre qu'elles ne se conservent pas par passage au produit cardinal même si les treillis S et T satisfont la condition de chaîne ascendante.

Mais, on a le

Théorème 4. — *Si les treillis* S *et* T *satisfont la condition* (F) [*ou* (B), *ou* (β)]', *et la condition de chaîne descendante, il en est de même de leur produit cardinal.*

C'est trivial pour (F) et (B) ([3]) qui sont alors équivalentes à (2). Pour (β), c'est une conséquence du

Lemme 4. — *Soient* S *et* T *deux treillis conditionnellement complets, l'un d'eux satisfaisant de plus la condition de chaîne descendante. Soient* $x=(p, q)$ *et* $y=(u, v)$ *deux éléments du treillis* $S \times T$. *Si les couples* $(p, u)$ *d'éléments de* S, $(q, v)$ *d'éléments de* T *possèdent la propriété b, il en est de même du couple* $(x,y)$ *d'éléments de* $S \times T$.

Notons que la réciproque de la question ci-dessus est vraie en toute généralité : si le produit cardinal de deux treillis S et T satisfait la condition (X), il en est de même des treillis S et T. Il est facile de le vérifier quelle que soit (X).

3. Un treillis $\cup$-homomorphe ou $\cap$-homomorphe d'un treillis semi-modulaire de longueur finie n'est pas nécessairement semi-modulaire comme le montrent des applications simples du produit cardinal $2 \times 3$ sur le treillis non modulaire à cinq éléments. Aucune des conditions étudiées ne se conserve donc par $\cup$-homomorphisme ou $\cap$-homomorphisme dans des circonstances générales intéressantes.

Même, comme le montrent des contre-exemples, aucune des conditions (X) ne se conserve par homomorphisme pour un treillis quelconque ou un treillis complet, et la plupart des conditions (X) ne se conservent pas par homomorphisme pour un treillis satisfaisant une condition de chaîne. On a toutefois le

---

([2]) Si l'on n'astreint pas S et T à être conditionnellement complets, le théorème **3** peut être mis en défaut. Concernant les conditions (L), (R), (I), (S), on peut former des contre-exemples où S est semi-modulaire de longueur finie et où T est une chaîne non complète. Concernant (M) et (J), il existe également des contre-exemples, mais ils ne sauraient être aussi forts; on se heurte, en effet, aux résultats suivants dont le premier est conséquence immédiate du lemme **2** :

Si deux treillis satisfont la condition (B), leur produit cardinal satisfait la condition (M).

Si deux treillis satisfont la condition (F), leur produit cardinal satisfait la condition (J).

([3]) Signalons aussi le résultat plus fort suivant, conséquence immédiate du lemme **4** : Si S est conditionnellement complet, si T satisfait la condition de chaîne descendante et si S et T vérifient la condition (B), $S \times T$ satisfait la condition (B).

THÉORÈME 5. — *Si un treillis satisfait la condition de chaîne ascendante et la condition* (5), *il en est de même de tout treillis homomorphe.*

En particulier, si un treillis est homomorphe à un treillis semi-modulaire de longueur finie, il est semi-modulaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Familles de polynomes orthogonaux avec poids complexe.* Note (*) de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Joseph Pérès.

Définissons les polynomes $P_n(z)$ par la formule de récurrence

(1) $P_n(z) = (A_n z + B_n) P_{n-1}(z) - C_n P_{n-2}(z) \qquad (A_n \neq 0;\ n = 1, 2, \ldots;\ P_0 = 1,\ P_{-1} = 0).$

On peut alors définir un opérateur linéaire [ ] par les conditions

(2) $1^\circ\ [1] = 1, \qquad 2^\circ\ [P_m P_n] = 0 \qquad (m \neq n;\ m, n = 0, 1, \ldots)$

qui déterminent les « moments » $[z] = -(B_1/C_1), \ldots, [z^n], \ldots$ en fonction des $A_n$, $B_n$, $C_n$; inversement, une suite $P_n(z)$ *doit* obéir à une loi selon (1) afin qu'un opérateur selon (2), et tel que $[P_n^2] \neq 0\ (n = 1, 2, \ldots)$ puisse être défini.

Admettons maintenant que $r_0 = \overline{\lim_{n=\infty}} \sqrt[n]{|[z^n]|}$ est fini; alors, la série

(3) $$\chi(z_0) = \sum_{n=0}^{\infty} [z^n] z_0^{-n-1}$$

sera convergente pour $|z_0| > r_0$, et en désignant par C un cercle autour de l'origine, de rayon $> r_0$ et par $P(z)$ un polynome quelconque, on a

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C z^n \chi(z)\, dz = [z^n], \qquad \text{donc} \quad \frac{1}{2\pi i}\int_C P(z)\chi(z)\, dz = [P(z)],$$

et en particulier, en vertu de (2),

(4) $$\frac{1}{2\pi i}\int_C P_m(z) P_n(z) \chi(z)\, dz = [P_m P_n] = \delta_{mn}[P_n^2] \qquad (m, n = 0, 1, \ldots).$$

Donc, les $P_n(z)$ définis par (1) sont orthogonaux, avec la densité $\chi(z)$, sur les cercles C.

En prenant pour $A_n$, $B_n$, $C_n$ des fonctions rationnelles appropriées de $n$, on peut prolonger $\chi(z)$ au delà de C; nous définirons donc les $P_n$ maintenant par la loi

(5) $p_0(n) P_n(z) - [z p_1(n) + p_2(n)] P_{n-1}(z) + p_3(n) P_{n-2}(z) = 0 \qquad (P_0 = 1,\ P_{-1} = 0),$

(6) $p_0(\zeta) = \zeta^m + \ldots, \quad p_1(\zeta) = 2\zeta^m + \ldots, \quad p_2(\zeta) = c\zeta^{m-1} + \ldots, \quad p_3(\zeta) = \zeta^m + \ldots \quad (m \geq 1)$

(*) Séance du 18 décembre 1950.

étant des polynomes à coefficients réels ou complexes $[p_0(n),\ p_1(n)\neq 0,\ n=1, 2, \ldots]$. Alors, le rayon de convergence de (3) est fini et la fonction

$$(7)\qquad u(x, y, z_0)=\sum_{l,m,n=0}^{\infty} z_0^{-l-1}x^m y^n[z^l \mathrm{P}_m \mathrm{P}_n]$$

qui satisfait à l'équation différentielle

$$(8)\qquad \left\{\begin{aligned} &\mathrm{L}_x u(x, y, z)=p_0(0)\,u(0, y, z)-x p_1(1)\sum_{n=0}^{\infty}\prod_{\nu=1}^{n}\frac{p_3(\nu+1)}{p_0(\nu)}(xy)^n,\\ &\mathrm{L}_x=p_0\left(x\frac{d}{dx}\right)-\left[z p_1\left(x\frac{d}{dx}\right)+p_2\left(x\frac{d}{dx}\right)\right]x+p_3\left(x\frac{d}{dx}\right)x^2,\end{aligned}\right.$$

peut être construite à l'aide des solutions de l'équation $\mathrm{L}_x v(x, z)=0$ ou

$$(9)\qquad x^m(x^2-2xz+1)\,v^{(m)}+\sum_{\nu=1}^{m}x^{m-\nu}[a_{\nu 0}-(a_{\nu 1}z+a_{\nu 2})x+a_{\nu 3}x^2]\,v^{(m-\nu)}=0.$$

L'équation (9) a [pour $z\neq\pm 1$, $\mathrm{A}(z)\neq 0, -1, \ldots$; *voir* (10)], au voisinage de $x=z-\sqrt{z^2-1}$, $m-1$ solutions holomorphes $y_{0,1}(x), \ldots, y_{m-2,1}(x)$, et avec les notations

$$(10)\qquad \left\{\begin{aligned} &\alpha=z-\sqrt{z^2-1}\approx\frac{1}{2z}\ (\text{pour } z\to\infty), \qquad \beta=z+\sqrt{z^2-1},\\ &\mathrm{A}=\frac{a_{10}\beta-a_{11}z-a_{12}+a_{13}\alpha}{\alpha-\beta}, \qquad \mathrm{B}=\frac{a_{10}\alpha-a_{11}z-a_{12}+a_{13}\beta}{\beta-\alpha},\\ &\mathrm{R}(x)=x^{a_{10}-m}(x-\alpha)^{\mathrm{A}-1}(x-\beta)^{\mathrm{B}-1}\,\|\,y_{\nu,1}^{(m-2-\mu)}(x)\,\|_{\mu,\nu=0,\ldots,m-2},\end{aligned}\right.$$

on trouve dans l'hypothèse, facile à écarter, $p_0(0)\neq 0$,

$$(11)\qquad \chi(z)=u(0, 0, z)=\frac{p_1(1)}{p_0(0)}\int_{0^*}^{\alpha^*}\xi\,\mathrm{R}(\xi)\,d\xi\left[\int_{0^*}^{\alpha^*}\mathrm{R}(\xi)\,d\xi\right]^{-1}\qquad (z\neq\pm 1,\ \mathrm{A}\neq 0, -1, \ldots);$$

pour des fonctions admettant, pour $|x-a|\leqq\varepsilon$, le développement

$$f(x)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{\nu=0}^{\infty}a_{\nu i}(x-a)^{\nu-1-\rho_i}\qquad (\rho_1, \ldots, \rho_n\neq 0, 1, \ldots),$$

on a posé ici

$$\int_{a^*}^{b}f(x)\,dx=\int_{a+\varepsilon}^{b}f(x)\,dx+\sum_{i=1}^{n}\sum_{\nu=0}^{\infty}\frac{a_{\nu i}}{\nu-\rho_i}\varepsilon^{\nu-\rho_i}.$$

(10) et (11) montrent que dans le plan $z$, découpé de $-1$ à $1$, $\chi(z)$ est méromorphe, $z=\pm 1$ étant en général des singularités essentielles. Soient $\chi^-$ et $\chi^+$ les valeurs de $\chi(z)$ sur les bords inférieur et supérieur de la coupure, et $[\chi]_+^-$

leur différence; on a, pour $z \neq \pm 1$, et $A(z)$, $B(z) \neq 0, -1, \ldots$,

$$\frac{1}{2\pi i}[\chi]_{+}^{-}\int_{0^*}^{\alpha^*} R(\xi)\,d\xi \int_{0^*}^{\beta^*} R(\xi)\,d\xi = \frac{p_1(1)}{2\pi p_0^2(0)} \prod_{i=0}^{m-1} \frac{\Gamma(1-\rho_i)}{\Gamma(2-\sigma_i)}\left[2\sqrt{1-z^2}\right]^{a_{12}-a_{10}-1}\Gamma(A)\,\Gamma(B)\,\alpha^A\beta^B e^{\frac{3\pi i}{2}(B-A)},$$

$\rho_i$ et $\sigma_i$ étant les zéros de $p_0(\xi)$ et $p_3(\xi)$. Donc, pour $p_0(\xi), \ldots, p_3(\xi)$ réels, $(1/2\pi i)[\chi]_{+}^{-}$ est positive. Pour les $P_n(z)$, on obtient, pour $z \neq \pm 1$, la formule

$$(12) \qquad [\chi]_{+}^{-} P_n(z) = \frac{p_1(1)}{p_0(0)} \prod_{\nu=1}^{n} \frac{p_3(\nu+1)}{p_0(\nu)} \left[\int_{0^*}^{\alpha^*} \xi^{n+1} R(\xi)\,d\xi \left(\int_{0^*}^{\alpha^*} R(\xi)\,d\xi\right)^{-1}\right]_{+}^{-} \qquad (n = 0, 1, \ldots).$$

Grâce au théorème de Cauchy, les relations (4) se confondent pour les polynomes de Jacobi ($m = 3$, $A = B = 5/2$, $p_0(0) \to 0$), ainsi que pour les familles de polynomes que nous avons étudiés récemment ([1]), avec la loi d'orthogonalité usuelle.

TOPOLOGIE. — *Homologie singulière des espaces fibrés. II. Les espaces de lacets.* Note de M. **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Cette Note étudie l'homologie et la cohomologie singulières de l'espace $\Omega$ des lacets sur un espace X donné. L'espace $\Omega$ est considéré comme la fibre d'un certain espace fibré rétractile E, de base X; on applique à cette fibration la théorie singulière des espaces fibrés, résumée dans une Note précédente ([1]). Applications à la théorie de Morse.

1. *L'espace fibré des chemins.* — Soit X un espace tel que $\pi_0(X) = \pi_1(X) = 0$; soit $x \in X$ et désignons par E l'espace des applications continues $f : I \to X$ [où I désigne le segment $(0, 1)$], telles que $f(0) = x$. L'espace E, muni de la topologie de la convergence compacte ([2]), est un espace rétractile, donc d'homologie singulière triviale. Soit $p : E \to X$ l'application définie par $p(f) = f(1)$.

Lemme. — *Le triple* (E, *p*, X) *est un espace fibré* [au sens de la Note ([1])].

Les fibres de E sont les espaces de chemins tracés sur X qui ont leur origine en $x$ et leur extrémité en un point fixé $y$. Si $y = x$, on a *l'espace des lacets* au point $x$, noté $\Omega$. Il résulte de ([1]) :

Théorème 1. — *Il existe une suite spectrale d'homologie* ([3]) ($E_r$), *de terme* $E_2 = H[X, H(\Omega)]$, *telle que le groupe terminal* $E_\infty$ *soit trivial* ([4]).

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1363-1365; **230**, 1950, p. 36-37 et p. 2254-2256.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1408-1410.

([2]) N. Bourbaki, *Top.* X., § 2, n° 5, déf. 1.

([3]) Une suite analogue existe en cohomologie.

([4]) On remarquera l'analogie avec la théorie des espaces fibrés principaux classifiants pour un groupe de Lie, analogie qui est renforcée par le théorème 3.

*Remarques.* — *a*. Puisque $\pi_1(X)=0$, le système local des $H(\Omega)$ est *simple* sur X.

*b*. Puisque $H_i(E)=0$ pour tout $i>0$, la *suspension* S qui envoie $H_i(\Omega)$ dans $H_{i+1}(X)$ est définie pour tout $i>0$. On peut en donner une définition directe en faisant correspondre à tout simplexe singulier de dimension $i$ de $\Omega$ un simplexe singulier de dimension $i+1$ de X de façon évidente.

COROLLAIRE 1. — *Si* $H_i(X, Z)$ *a un nombre fini de générateurs pour tout i, il en est de même de* $H_i(\Omega, Z)$ (Z désigne le groupe additif des entiers).

COROLLAIRE 2. — *Si* $H_i(X,Z)=0$ *pour* $0<i<n$, *alors* $S: H_i(\Omega,Z)\rightarrow H_{i+1}(X,Z)$ *est un isomorphisme sûr pour tout* $i<2n-2$, *et un homomorphisme sûr pour* $i=2n-2$. *En outre*, $S\circ d_{i+1}=1$, *pour* $i\leq 2n-2$.

COROLLAIRE 3. — *Si* $H_i(X, k)=0$ *pour* $i>n\geq 1$, *et si* $H_n(X, k)\neq 0$ (*k étant un corps*), *alors, pour tout* $i\geq 0$, *il existe un entier j, avec* $0<j<n$, *tel que* $H_{i+j}(\Omega, k)\neq 0$. *En particulier*, $H_i(\Omega, k)$ *est non nul pour une infinité de valeurs de l'entier i.*

Il résulte du corollaire précédent et de la théorie de Morse [*voir* par exemple (5) et (6)], le résultat suivant :

THÉORÈME 2. — *Soit* X *un espace de Riemann* (7), *connexe et complet* (8), *tel que* $H_i(X, Z)\neq 0$ *pour au moins un* $i\neq 0$. *Si a et b sont deux points distincts de* X, *il existe une infinité de géodésiques joignant a et b.*

Ce théorème est notamment applicable à *tout espace de Riemann compact.*

Une méthode analogue permet d'étudier les géodésiques tracées sur X et transversales à deux sous-variétés A et B : on doit considérer l'espace $\Omega'$ des chemins tracés sur X joignant A à B; cet espace est fibré de fibre $\Omega$ et de base $A\times B$. Par exemple, si A et B sont homotopes à un point sur X, on a : $H(\Omega')=H(\Omega\times A\times B)$, ce qui précise un résultat connu (9).

2. *L'espace des lacets et le théorème de Hopf.* — L'espace $\Omega$ des lacets sur X est muni d'une loi de composition bien connue à laquelle le raisonnement classique de Hopf s'applique. Il faut cependant supposer que $H_i(\Omega, k)$ (où $k$ est un corps commutatif) est de dimension finie pour tout $i$, pour pouvoir affirmer que $H(\Omega\times\Omega, k)=H(\Omega, k)\otimes H(\Omega, k)$ (Eilenberg-Zilber, résultat non publié). On obtient donc :

THÉORÈME 3. — *Supposons que* $H_i(X, k)$ *soit de dimension finie pour tout i,*

---

(5) M. MORSE, *The Calculus of Variations in the large.*

(6) H. SEIFERT et W. THRELFALL, *Variationsrechnung im Grossen.*

(7) Indéfiniment différentiable, pour fixer les idées.

(8) Au sens de la métrique riemannienne. *Voir* à ce sujet, H. HOPF et W. RINOW, *Com. Math. Helv.*, 3, 1931, p. 209-225.

(9) Par contre, nous ne sommes pas arrivé à étudier par un procédé analogue l'espace des chemins fermés sur X; cet espace semble cependant indispensable pour l'étude des géodésiques fermées sur un espace de Riemann.

*$k$ étant un corps de caractéristique nulle. L'algèbre de cohomologie de $\Omega$ à coefficients dans $k$ est alors isomorphe à $\mathbf{S}(x_k) \otimes \mathbf{A}(y_l)$, où $\mathbf{S}(x_k)$ désigne une algèbre de polynomes engendrée par des éléments $x_k$ de degrés pairs $n_k$, et $\mathbf{A}(y_l)$ désigne une algèbre extérieure engendrée par des éléments $y_l$ de degré impairs $m_l$; en outre,* $\lim n_k = \lim m_l = +\infty$.

*Remarques.* — 1. D'après un résultat récent de A. Borel [10], l'algèbre de cohomologie de $\Omega$ ne peut être réduite à une algèbre extérieure que si H(X) est isomorphe à une algèbre de polynomes [11].

2. Bien entendu, si $k$ est de caractéristique $p$, le théorème précédent n'est plus valable sous la même forme, comme le montrent de nombreux exemples; mais on a les mêmes renseignements (partiels) que ceux obtenus par Hopf.

3. Il est possible de définir dans l'*homologie* de $\Omega$ un *produit de Pontrjagin*.

*Exemple :* la sphère $S_n$.

La suite exacte de H. C. Wang [1] permet de trouver immédiatement l'anneau de *cohomologie* à coefficients entiers de $\Omega$. Par exemple, si $n$ est impair, il admet une base : $e_0 = 1, e_1, \ldots, e_q, \ldots$ avec $\deg. e_q = q(n-1)$, et l'on a : $(e_1)^q = q!\, e_q$ (ce qui détermine complètement la valeur de $e_p e_q$ pour $p$ et $q$ quelconques).

$n$ étant toujours supposé impair, l'anneau d'*homologie* à coefficients entiers de $\Omega$ est un anneau de polynomes à un générateur de degré $n-1$.

## GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un nouveau couple de surfaces projectivement applicables.* Note de M. **Fernand Backes**, présentée M. Paul Montel.

La présente Note contient une extension de résultats obtenus antérieurement [1].

1. Soient (A) et (B) deux surfaces se correspondant point par point avec conservation des lignes asymptotiques et telles que les développables de la congruence (AB) tracent sur ces surfaces des réseaux conjugués. Désignons par $u$, $v$ les paramètres des dites développables et envisageons le point C d'intersection des tangentes aux lignes $(A)_u$, $(B)_v$, ainsi que le point D d'intersection des tangentes aux lignes $(A)_v$, $(B)_u$.

Si les surfaces (A) et (B) sont, en outre, projectivement applicables au

---

[10] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 943-945, th. 1.

[11] Il est probable que ce fait, ainsi que les méthodes introduites par S. Froloff et L. Elsholz, permet de montrer que la *catégorie de $\Omega$ est infinie*, lorsque X est, par exemple, un espace de Riemann compact et simplement connexe.

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 49.

sens de Cech, les points A et B ainsi que les points focaux F, F′ de AB forment un rapport anharmonique qui est le quotient d'une fonction de $u$ par une fonction de $v$.

Si l'on se place dans le cas où ce rapport est constant, les tangentes asymptotiques des surfaces (A) et (B) déterminent sur l'intersection CD de leurs plans tangents un rapport anharmonique constant. En outre, la droite AB engendre une congruence W et les asymptotiques se correspondent sur les surfaces (F), (F′), (A), (B), (C), (D), de sorte que la droite CD dont C et D sont les points focaux, engendre aussi une congruence W.

2. Réciproquement, supposons que deux surfaces (A), (B) jouissent des propriétés suivantes : 1° leurs asymptotiques se correspondent; 2° les développables de la congruence (AB) tracent sur les surfaces (A) et (B) des réseaux conjugués; 3° la congruence est W et les asymptotiques de ses nappes focales correspondent à celles des surfaces (A) et (B).

Dans ces conditions, la congruence (CD) est W et les asymptotiques de ses nappes focales correspondent à celles des surfaces (A) et (B). Si l'on suppose, en outre, le rapport (ABFF′) constant, les surfaces (A) et (B) sont projectivement applicables.

3. Une seconde proposition réciproque peut être énoncée comme il suit. Supposons que deux surfaces (A) et (B) jouissent des propriétés suivantes : 1° leurs asymptotiques se correspondent; 2° les développables de la congruence lieu de la droite d'intersection des plans tangents en A et en B correspondent à des réseaux conjugués tracés sur (A) et (B); 3° cette congruence est W et les asymptotiques de ses nappes focales correspondent à celles des surfaces (A) et (B). Dans ces conditions, la congruence (AB) est W et les asymptotiques de ses nappes focales correspondent à celles des surfaces (A) et (B). Si, en outre, (ABFF′) est constant, F et F′ désignant les points focaux de AB, les surfaces (A) et (B) sont projectivement applicables.

4. La démonstration de toutes ces propriétés a été faite à l'aide de la méthode du tétraèdre mobile de Demoulin; il en a été de même en ce qui concerne l'existence de couples de surfaees (A), (B), projectivement applicables et telles que les développables de la congruence (AB) tracent sur (A) et (B) des réseaux conjugués, le rapport (ABFF′) étant supposé constant.

5. La figure envisagée jouit encore des propriétés suivantes : les réseaux $(u, v)$ engendrés par les points F, F′, A, B, C, D sont isotherme-conjugués, de sorte que les congruences (AB) et (CD) sont R.

La droite AB porte une infinité de points P décrivant des surfaces dont les plans tangents passent par CD. Il se peut que les asymptotiques se correspondent sur toutes les surfaces (P) et, plus particulièrement, que les congruences (AB), (CD) soient doublement stratifiables.

HYDRAULIQUE. — *Sur un nouveau type d'évacuateur de crues.*
Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Cette Note signale certaines expériences concernant un nouveau type d'évacuateur de crues, particulièrement intéressant, dans certains cas, pour des barrages de grande hauteur.

Nous avons étudié un dispositif particulier d'évacuation des crues, applicable à un barrage de grande hauteur, implanté dans une gorge sauvage, à l'intérieur de laquelle on peut admettre localement une érosion même importante, sous réserve que les creusements produits par l'eau restent assez loin du pied du barrage pour ne pas compromettre la tenue de cet Ouvrage.

L'évacuateur étudié est constitué (*fig.* 1) par une ou plusieurs conduites AB, à section circulaire, de diamètre D, traversant le corps du barrage et se redressant assez loin de leur extrémité aval B pour que la vitesse initiale $U_0$ du jet, en ce point, fasse avec l'horizontale un angle voisin de 45°.

Dans une Note récente ([1]) nous avons étudié la forme du jet produit par un dispositif de ce type. Nous avons vu qu'en première approximation, la zone d'impact avec le sol peut être assez bien déterminée à partir de la parabole représentant la trajectoire parcourue dans le vide par un corps pesant partant de B avec la vitesse initiale $U_0$. En réalité, le jet se diffuse de manière à intéresser dans sa chute une zone assez étendue, mais il se fractionne en même temps, par suite de l'entraînement d'air, ce qui diminue sa puissance érosive.

Un calcul permet de se rendre compte qu'avec les données suivantes :

$$H = 95^{m}, \qquad h = 70^{m}, \qquad D = 4^{m},50,$$

chaque jet correspond à un débit de l'ordre de 500 m³/sec, la distance Δ étant de l'ordre de $100^{m}$.

Avec des diamètres D supérieurs, on aurait des débits plus élevés sans que la distance Δ du point de chute, au pied du barrage, soit sensiblement modifiée.

Nous avons cherché à vérifier que, dans de telles conditions, l'érosion régressive due à l'action de l'eau, ne risque pas de constituer un élément dangereux.

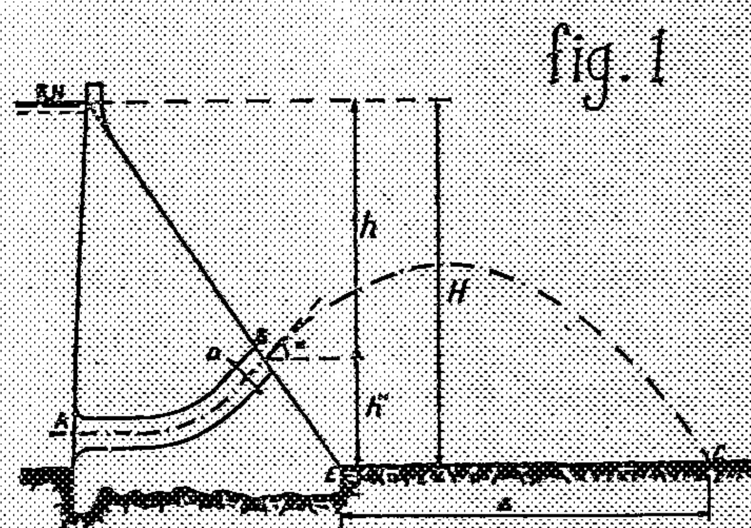
Dans ce but, nous avons tout d'abord utilisé un petit modèle qui reproduit, à l'échelle 1/500, l'ouvrage représenté par la figure 1.

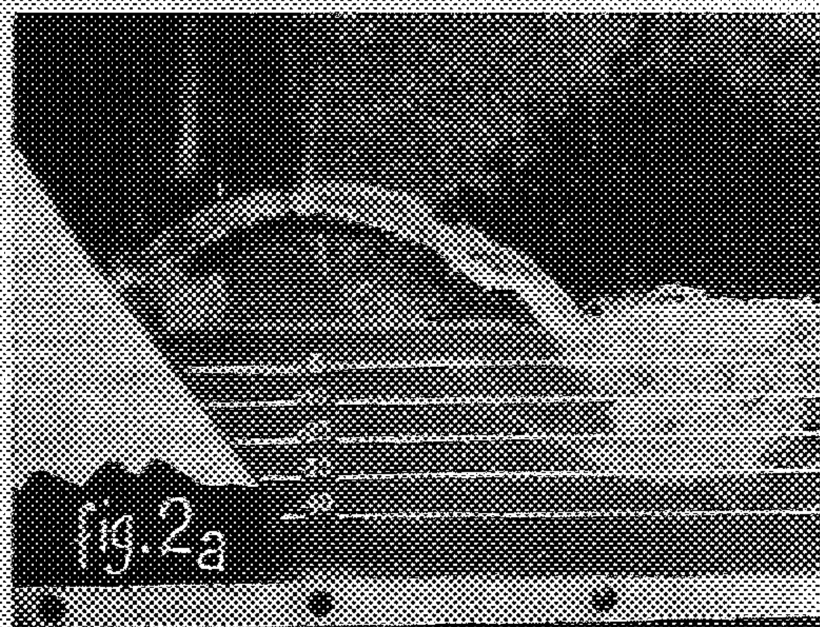
On voit sur les figures 2 *a*, 2 *b*, 2 *c*, diverses photographies du modèle en fonctionnement; le creusement maximum obtenu avec du sable très fin, correspondrait dans la réalité à une profondeur un peu inférieure à $40^{m}$, du moins dans la mesure où serait applicable une similitude géométrique des affouillements.

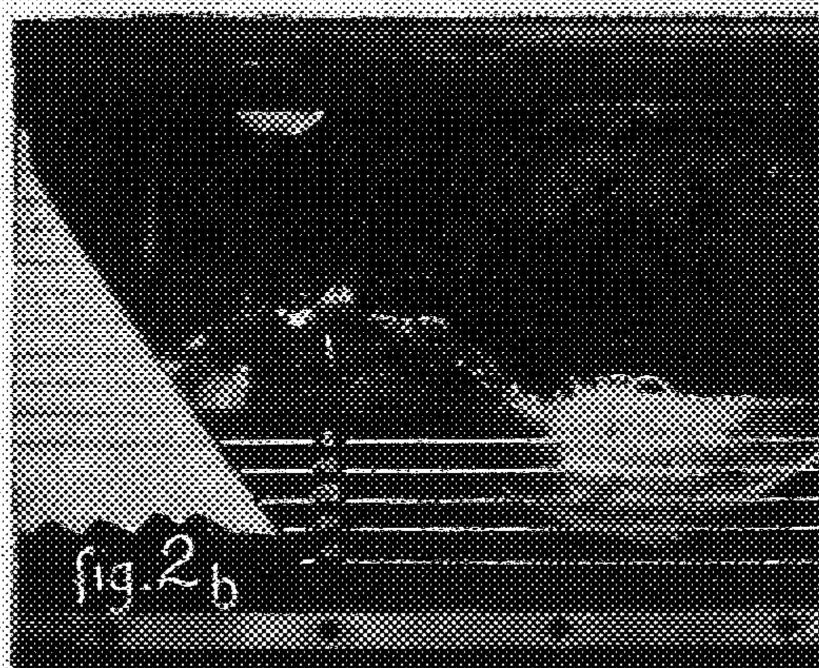
(*) Séance du 18 décembre 1950.

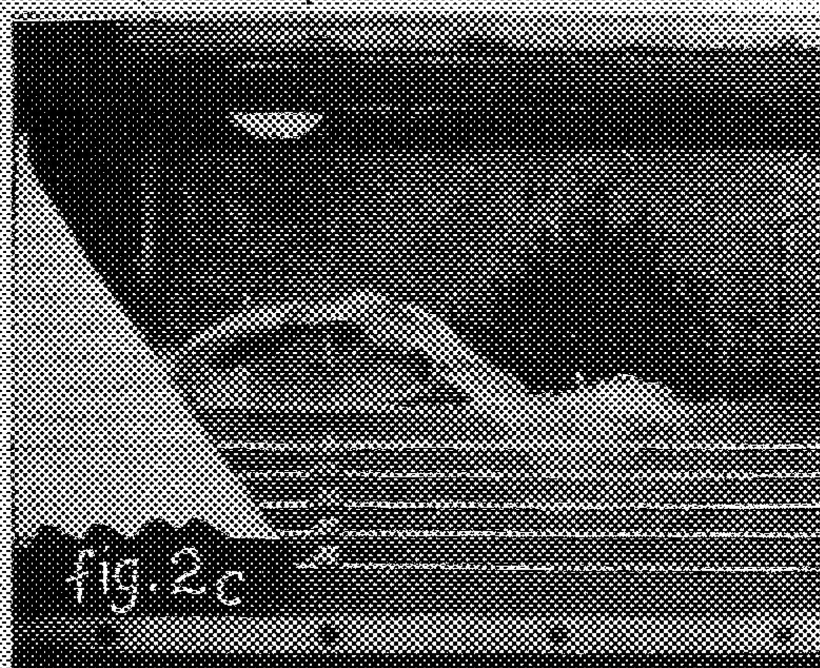
([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1421.

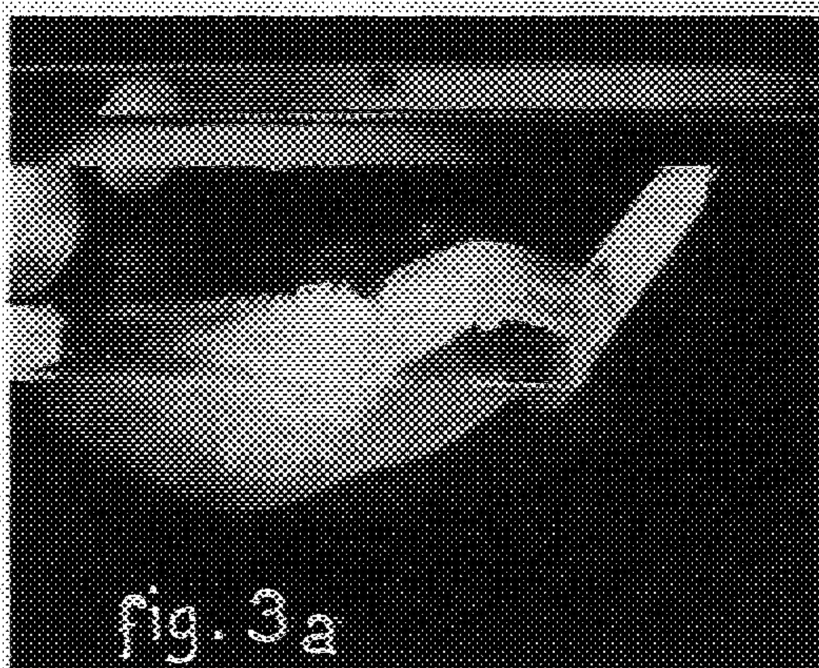
Le bassin d'amortissement formé par le jet, s'arrête à une distance notable du pied du barrage. Après avoir rompu sa charge dans ce bassin, l'eau part vers l'aval sans aucune agitation : au pied même du barrage, l'eau est entièrement

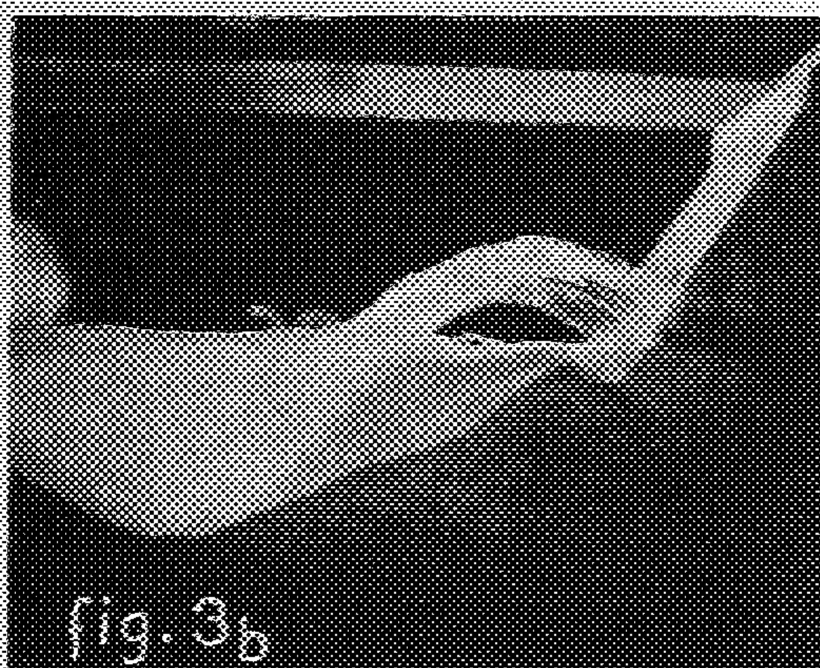



tranquille. A l'échelle de l'ouvrage réel, le débit de crue évacué serait de l'ordre de 1800 $m^3$/sec, le diamètre du tube évacuateur étant de $8^m$ et la largeur de la gorge, de $35^m$.

Nous avons ensuite étudié un modèle identique au précédent, mais comprenant six tubes évacuateurs, fonctionnant en parallèle : ces tubes sont espacés, d'axe en axe, de 25$^{m}$, et la largeur de la gorge est de 150$^{m}$.

Les photographies 3*a*, 3*b* montrent divers aspects de l'écoulement. On observe toujours la localisation de l'agitation, dans le bassin de rupture de charge, l'eau demeurant tranquille, aussi bien à l'aval de celui-ci, qu'à l'amont, sous la voûte discontinue formée par les jets. La zone de creusement se rapproche du pied du barrage, mais elle demeure encore assez éloignée et, de plus, les rouleaux de fond provoquent un remblaiement dans la zone intéressante. Il convient de noter la valeur relativement considérable du débit évacué, de l'ordre de 11 000 m$^3$/sec.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Les potentiels généralisés en théorie du corpuscule de spin 1 en présence des sources, et la difficulté fondamentale de la théorie du méson.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction d'un potentiel généralisé, présentant une analogie très étroite avec le potentiel de la théorie de Maxwell, conduit à une réinterprétation de la notion des champs et des potentiels en théorie du corpuscule de spin 1, et permet de lever la difficulté fondamentale de la théorie du méson.

Nos recherches précédentes (¹) sur les potentiels généralisés en théorie des corpuscules à spin nous amènent à présenter, de la manière suivante, la théorie du corpuscule de spin 1.

Soient

$$(1)\qquad \begin{cases} \partial^k h_{kj} - \varkappa a_j = g_1 C_j, \\ \partial_j a_k - \partial_k a_j - \varkappa h_{jk} = g_2 M_{jk}, \end{cases}$$

les équations de L. de Broglie du corpuscule maxwellien (appelé improprement *vectoriel* en théorie habituelle du méson). Nous allons considérer les grandeurs $a_j$ et $h_{jk}$ sur le même pied d'égalité comme les *champs*, analogues au champ électromagnétique, et, nous allons introduire les *potentiels généralisés* $P_j$ et $P_{jk}$, d'où dérivent les champs, grâce aux relations que voici :

$$(2)\qquad \begin{cases} a_j = \varkappa P_j + \partial^k P_{kj}, \\ h_{jk} = \varkappa P_{jk} + \partial_j P_k - \partial_k P_j. \end{cases}$$

Comme nous supposons que les sources satisfont les équations suivantes :

$$(3)\qquad \partial^j C_j' = 0, \qquad \partial_{[l} M_{jk]} = 0,$$

nous allons imposer aux potentiels les relations supplémentaires, qui sont

$$(4)\qquad \partial^j P_j = 0, \qquad \partial_{[l} P_{jk]} = 0,$$

(¹) *J. Phys. Rad.*, 10, 1949, p. 189.

et qui, généralisent dans notre théorie, la condition bien connue de Lorentz, en théorie du champ électromagnétique.

Dans le travail, cité plus haut, nous avons montré que ces potentiels généralisés présentent une indétermination, due à l'existence d'une transformation de jauge généralisée. D'autre part, on peut montrer qu'il existe en l'absence des sources, deux transformations de jauge particulières, dont l'une amène $\varkappa P_j$ à coïncider avec $a_j$, en annulant le potentiel $P_{jk}$, tandis que l'autre amène $\varkappa P_{jk}$ à coïncider avec $h_{jk}$, en annulant le potentiel $P_j$. On obtient ainsi une justification des procédés, employés en théorie du photon de M. L. de Broglie, mais en l'absence des sources seulement. En présence de ces dernières, le problème se présente d'une manière plus délicate, et, selon notre manière de voir, on doit envisager comme fonction de Lagrange, l'expression suivante :

$$(5)\qquad L = -a^{*j}a_j + \frac{1}{2}h^{*jk}h_{jk} + \left(g_1^{*}C^{*j}P_j - \frac{g_2^{*}}{2}M^{*jk}P_{jk} + \text{conj.}\right),$$

où $P_j$ et $P_{jk}$ sont les variables canoniques indépendantes (les potentiels !), tandis que $a_j$ et $h_{jk}$ sont les formes dérivées (les champs !) définies par les relations (2). Le principe d'Action stationnaire conduit alors aux équations (1), c'est-à-dire aux équations suivantes que doivent satisfaire les potentiels généralisés :

$$(6)\qquad (\Box - \varkappa^2)P_j = g_1 C_j, \qquad (\Box - \varkappa^2)P_{jk} = g_2 M_{jk}.$$

D'autre part, de l'expression de la fonction de Lagrange (3), on aboutit à l'expression que voici de l'Hamiltonien

$$(7)\qquad H = -a^{*j}a_j + \frac{1}{2}h^{*jk}h_{jk} + \left[\varkappa\left(a^{*j}P_j - \frac{1}{2}h^{*jk}P_{jk}\right) - g_1^{*}C^{*j}P_j + \frac{g_2^{*}}{2}M^{*jk}P_{jk} + \text{conj.}\right].$$

On y voit apparaître un terme d'interaction de la forme

$$-g_1^{*}C^{*j}P_j + \frac{g_2^{*}}{2}M^{*jk}P_{jk},$$

*où ne figurent,* en analogie parfaite avec la théorie de Maxwell-Lorentz, *que les potentiels* vrais $P_j$ *et* $P_{jk}$ *et non pas les champs* $a_j$ *et* $h_{jk}$. Les grandeurs $P_j$ et $P_{jk}$, solutions des équations (4), présentent des singularités en $r^{-1}$ et non celle en $r^{-3}$, qu'introduit dans l'hamiltonien des interactions nucléaires la méthode habituelle. Celle-ci, selon le point de vue, adopté dans le présent travail, semble créer une confusion subtile entre les notions des *champs vrais* et des *potentiels vrais*, qu'on devrait distinguer plus soigneusement en théorie des corpuscules à spin. En démêlant cette confusion, il paraît possible de supprimer, d'une manière simple mais radicale, une des difficultés fondamentales de la théorie du méson et des forces nucléaires.

ASTRONOMIE PRATIQUE. — *Principes d'un nouvel instrument des passages.* Note (*) de M. **Pierre Semirot**, présentée par M. André Danjon.

Soit une sphère de centre O. Par le point O menons des droites parallèles à l'axe de rotation de la Terre, à la verticale du lieu d'observation, à une droite D de direction voisine de la ligne Est-Ouest, et à une droite Δ faisant avec la précédente un angle égal à $90° - c$. Les intersections de ces droites avec la sphère sont P, Z, C, E. Si la droite OC est fixe et la droite OE mobile le lieu de E est un parallèle de pôle C. Ce parallèle coupe le parallèle décrit par l'étoile en deux points, dont l'un correspondra au passage supérieur de l'étoile. L'observateur détermine l'instant de passage de l'étoile lorsque celle-ci passe en E. Les coordonnées horaires du point C sont $90 - m$, $90 - n$. Ses coordonnées horizontales sont $90 - a$, $90 - b$. La résolution du triangle sphérique CEP donne les relations

$$(1) \qquad h = c \sec\delta - n \operatorname{tg}\delta - m, \qquad \alpha = t + Cp + m + n \operatorname{tg}\delta - c \sec\delta,$$

$h$ étant l'angle horaire de l'étoile, $Cp$ la correction de pendule, $\alpha$ l'ascension droite de l'étoile.

Les coordonnées horaires du point C sont liées aux coordonnées horizontales par les relations

$$m = a \sin\varphi + b \cos\varphi, \qquad n = b \sin\varphi - a \cos\varphi.$$

Soit une lunette d'axe optique voisin de la direction Est-Ouest ([1]). Par le centre optique de l'objectif de cette lunette menons une parallèle à la ligne Est-Ouest et une parallèle à la droite D. Ces deux droites percent le plan focal de l'objectif en deux points W, Q. Les lectures des tambours correspondant à la bissection de Q seront A, B et les lectures fictives exécutées sur le point W supposé matérialisé seront $a_0$, $b_0$. On aura

$$a = K(A - a_0), \qquad b = K'(B - b_0).$$

K, K' désignant les valeurs des tours de vis.

Les inconnues seront $Cp$, $c$, $a_0$, $b_0$. L'observation du nadir donne une relation entre $a_0$ et $b_0$ et les inconnues seront $Cp$, $c$, $a_0$.

Soit une lunette fixe dont l'axe optique est dirigée Est-Ouest. Plaçons un prisme à réflexion totale devant l'objectif de cette lunette la face K tournée vers l'objectif, la face L tournée vers le ciel. La normale à la face K a une direction voisine de la direction Est-Ouest. On suppose que la face K est partiellement réfléchissante. Par autocollimation sur la face K on détermine dans le plan focal de l'objectif de la lunette un point Q dont la bissection donnera les quantités A, B. Tous les rayons issus de Q seront normaux à la

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) Danjon, *Bulletin Astronomique*, 9, 1933, p. 131-147.

face K; la droite D sera la direction de la normale à K. Les rayons normaux à K émergent de la face L en un faisceau de rayons parallèles dont la direction (droite $\Delta$) fera un angle $(90 - c)$ avec la droite D. Par principe du retour inverse des rayons lumineux toute étoile dont les rayons seront parallèles à $\Delta$ aura son image en Q.

Les qualités de la lunette dépendant de la stabilité de son axe optique, il en résulte que le micromètre devra être fixe. Par conséquent il faudra redresser l'image donnée par le prisme de façon à ce qu'elle suive le fil horizontal du micromètre. Un Wollaston placé entre le prisme et l'objectif permettra d'obtenir ce résultat.

Par autocollimation à travers le Wollaston sur la face K du prisme on aura un point R et c'est l'instant de passage de l'image de l'étoile en ce point R qui sera observé. Il est bien évident que cet instant est aussi l'instant de passage de l'étoile en Q. Par conséquent l'observation à une lunette unique donnera l'instant de passage en Q et les quantités A, B, qui déterminent la position de ce point.

L'image de l'étoile sera bissectée comme on le fait avec la lunette méridienne usuelle. On aura ainsi l'instant de passage à un fil fictif et l'on en déduira l'instant de passage en R. L'autocollimation devra être évidemment effectuée après chaque observation d'une étoile, l'ensemble prisme-Wollaston conservant dans l'espace la position qu'il occupait lors de l'observation de l'étoile.

Si l'on dispose de deux collimateurs horizontaux placés dans le plan méridien l'un au Nord, l'autre au Sud, le double de la collimation $c$ pourra être déterminé physiquement.

La réalisation de l'instrument devra satisfaire au deux conditions suivantes : 1° au cours de l'observation de l'étoile, l'observateur ne verra que l'image provenant des rayons ayant traversé le Wollaston; 2° au cours de l'autocollimation l'observateur verra les deux images R et Q. La réalisation d'un tel instrument est donc aisée et repose uniquement sur l'hypothèse que le prisme à réflexion totale étant indéformable, l'angle $(90° - c)$ des deux droites D et $\Delta$ sera constant quelle que soit l'orientation du prisme dans l'espace.

ASTROPHYSIQUE. — *Intensité de la bande* 4300 Å *de la molécule* CH *dans les spectres des étoiles* F, G, K *et* M. Note (*) de M. **Tcheng Kien**, présentée par M. André Danjon.

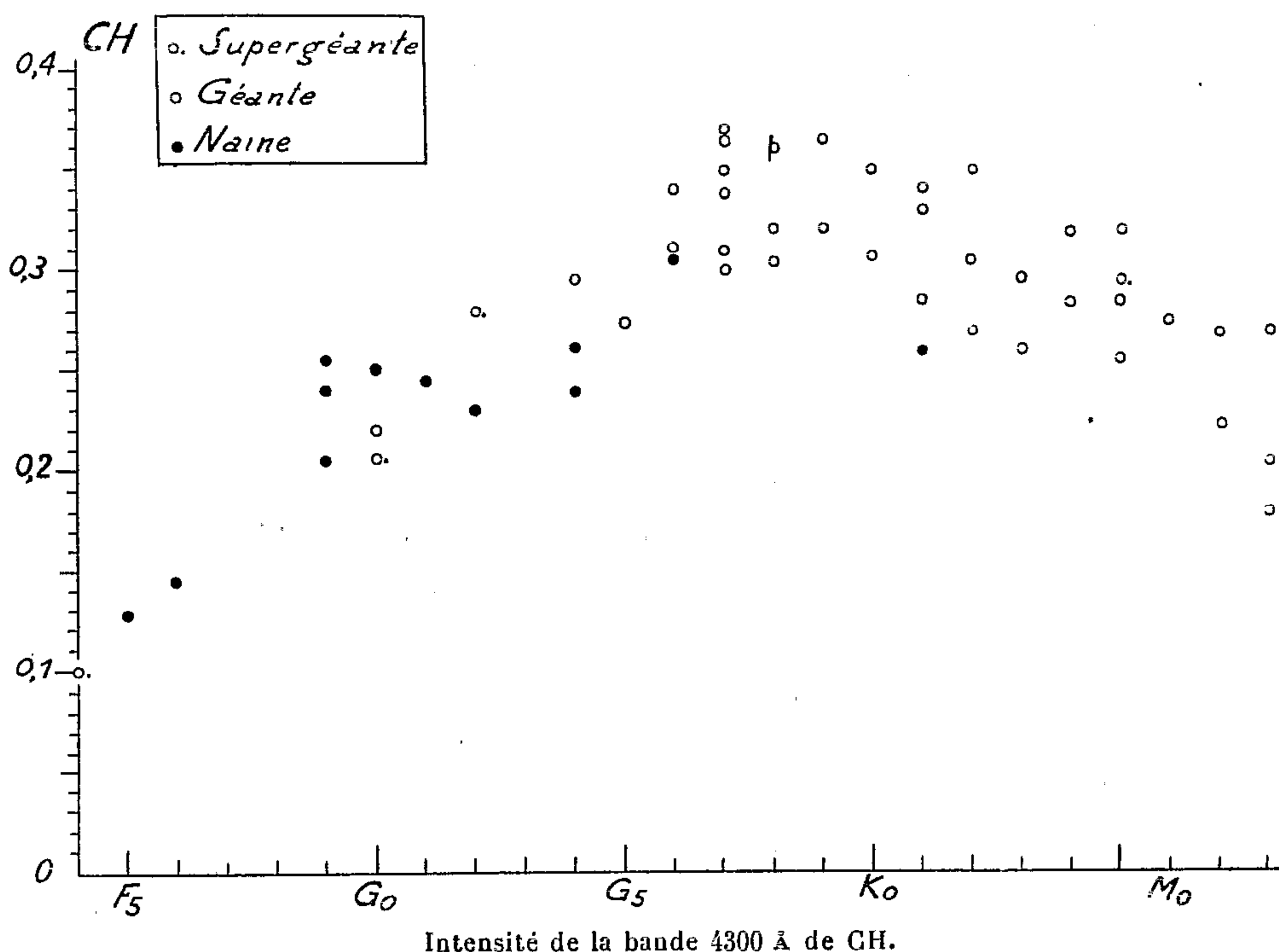
Les spectres stellaires photographiés par J. Plassard ([1]) à l'Observatoire de Haute-Provence pour ses recherches relatives aux bandes de CN, se prêtent également à l'étude de la bande 4300 Å de la molécule CH. J'ai utilisé les

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Ann. Astrophys.*, **13**, 1950, p. 1.

spectres de 58 étoiles des classes F à M, obtenus pour la plupart avec le spectrographe à un prisme monté sur le télescope de 120$^{cm}$ (dispersion 80 Å/mm à 4300 Å). 8 étoiles ont été photographiées avec le spectrographe à 4 prismes (27 Å/mm à 4300 Å).

L'étalonnage, réalisé sur chaque plaque par la méthode du photomètre à pénombre ([2]), permet de tracer, à partir des enregistrements microphotométriques, la courbe des intensités spectrales photographiques I. On trace également le spectre continu $I_0$ en utilisant les meilleures *fenêtres* connues dans cette région ([3]) dont l'une (4316 Å) est précisément très voisine de la bande de CH, et l'on déduit pour chaque longueur d'onde la densité optique $\log(I_0/I)$ de l'atmosphère stellaire.




Intensité de la bande 4300 Å de CH.

La construction du profil théorique de la bande, pour une température voisine de 6000 K, compte tenu du pouvoir de résolution des spectrographes, suggère de mesurer les intensités aux longueurs d'onde 4312, 4310, 4304, 4303 et 4293 Å. Les meilleurs résultats paraissent correspondre à 4303 Å (sommet de la branche Q). Les autres longueurs d'onde semblent davantage affectées par des raies métalliques.

---

([2]) D. Barbier, *Ann. Astrophys.*, 7, 1944, p. 78.
([3]) A. Arnulf, D. Chalonge et G. Dejardin, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 325.

Sur la figure ci-dessus, construite en portant en abscisses les types spectraux du Mont Wilson et, en ordonnées, les densités optiques à 4303 Å, on constate que l'absorption produite par la molécule CH varie régulièrement avec le type spectral. Elle se manifeste à partir de F9, atteint son maximum avec le type G9 et s'affaiblit dans les classes K et M. Ces résultats sont en bon accord avec la théorie de Russell (⁴) qui prévoyait le maximum d'absorption de CH dans le type G7 pour les géantes et dans le type K2 pour les naines. L'effet de la magnitude absolue est dans l'ensemble peu sensible (beaucoup moins que dans le cas des bandes de CN) et il n'apparaît clairement que dans la classe G.

J'ai tracé aussi le contour de la bande G de manière à évaluer l'absorption totale de 4293 à 4316 Å. Celle-ci varie en fonction du type spectral de la même manière que la densité optique à 4303 Å, mais le procédé est un peu moins satisfaisant, puisqu'on ajoute ainsi automatiquement à l'absorption de la molécule CH, celle des raies métalliques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les principes d'une méthode de zéro pour la détermination des constantes diélectriques aux hyperfréquences.* Note (*) de M. **Marc Bruma**, présentée par M. Louis de Broglie.

La réfraction du champ électromagnétique provoquée par l'introduction d'un échantillon diélectrique dans une cavité électromagnétique est à la base d'une méthode expérimentale de mesure de constantes diélectriques aux hyperfréquences. Cette méthode n'embrasse qu'un aspect physique du problème et ramène la mesure d'une constante diélectrique à la détermination d'une différence entre la fréquence de résonance d'une cavité vide et de la même cavité contenant l'échantillon.

L'étude énergétique mettra en évidence un autre aspect physique du problème et permettra d'établir une relation générale entre la constante diélectrique et la variation de certains paramètres géométriques de la cavité.

En assimilant un résonateur électromagnétique à un système adiabatique, il a été montré [1], [2] que le produit de période T $(= 2\pi/f)$ par l'énergie interne W est un invariant. Dans ces conditions

$$\text{(1)} \qquad \delta(T.W) = 0 \qquad \text{d'où} \qquad \frac{\delta f}{f} = \frac{\delta W}{W}.$$

L'introduction d'un échantillon diélectrique dans la cavité provoquera une variation d'énergie interne du résonateur, donc de sa fréquence de résonance.

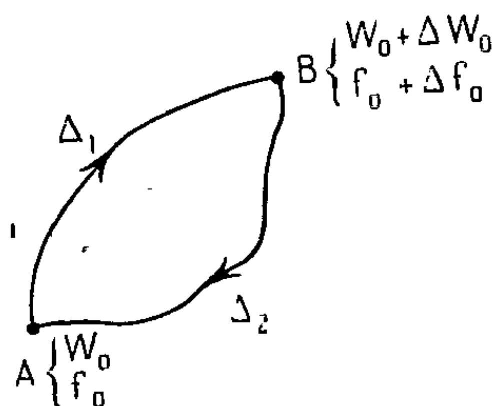
(⁴) *Astrophys. J.*, 79, 1934, p. 317.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(¹) P. Grivet, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 71.

(²) J. Bernier, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 530.

Les considérations précédentes permettent d'envisager la compensation de cette variation d'énergie par déformation de la paroi interne du résonateur. [Travail du vecteur pression de radiation ([1]), ([2])]. On ramène donc la fréquence de résonance à sa valeur initiale, ce qui caractérise une méthode de zéro.




On considérera un cycle où la variation d'énergie provoquée par la présence d'un volume $\Delta_1$ du diélectrique sera compensée par une déformation de paroi entraînant une variation $\Delta_2$ du volume de la cavité, cycle représenté par le schéma de la figure 1.

On aura donc :

$$\partial W = \partial W(\Delta_1) + \partial W(\Delta_2) = 0, \tag{2}$$

$\partial W(\Delta_1)$ correspond à la transformation partielle $A\Delta_1 B$, les états A et B étant des états résonnants, pour lesquels l'énergie électrique est toujours égale à l'énergie magnétique. La variation d'énergie suivant $A\Delta_1 B$ pourra donc s'exprimer sous forme purement électrique, en unités rationalisées par :

$$\partial W(\Delta_1) = \iiint_{\Delta_1} \frac{1}{2}\left[\varepsilon' E_1^2 - \varepsilon_0 E_0^2\right] d\tau + \iiint_{V-\Delta_1} \frac{1}{2}\left[\varepsilon_0 E_2^2 - \varepsilon_0 E_0^2\right] d\tau. \tag{3}$$

$\varepsilon'$ étant la constante diélectrique de l'échantillon, $E_0$ le champ à l'intérieur de la cavité vide, $E_1$ le champ dans le diélectrique et $E_2$ le champ dans le restant de la cavité. Ces champs doivent satisfaire aux équations de Maxwell avec les conditions limites suivantes :

$$(a)\quad (E_1^t)_\sigma = (E_2^t)_\sigma; \qquad (b)\quad \vec{E}_0 \wedge \vec{n} = \vec{E}_2 \wedge \vec{n} = 0, \tag{4}$$

$\sigma$ étant la surface limitant le volume $\Delta_1$ du diélectrique, l'indice $t$ indiquant les composantes tangentielles, $\vec{n}$ la normale aux parois conductrices de la cavité.

L'énergie $\partial W(\Delta_2)$ étant la même, au signe près, suivant le chemin $B\Delta_2 A$ ou $A\Delta_2 B$, on peut écrire :

$$\partial W(\Delta_2) = \iiint_{\Delta_2} \vec{P}_0\, d\vec{n}\, d\sigma \qquad \text{avec} \quad \vec{P}_0 = \left(\frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 + \frac{1}{2}\mu_0 H_0^2\right)\vec{n}, \tag{5}$$

$E_0$ et $H_0$ sont les champs régnant dans la cavité vide, $\Delta_2$ la variation du volume de la cavité par déformation de la paroi.

L'équation (2) donne ainsi :

$$(6)\qquad \iiint_{\Delta_1} \frac{1}{2}[\varepsilon' E_1^2 - \varepsilon_0 E_0^2]\, d\tau + \iiint_{V-\Delta_1} \frac{1}{2}[\varepsilon_0 E_2^2 - \varepsilon_0 E_0^2]\, d\tau + \iiint_{\Delta_2} \frac{1}{2}[\varepsilon_0 E_0^2 + \mu_0 H_0^2]\, d\tau = 0.$$

Ceci permet, toutes les fois que la répartition spatiale des champs est connue, de relier $\varepsilon'$ à la variation d'un ou plusieurs paramètres géométriques de la cavité.

Pour des cavités de symétrie simple, l'application de la méthode indiquée est immédiate. Pour un résonateur cylindrique à champ magnétique axial, la perturbation compensatrice peut affecter la surface complète d'une des bases dont le déplacement axial sera mesuré et relié à $\varepsilon'$.

Le cas de la cavité cylindrique à champ électrique purement axial et à champ magnétique purement circonférentiels est différent parce que l'intégrale $\iint P_0\, d\sigma$ étendue à *toute* la surface de base est nulle. On ne pourra donc plus fermer le cycle indiqué plus haut qu'en effectuant une perturbation n'intéressant qu'une *partie*, soit des bases, soit de la paroi latérale. Ceci nous conduit à un dispositif nouveau qui sera décrit dans une Note ultérieure.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *A propos de deux Notes de MM. Ehrenhaft et Herzog. Un champ magnétique uniforme est-il capable d'accélérer un rayonnement émis par le radium* E ? Note de MM. **Eugène Cotton**, **Pierre Tauzin** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

Ehrenhaft et Herzog ont décrit des expériences dans lesquelles un champ magnétique uniforme semble favoriser la traversée d'une plaque d'aluminium par le rayonnement du radium E. Les auteurs paraissent croire que ce rayonnement contient des pôles magnétiques isolés. En réalité, les faits observés semblent dus au rayonnement X de freinage produit par les rayons β dans l'aluminium.

Dans une Note, Ehrenhaft et Herzog [1] avaient signalé que l'épaisseur minima d'aluminium nécessaire pour arrêter le rayonnement d'une source de radium E et l'empêcher d'atteindre une plaque photographique augmente si l'on place la source, l'aluminium et la plaque photographique dans un champ magnétique perpendiculaire à l'ensemble. Les auteurs semblaient admettre que le rayonnement du radium E contient des particules accélérées par un champ magnétique homogène, autrement dit des pôles magnétiques isolés.

---

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 626.

En collaboration avec M. A. Cotton ([2]), nous avions objecté à cette interprétation que le noircissement de la plaque pouvait s'expliquer, soit par l'action d'une composante rapide du faisceau direct de rayon $\beta$ concentré par le champ magnétique, soit par l'action du rayonnement électromagnétique de freinage émis par les électrons en traversant l'aluminium (*Bremsstrahlung*).

Ehrenhaft et Herzog ([3]) ont alors défendu leur point de vue par de nouvelles expériences; au lieu de faire varier l'épaisseur de l'absorbant, ils l'ont maintenue fixe $2^{mm}$ et ils ont fait varier le temps de pose avec le champ magnétique. Mais l'interprétation de ces expériences est encore sujette à caution, car elle fait intervenir une notion imprécise : le facteur de concentration des rayons $\beta$ par le champ magnétique.

Même en l'absence de champ magnétique, comme tous les auteurs qui ont étudié le Radium E, nous avons observé qu'une source de cet élément (intensité initiale 2,1 millicurie environ, diamètre $7^{mm}$), laisse passer à travers des épaisseurs d'aluminium très supérieures à $3^{mm}$, un rayonnement décelable par un compteur de Geiger. Nous avons vérifié que l'intensité de ce rayonnement décroît avec la période du radium E (5 jours). Cette intensité a l'ordre de grandeur attendue théoriquement pour un effet de Bremsstrahlung.

Encore en l'absence du champ magnétique, nous avons obtenu un noircissement en plaçant au contact pendant 2 heures, la source précédente, une plaque d'aluminium de $2^{mm}$ d'épaisseur et une plaque Superfulgur. Ces faits montrent que le radium E émet un rayonnement qui, en l'absence de champ, est capable de traverser des épaisseurs d'aluminium de l'ordre de celles employées par Ehrenhaft (2 à $3^{mm}$) et même supérieures. Nous avons alors repris les expériences d'Ehrenhaft et Herzog. Ils plaçaient toujours la plaque d'aluminium au contact de la plaque photographique, il nous a paru essentiel de commencer par faire varier leur distance. C'est un point important, car, si la tache observée résulte du *Bremsstrahlung*, elle doit devenir moins intense et plus diffuse au fur et à mesure qu'on augmente cette distance. C'est bien ce qu'on a pu constater. Les expériences ont été faites dans le champ uniforme du grand électro-aimant de Bellevue et pour deux valeurs du champ : 22000 et 44000 gauss. Pour chaque valeur, on a fait trois essais en plaçant dans un vide de l'*ordre du mercure*, la plaque d'aluminium d'abord contre la plaque photographique Superfulgur Guilleminot, ensuite contre la source, et enfin à égale distance des deux. Les temps de pose ont été pris équivalents. On a tenu compte pour les déterminer de la décroissance exponentielle de l'intensité de la source. Pour la première expérience, ce temps était de 3 heures 30, et l'intensité de la source 0,8 millicurie pour un diamètre de $7^{mm}$. Ajoutons, et ceci est une nouvelle preuve en faveur du *Bremsstrahlung* que, pour une géo-

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 794.
([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 550.

métrie donnée du dispositif, le passage de l'une à l'autre valeur du champ ne change pratiquement pas l'intensité des taches.

Sur un point particulier, les expériences précédentes sont encore en contradiction avec l'explication à partir de pôles magnétiques isolés. Comparons l'expérience où la plaque d'aluminium est équidistante de la source et de la plaque photographique dans le champ magnétique de 44 000 gauss, et celle où la plaque d'aluminium est contre la plaque photographique dans le champ de 22 000 gauss. Dans les deux cas, les prétendus pôles isolés arriveraient sur la plaque d'aluminium avec la même énergie, puisque le travail de la force qui déplace le pôle depuis la source jusqu'à cette plaque est le même. Dans les deux cas, la plaque d'aluminium serait traversée par le même nombre de pôles, et la plaque photographique devrait être pareillement impressionnée. Or, ce n'est pas ce qu'on observe, puisque l'impression est moins forte et plus étendue lorsque la plaque d'aluminium est loin de la plaque photographique.

Pour confirmer notre point de vue, nous avons fait des essais en remplaçant la plaque Superfulgur par des plaques Ilford $G_5$ spéciales pour électrons, beaucoup plus sensibles. Leur noircissement global était visible à l'œil nu. Mais l'examen au microscope montre l'existence de trajectoires qui commencent en des points répartis dans toute la profondeur de la gélatine. L'aspect de ces trajectoires rappelle tout à fait celui observé dans le cas d'un rayonnement X ou $\gamma$ complexe.

POLARIMÉTRIE. — *Réalisation macroscopique d'un « Effet Cotton » en ondes hertziennes.* Note de MM. **Roger Servant** et **Pierre Loudette**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré [1], à l'aide d'un polarimètre hertzien, qu'un *modèle* hélicoïdal, présentant son axe dans la direction de propagation des ondes, faisait tourner le plan de polarisation d'un angle $\rho$ variable avec la longueur d'onde.

Le phénomène se complique lorsque la longueur d'onde utilisée se trouve dans le domaine d'absorption du résonateur hélicoïdal. La vibration émergente n'est plus rectiligne. Le courant débité par l'analyseur, au lieu de s'annuler complètement pour une position convenable de celui-ci, passe seulement d'une valeur maximum I à une valeur minimum $i$, qui peut être très différente de zéro. Il faut admettre que l'on pointe maintenant une vibration elliptique dont on mesure l'inclinaison $\rho$ du grand axe et dont l'ellipticité est caractérisée par $i/I$. La figure 1 fournit les courbes de dispersion de $\rho$ et $i/I$ en fonction de la longueur d'onde, pour une hélice caractérisée, suivant nos conventions [1], par $p = 4^{cm},5$, $d = 19^{cm}$, $\alpha = 105°$.

---

[1] R. Servant et P. Loudette, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1465.

Le phénomène observé présente les mêmes caractéristiques que l'effet Cotton. Celui-ci consiste, on le sait, en une *anomalie* de pouvoir rotatoire naturel, dans la région d'absorption active, accompagnée d'une ellipticité des

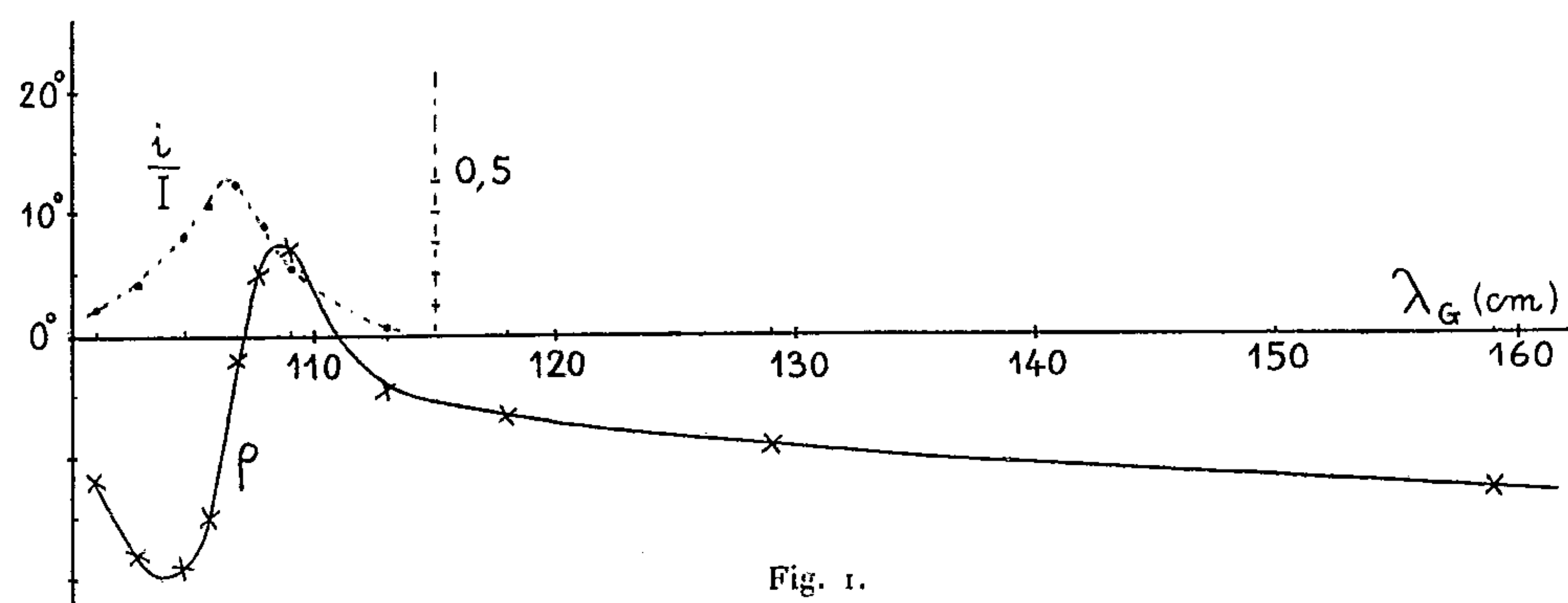



Fig. 1.

vibrations émergentes, maximum au centre de la bande et s'annulant sur ses bords. Un effet analogue existe pour le pouvoir rotatoire magnétique des solutions de sels paramagnétiques étudiées dans leur région d'absorption.

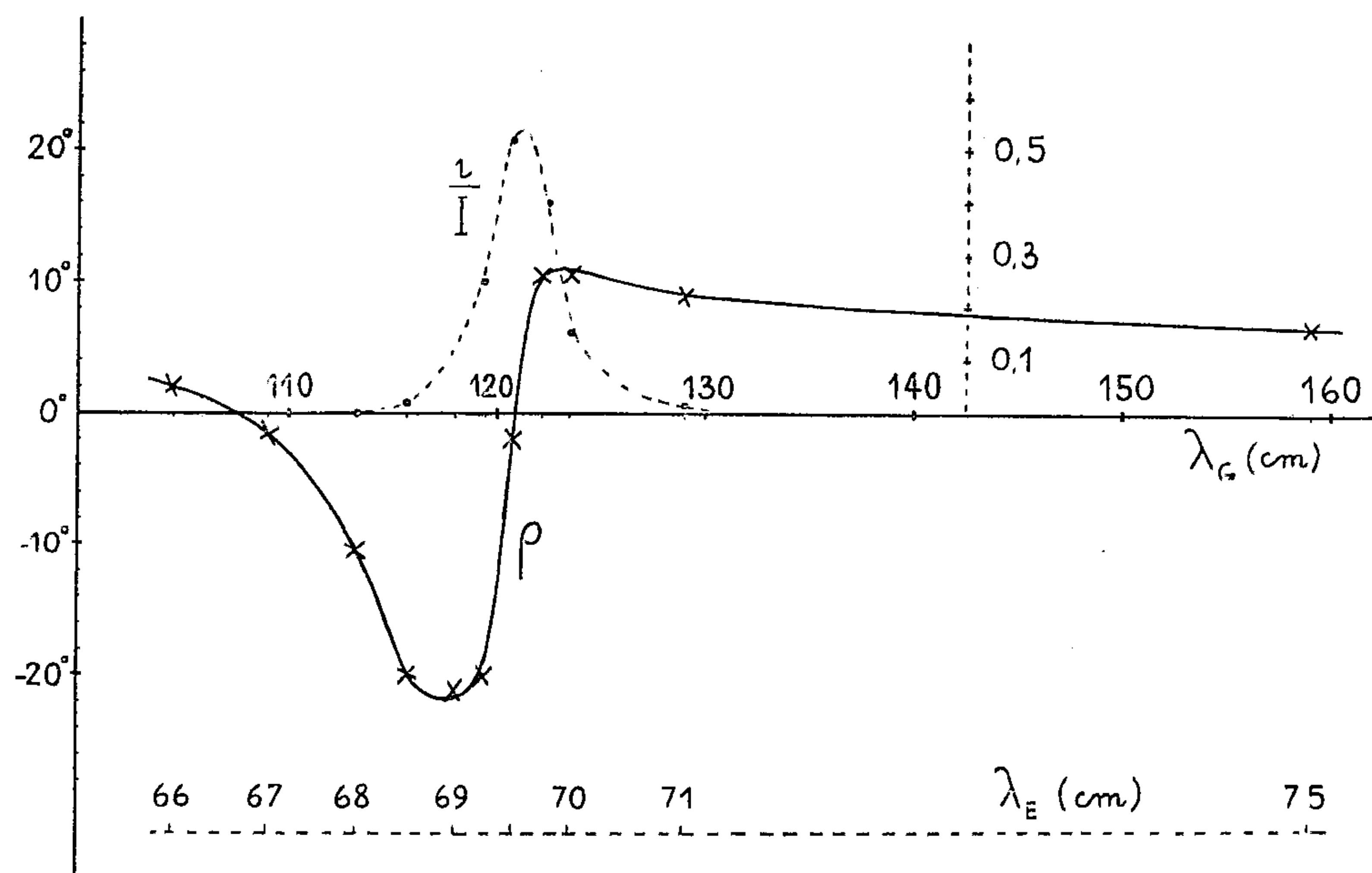



Fig. 2.

Ici, les phénomènes observés sur les modèles hélicoïdaux sont tout à fait semblables, mais peuvent atteindre un ordre de grandeur considérable : la figure 2 fournit les résultats pour une hélice $p = 5^{cm},5$ $d = 22^{cm},5$, $\alpha = 75°$. L'anomalie de rotation est d'environ 30° et $i/I$ atteint 0,5.

D'ailleurs, en modifiant l'orientation $\alpha$ de la vibration incidente par rapport

au rayon origine de la section droite de l'hélice, on peut faire varier la grandeur de l'anomalie et par voie de conséquence celle de l'ellipticité : en prenant successivement $\alpha = 75°$, $70°$ $65°$ et $63°$, on obtient un $i/I$ maximum de 0,5, 0,75 0,85 et 0,95, .... Ainsi, la possibilité d'une *polarisation circulaire* complète peut être envisagée, selon nous, comme une conséquence d'un effet Cotton.

Enfin, la position de l'anomalie dans le spectre hertzien peut être modifiée en agissant sur le modèle hélicoïdal: Quand on expérimente successivement des hélices $d = 22^{cm},5$ ($p = 5,5$), $d = 19^{cm}$ ($p = 4,5$), $d = 17^{cm},5$ ($p = 4,5$), on constate que le maximum de dichroïsme circulaire se déplace de $121^{cm}$ à 107 et $103^{cm}$. La bande d'absorption active intervenant ici semble correspondre sensiblement à la longueur d'onde propre d'absorption $\lambda_1 \neq 2\pi d$ de l'oscillateur circulaire ouvert qui serait la projection de l'hélice (mono spire) sur un plan perpendiculaire à son axe.

Des expériences sont en cours pour essayer de mettre en évidence (pour chaque hélice) une deuxième bande d'absorption active $\lambda_2$, liée vraisemblablement, si le modèle étudié s'apparente à celui de Condon, non plus à la valeur du diamètre, mais à celle du pas de l'hélice.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la détermination de la réactance de fuites des transformateurs.* Note (*) de M. **Jean Lagasse**, transmise par M. Charles Camichel.

L'auteur rappelle tout d'abord le principe de la *méthode de résonance* qu'il a déjà proposée. Il indique ensuite comment il est parvenu à perfectionner cette méthode. Etudiant à tension variable le fonctionnement d'un transformateur dont le secondaire alimente des capacités, il montre que la réactance de fuites d'un transformateur est constante et que cette grandeur est bien définie,

Dans une précédente publication ([1]) nous avons, avec M. Teissié-Solier, proposé une méthode permettant de déterminer la réactance de fuites des transformateurs.

Les résultats obtenus sur divers appareils de ce type se sont montrés en parfait accord avec ceux déduits de l'application de la méthode de Kapp.

Rappelons le principe de la méthode à laquelle nous avons donné le nom de *méthode de résonance.*

Si l'on dispose au secondaire d'un transformateur, des condensateurs dont on peut faire varier la capacité, on observe sur l'écran d'un oscillographe cathodique inséré dans le circuit primaire, pour des valeurs bien déterminées de cette capacité, la résonance des harmoniques du courant primaire.

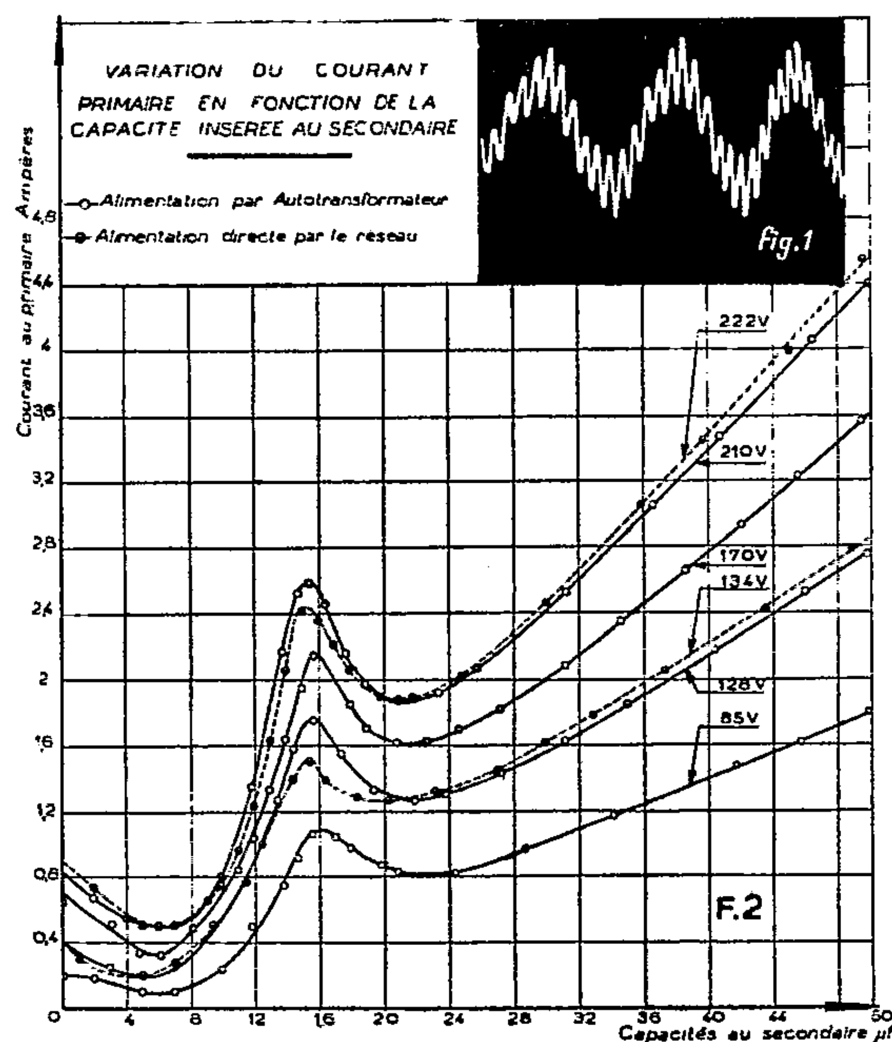
Il suffit alors d'utiliser la condition de résonance $n^2 l c \omega^2 = 1$, pour déterminer la valeur $l\omega$ de la réactance de fuites de ce transformateur.

---

(*) Séance du 3 janvier 1951.

([1]) M. Teissié-Solier et J. Lagasse, *Électricité*, 151, 1949, p. 103 et 152, 1949, p. 125.

Cette méthode était d'un emploi délicat, puisqu'elle nécessitait, pour rechercher la valeur de la capacité correspondant à la résonance d'un harmonique, l'observation sur l'écran cathodique, de l'amplitude relative des pointes dues à la résonance de l'harmonique, pointes qui se greffaient sur l'onde fondamentale (*fig.* 1).




Dans ces conditions, il nous a paru intéressant d'améliorer l'application de cette méthode en remplaçant l'observation d'une courbe vue sur l'écran d'un oscillographe par la lecture directe d'un appareil de mesure.

Un tel résultat peut être obtenu de la manière suivante :

On insère dans le circuit primaire du transformateur un ampèremètre, présentant un coefficient de self-induction négligeable (ampèremètre thermique par exemple). On fait ensuite croître, depuis une valeur nulle, celle des capacités insérées au secondaire du transformateur.

La courbe des variations du courant primaire en fonction de la valeur de la capacité introduite au secondaire présente l'allure d'une courbe de Mordey, dans le cas où la tension d'alimentation est pratiquement sinusoïdale.

Par contre, si au voisinage du transformateur étudié, on couple sur le réseau, un alternateur dont la courbe de tension est déformée par un harmonique, l'harmonique de denture par exemple, les variations du courant primaire du transformateur en fonction de la capacité insérée au secondaire présentent un maximum, analogue à ceux que l'on peut voir sur les courbes (*fig.* 2), relatives à une étude à tension variable d'un transformateur de 2 kVA.

La décomposition en série de Fourier de la courbe de la tension d'alimen-

tation utilisée nous a montré que l'amplitude de l'harmonique 11, retrouvé dans cette tension, restait malgré tout faible. En effet, dans les conditions de nos mesures, l'amplitude de l'harmonique 11 représentait seulement 3,5/1000 de l'amplitude de l'onde fondamentale.

Les maxima de l'intensité du courant, visibles sur la figure 2, proviennent du passage par la résonance de l'harmonique correspondant (dans le cas considéré harmonique 11).

Dès lors, il suffit de repérer sur l'axe des abscisses la valeur de la capacité provoquant cette résonance pour calculer la réactance de fuites.

Cette méthode nous a également permis d'examiner l'influence de la saturation sur la valeur de la réactance de fuites, en insérant entre le réseau et le transformateur étudié, un auto-transformateur dont le coefficient de fuites était lui-même négligeable, et en réalisant ainsi une alimentation à tension progressivement croissante.

Les diverses courbes de la figure 2 montrent que la résonance de l'harmonique 11 se produit, sans divergence notable, quelle que soit la tension primaire, pour une même valeur de la capacité insérée au secondaire.

Les résultats obtenus en appliquant la condition de résonance pour les valeurs de la capacité correspondant aux maxima de courant permettent de confirmer que la réactance de fuites d'un transformateur n'est pratiquement pas modifiée par l'effet de saturation.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tension d'alimentation (Volts).... | 85 | 128 | 134 | 170 | 210 | 222 |
| Réactance de fuites (Ohm)....... | 1,65 | 1,66 | 1,67 | 1,66 | 1,67 | 1,67 |

RADIOACTIVITÉ. — *Spectrographie par diffraction cristalline du rayonnement électromagnétique du* RaD. Note (*) de MM. **Marcel Frilley, Bhaskar G. Gokhale** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons repris, avec un spectrographe à cristal courbé, l'étude du rayonnement électromagnétique du RaD qui avait été analysé antérieurement par la méthode du cristal tournant ([1]). Nous avons d'abord tenté d'utiliser des lames de sel gemme courbées, provenant de monocristaux naturels ou artificiels dont le pouvoir réflecteur est très élevé. Mais, s'il est possible d'obtenir des spectres convenables avec certaines lames, les résultats sont instables car les lames qui se sont courbées élastiquement se déforment dans leur support, les cristaux étant relativement plastiques à la température ordinaire. Nous avons ensuite adopté des lames de mica muscovite en utilisant les plans (100),

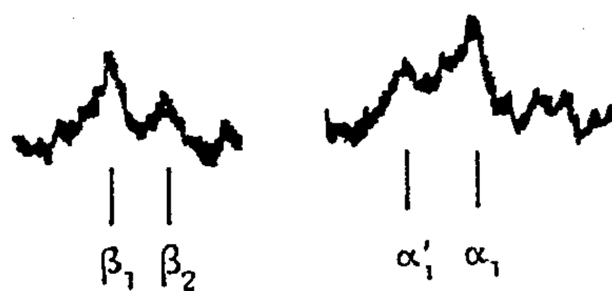
(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) M. Frilley, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 505; L. Salgueiro, *Portugaliæ Physica*, 1, 1944, p. 67; Frilley et Tsien-San-Tsiang, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 144; L. Salgueiro et M. Valadares, *Portugaliæ Physica*, 3, 1949, p. 21.

inclinés, dans nos échantillons, de 9°30′ sur la normale au plan de clivage et dont la distance réticulaire est 2,55 Å. Selon les rayonnements étudiés, l'épaisseur des lames était de 0,15 à $0^{mm},45$, leur rayon de courbure 20 ou $40^{cm}$ (dispersion 12 UX/mm).

La faiblesse relative du pouvoir réflecteur a été compensée par l'emploi de plaques Ilford destinées à l'enregistrement des trajectoires d'électrons. Dans le cas des rayonnements de faible énergie, émis par le RaD, que nous avons étudiés (10 à 47 KeV), ces trajectoires ne comprennent que quelques grains et sont difficilement discernables. Nous avons donc utilisé le noircissement de ces plaques comme celui de plaques ordinaires, des expériences sommaires avec les spectres de rayons X L — Bi et K — Ag nous ayant montré que, pour des poses courtes, les plaques à électrons sont environ quatre fois plus sensibles vers 15 KeV et 15 fois plus vers 25 KeV que des plaques Superfulgur Guilleminot. Dans la région des raies L, pour avoir des enregistrements plus réguliers au microphotomètre, nous avons cependant utilisé (avec un révélateur à grain fin refroidi à 5°C) des plaques Superfulgur ou des films Kodak Kodirex, environ deux fois plus sensibles que ces plaques dans cette région.

Les plaques à électrons supportent mal des temps de pose de quelques jours à la température du laboratoire. Des décollements se produisent au moment du développement et un voile superficiel intense apparaît, dû vraisemblablement à des électrons parasites lents. Le premier de ces défauts a été éliminé en plongeant la plaque pendant 1 heure, avant développement, dans une solution aqueuse de formol à 10 %. Pour supprimer le voile qui est superficiel (tandis que les photons ont impressionné la plaque profondément) la plaque est d'abord traitée normalement et séchée. On la met ensuite pendant quelques secondes dans une solution acide de $MnO_4K$. Le voile et les traces d'abrasion disparaissent complètement. La plaque est ensuite passée au bisulfite de Na, et à nouveau fixée, lavée et séchée.




La source était constituée par $27^{ms}$ de nitrate de Pb contenant environ $50^{mC}$ de RaD répartis sur une surface de $2 \times 12^{mm}$. Le rayonnement était canalisé par l'entrefer d'un aimant permanent qui éliminait les rayons β du RaD et ceux du RaE en équilibre avec celui-ci.

Un tube à rayons X démontable, muni d'une anticathode de Cu recouverte d'un dépôt électrolytique de Bi, était utilisé pour enregistrer des spectres L — Bi dans les mêmes conditions que chaque série de spectres du RaD. La comparaison des intensités avec celle des raies L du RaD pouvait ainsi être

faite en tenant compte de l'absorption dans le cristal et de la sensibilité des plaques.

1. *Rayons* $\gamma$. — On enregistre facilement la raie de 46,7 KeV et celle de 32 KeV. Celle de 37 KeV est peu visible. La majeure partie de l'énergie rayonnée étant constituée par la raie de 46,7 KeV, on observe dans le faisceau direct une raie blanche très nette, symétrique de la raie noire par rapport au zéro de l'échelle des $\lambda$. Ces deux raies peuvent servir à l'étalonnage des spectres.

2. *Rayonnement* L *dû à la conversion interne*. — Les mesures des $\lambda$ sont faites par rapport aux raies $L\alpha_1$ et $L\beta_1$ du Pb qui apparaissent avec le spectre émis par le RaD, le Pb contenu dans la source étant excité par l'ensemble du rayonnement. Les $\lambda$ coïncident, dans les limites de précision des mesures ($<$ 0,5 UX), avec celles du spectre de rayons X du Bi. Les raies antérieurement observées ont été obtenues avec un pouvoir de résolution accru qui a permis de séparer nettement $L\beta_1$ (83) et $L\beta_2$ (83), ainsi que $L\beta_4$ (83) et $L\beta_1$ (82). Une bande satellite $L\alpha'_1$ à 1138 UX, distincte de $L\alpha_1$ a été en outre enregistrée, ainsi qu'un élargissement de $L\alpha_2$ (83) vers les courtes $\lambda$. L'apparition de ces bandes satellites prévue théoriquement par L. Salgueiro et M. Valadares et les anomalies d'intensité déjà signalées posent d'importants problèmes; l'analyse de nos résultats et leur interprétation théorique seront exposées dans une prochaine Note.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Séparation du radiochlore par effet Szilard-Chalmers.* Note de MM. **John Keene Major** et **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'efficacité de l'effet Szilard-Chalmers sur $C_2Cl_6$ solide et en solution et sur $CCl_4$ irradiés par les neutrons émis par un réacteur à uranium : (*a*) est plus grande pour l'état liquide que pour l'état solide; (*b*) ne paraît pas dépendre de la concentration de la solution irradiée; (*c*) diminue considérablement avec le temps de l'irradiation.

La préparation de $^{36}Cl$ de période $10^6$ ans en quantité mesurable et d'activité spécifique élevée nécessite une longue irradiation du chlore en neutrons lents, et la concentration du chlore actif, par l'effet Szilard-Chalmers (1), par exemple. Mais pour de longues irradiations dans les piles nucléaires, l'efficacité de cet effet est limitée (2), d'une part par la décomposition directe des molécules, due aux rayonnements gamma des produits de fission et aux neutrons, d'autre part par la recombinaison des atomes actifs avec les radicaux libérés, soit par la décomposition directe, soit par recul. Nous avons étudié l'efficacité de la séparation Szilard-Chalmers en fonction

(1) *Nature*, 134, 1934, p. 462.
(2) R. R. Williams, *Journal of Physical and Colloid Chemistry*, 52, 1948, p. 603-611.

de la durée de l'irradiation, le chlore étant dans divers états. Le $^{38}Cl$ de 38 minutes formé en même temps nous a servi de traceur pour le $^{36}Cl$ de $10^6$ ans.

Nous avons choisi $CCl_4$ et $C_2Cl_6$ pour les irradiations; ils ont une teneur en chlore élevée (92 et 90 %), et n'étant pas polarisables, la probabilité d'échange entre les atomes actifs et les molécules inactives devrait être faible. Du $C_2Cl_6$ recristallisé, soit solide, soit dissous dans $C_6H_6$, et du $CCl_4$ ont été irradiés dans la pile de Chatillon avec des flux de l'ordre de $10^{10}$ neutrons/cm²/sec. Le $^{38}Cl$ libéré a été extrait sans entraineur en agitant la solution active avec de l'eau, qui est séparée du $CCl_4$ et $C_6H_6$ résiduel. L'activité totale, extraite, et résiduelle ont été mesurées indépendamment dans des vases à liquide (3) entourant un compteur Geiger-Müller standard (4). Les mesures ont commencé deux à trois heures après la fin de l'irradiation, mais on a suivi la décroissance de chaque échantillon pendant au moins une période, pour s'assurer qu'il n'y avait pas de contamination par la réaction parasite $^{35}Cl(n, \alpha)^{32}P$. Dans quelques essais où l'extraction était faible et où la décroissance n'a pas suivi une période de 38 minutes, l'activité initiale a été extrapolée pour estimer la limite supérieure de l'efficacité de la séparation. Les résultats expérimentaux permettent de conclure :

1° L'efficacité de la séparation Szilard-Chalmers est plus grande pour l'état liquide que pour l'état solide. Après une irradiation d'environ 2 heures de $C_2Cl_6$ dissous dans $C_6H_6$, 51 % du radiochlore est séparable, mais seulement 8 % lorsque le $C_2Cl_6$ est irradié en solide. Ce résultat s'accorde qualitativement avec la théorie (5), qui prévoit que l'énergie nécessaire pour qu'un atome puisse sortir du champ des molécules voisines est plus petite pour un liquide que pour un solide; la recombinaison est donc plus probable dans l'état solide que dans l'état liquide, et la séparation est moins efficace.

2° Bien que la précision des mesures soit faible, l'efficacité de la séparation ne paraît pas dépendre de la concentration de la solution. Pour les concentrations de $C_2Cl_6$ dans $C_6H_6$ comprise entre 10 mg/cm³ et la saturation ($\sim$300 mg/cm³), les valeurs sont du même ordre, entre 30 et 50 %, pour une irradiation de 1,75 heure. Ces résultats diffèrent des conclusions tirées dans d'autres expériences avec des alcoylhalogènes en solutions alcooliques (6), (7), mais les composés, solvents, et dilutions n'étant pas les mêmes, la comparaison est difficile.

3° L'efficacité de la séparation décroît exponentiellement avec la durée de

(3) P. Süe, *Analyse par les radioéléments artificiels et par les neutrons* [*Bulletin de la Société chimique* (sous presse)].

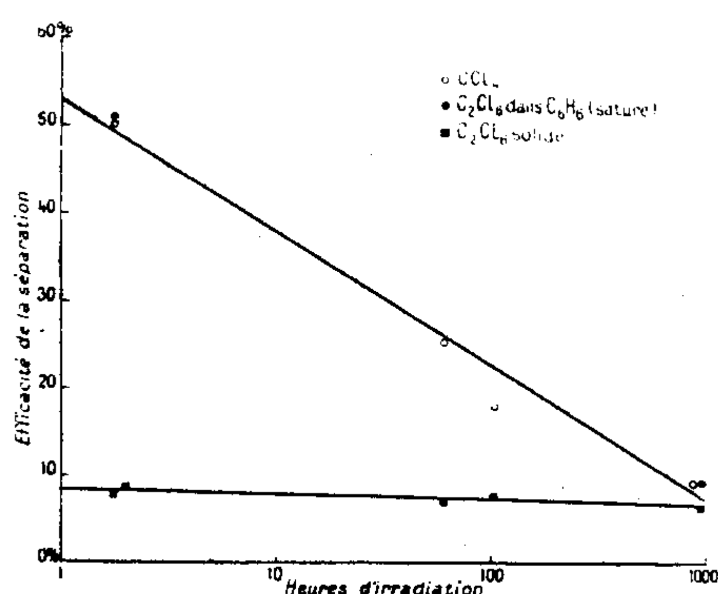
(4) R. Bouchez et G. A. Renard, *J. Phys. Rad.*, 7, 1947, p. 289-297.

(5) W. F. Libby, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2523-2534.

(6) W. F. Libby, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1930.

(7) W. F. Libby, *Science*, 93, 1941, p. 283.

l'irradiation pour $C_2Cl_6$ dissous dans $C_6H_6$ et pour $CCl_4$, mais avec $C_2Cl_6$ solide le faible rendement n'a pas permis de vérifier cet effet avec netteté (*figure*). Cette diminution s'accorde bien avec les prévisions de Williams [2] et ses travaux expérimentaux sur $NH_4SbF_6$ et $K_4Fe(CN)_6$. O'Neal [8] a trouvé une efficacité d'environ 100 % sur $CCl_4$ après 9 mois d'irradiation, mais sa source de neutrons n'étant que 100 mg de radium-beryllium, ses résultats ne sont donc pas directement comparables.




La diminution de l'efficacité de la séparation Szilard-Chalmers avec la durée de l'irradiation pour $CCl_4$ et $C_2Cl_6$ est attribuable à la recombinaison des atomes actifs avec les radicaux résultant de la décomposition du produit par les divers rayonnements. Il pourrait y avoir aussi une combinaison des atomes actifs avec les radicaux provenant de la décomposition du $C_6H_6$, donnant lieu à des synthèses de nouvelles molécules [9], [10], [11]. La décomposition du produit, qui se manifeste en outre par une coloration de la solution, due sans doute à du chlore inactif libéré, rendrait peu efficace l'extraction du $^{36}Cl$ pour des longues irradiations dans la pile du $CCl_4$ et $C_2Cl_6$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des échanges d'halogènes entre chlorures et bromures d'éléments de la quatrième colonne de la classification périodique*. Note de M^lle **Marie-Louise Delwaulle**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai montré avec F. François que le simple mélange des tétrachlorure et tétrabromure de Ti, Ge, Sn conduisait par des réactions équilibrées à la formation des trois chlorobromures correspondants [1]. J'ai également mis en

(8) *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 109 A.
(9) E. Glückauf et J. W. J. Fay, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 390-393.
(10) A. F. Reid, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 530-531 L.
(11) P. Süe et A. Nouaille, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 954-957.

(1) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 64; 220, 1945, p. 173; 227, 1948, p. 1229; 230, 1950, p. 1945.

évidence que le simple mélange du germanochloroforme et du germanobromoforme donnait les deux germanochlorobromoformes ([1]). La méthode utilisée a été dans tous ces cas la spectrographie Raman. J'ai, depuis, constaté que l'équilibre s'établissait instantanément dans le cas de l'étain et des dérivés trihalogénés du germanium tandis qu'il était long à obtenir (tout au moins à 20°) dans le cas du germanium. Pour le titane, les poses doivent être longues à cause de la couleur jaune des chlorobromures; on ne peut donc savoir si l'équilibre est instantané.

Il est possible de suivre en fonction du temps les échanges d'halogènes entre $GeCl_4$ et $GeBr_4$. Il suffit de prendre des spectres Raman successifs d'un même mélange et de les comparer entre eux. Je me suis bornée jusqu'ici à l'étude qualitative du phénomène.

Une élévation de température augmente la vitesse d'échange des halogènes mais ne semble pas modifier l'équilibre final (tout au moins entre 20° et 60°).

La réaction est probablement catalysée par des traces de gaz HCl ou HBr dissous : si, après le mélange des deux halogénures (réalisé dans un tube vide de gaz), on fait à nouveau le vide pour éliminer toute trace des gaz HCl ou HBr, la réaction évolue beaucoup plus lentement. Le temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre peut passer d'une dizaine d'heures à quelques jours.

On simplifie le phénomène en utilisant un gros excès de l'un des halogénures, $GeBr_4$ par exemple; dans ces conditions lorsque l'équilibre sera établi on n'observera à côté de $GeBr_4$ que $GeBr_3Cl$ et très peu de $GeBr_2Cl_2$. Si l'on examine les spectres successifs obtenus, on n'observe d'abord que les spectres de $GeBr_4$ et $GeCl_4$, puis $GeBr_3Cl$ apparaît ainsi que $GeBr_2Cl_2$ et $GeBrCl_3$. On voit ensuite augmenter $GeBr_3Cl$ par rapport aux autres chlorobromures. Finalement $GeCl_4$ et $GeBrCl_3$ disparaissent complètement. On assiste donc à la substitution progressive des halogènes de $GeCl_4$ par le brome. $GeCl_2Br_2$ et $GeCl_3Br$ sont des intermédiaires pour arriver à $GeClBr_3$.

J'ai ensuite essayé des échanges d'halogènes entre dérivés tri et tétrahalogénés du germanium.

Le simple mélange de $GeBr_4$ et $GeHCl_3$ ou de $GeCl_4$ et $GeHBr_3$ donne lieu à des échanges d'halogènes qui conduisent finalement à toute la gamme des chlorobromures et des germanochlorobromures. Un problème aussi compliqué est résoluble parfaitement par la spectrographie Raman : il suffit, connaissant les spectres de toutes les molécules susceptibles de se former, de chercher dans le spectre du mélange les raies les plus caractéristiques de chacune d'elles.

J'ai enfin essayé des échanges d'halogènes entre halogénures d'éléments différents :

$$SnBr_4 + GeCl_4 \rightleftharpoons SnBr_3Cl + GeCl_3Br.$$

L'échange d'halogènes est faible. On met cependant en évidence sur le spectre du mélange les trois raies les plus caractéristiques du spectre de

$SnBr_3Cl$ [105, 120, 235 ($\rho = 0{,}05$) $cm^{-1}$] ainsi que les raies [160, 309 ($\rho = 0{,}05$), 417 $cm^{-1}$] de $GeCl_3Br$.

Par contre $GeBr_4$ et $SnCl_4$ ne donnent aucun échange même à 60°,

$$SnBr_4 + TiCl_4 \rightleftharpoons SnBr_3Cl + TiCl_3Br$$

mais $SnBr_4$ ne donne aucun échange avec $SiCl_4$.

Parmi les dérivés trihalogénés :

$$CHCl_3 + GeHBr_3 \rightleftharpoons CHCl_2Br + GeHBr_2Cl$$

$$CHBr_3 + GeHCl_3 \rightleftharpoons CHClBr_2 + GeHBrCl_2.$$

Les halogènes des dérivés trihalogénés sont plus mobiles que ceux des dérivés tétrahalogénés. La mobilité croît quand on passe du germanium à l'étain.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des composés organiques fluorés.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

1. Dans une précédente Note nous avons signalé que les atomes d'hydrogène terminaux d'un carbure normal $C_nH_{2n+2}$, bien qu'occupant un volume voisin de celui de l'atome-gramme d'hydrogène libre, à l'état liquide, avaient un coefficient de dilatation voisin de celui des gaz parfaits.

L'étude des composés normaux $C_nH_{2n+1}F$ conduit à des conclusions analogues.

A la température ordinaire, l'atome de fluor, dans la molécule organique liquide, se trouve à une température supérieure à sa température critique. Son coefficient de dilation doit donc être voisin de celui des gaz. Autrement dit, le coefficient de dilatation calculé à partir de la somme des volumes atomiques de H et F doit être sensiblement égal à celui qui a été trouvé pour H.

La somme des volumes d'encombrement de l'atome d'hydrogène terminal et de l'atome de fluor est

$$\varphi = 15{,}5 + 15{,}3 = 30^{cm^3}{,}8.$$

Posons, en rappelant que $V_0$ est le volume molaire du composé organique étudié à 0°, K le coefficient de dilatation de la molécule $[H—(CH_2)_n—F]$; $k_{CH_2}$ celui du groupe $CH_2$ et $k$ celui de l'ensemble hydrogène-fluor,

$$V_0 K = n k_{CH_2} + \varphi k.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, on obtient bien pour $k$ (tableau I) des nombres compris entre 0,0030 et 0,0035.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

TABLEAU I.

| Corps. | $t$. | $\rho$. | K. | $k$. |
|---|---|---|---|---|
| $C_4H_9F$ | 0 | 0,8005 | 0,00154 | $0,003_1$ |
| | 20 | 0,7761 | | |
| $C_6H_{13}F$ | 0 | 0,8200 | 0,00118 | $0,003_1$ |
| | 20 | 0,8002 | | |
| $C_7H_{15}F$ | 0 | 0,8251 | 0,00122 | $0,003_4$ |
| | 21,5 | 0,8039 | | |

2. Lorsque l'halogène est liquide à la température ordinaire, on peut, en donnant au coefficient de dilatation de l'hydrogène terminal la valeur moyenne tirée du tableau de la Note précédente (0,0033), calculer le coefficient de dilatation de l'halogène à partir de la relation d'additivité,

$$V_0 K = n k_{CH_2} + v_H k_H + v_{Br} k_{Br}.$$

Comme le montre le tableau II, on obtient, pour coefficient de dilatation moyen de Br entre 0 et 25°C, des valeurs comprises entre 0,00105 et 0,00110, alors que le coefficient de dilatation vrai du brome à 20°C est $k = 0,00111$.

TABLEAU II.

| Corps. | $t$. | $\rho$. | $V_0$. | K. | $k_{Br}$. |
|---|---|---|---|---|---|
| $C_5H_{11}Br$ | 0 | 1,24313 | $121,4_7$ | $0,0010_3$ | $0,0011_6$ |
| | 25 | 1,21135 | $124,6_5$ | | |
| $C_6H_{13}Br$ | 0 | 1,19807 | $137,7_2$ | $0,0009_9$ | $0,0011_0$ |
| | 25 | 1,16899 | $141,1_5$ | | |
| $C_7H_{15}Br$ | 0 | 1,16134 | $154,1_3$ | $0,0009_4$ | $0,0010_5$ |
| | 25 | 1,13448 | $157,7_8$ | | |
| $C_8H_{17}Br$ | 0 | 1,13312 | $170,3_2$ | $0,00090_5$ | $0,0010_5$ |
| | 25 | 1,10790 | $174,2_0$ | | |

Si l'on applique le même raisonnement aux iodures alcooliques $C_nH_{2n+1}I$, on trouve pour coefficient de dilatation de l'iode, au sein de la molécule, des valeurs comprises entre 0,0005 et 0,0007, alors que le coefficient de dilatation moyen de l'iode libre à l'état solide est, d'après Sapper et Biltz, 0,0002 entre — 85 et + 20°C.

Différentes raisons peuvent expliquer cet écart :

1° L'incertitude sur les dernières décimales des coefficients de dilatation de $CH_2$ et de H ne permet pas d'affirmer l'exactitude de la 4e décimale qui représente le premier chiffre du coefficient de dilatation de l'iode à l'état solide.

2° On ignore à quel état peut être assimilé l'état physique de l'iode dans la molécule organique (liquide ou solide).

3° Dans la détermination des densités des métalloïdes à l'état solide, à différentes températures, il semble y avoir un certain désaccord entre les diffé-

rents expérimentateurs, car on observe, sur les coefficients de dilatation de certains éléments (P, S) des écarts qui varient du simple au triple.

Dans une Note ultérieure nous montrerons que la variation de volume des nitriles, des alcools, etc., pour une variation de température $\Delta t$, peut être calculée avec précision si, à la température ordinaire, on considère les nitriles normaux, par exemple, non comme le résultat de la substitution du groupe $-C\equiv N$ à l'hydrogène terminal d'un carbure normal $C_nH_{2n+2}$, mais comme résultant de l'addition pure et simple de $n$ groupes $(CH_2)$ et d'une molécule-gramme d'acide cyanhydrique liquide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un effet mécanique superficiel en électrolyse par étincelle.* Note de M. **Pierre Barret**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La pulvérisation de la cathode liquide en électrolyse par étincelle (1) obéit à des lois que nous nous efforçons d'établir (2) afin de préciser l'origine et le mécanisme du phénomène.

De même que l'on définit la vitesse de la pulvérisation cathodique (3) par la masse de matière projetée par unité de temps, de même, nous appellerons dans le cas du phénomène étudié ici, vitesse de pulvérisation

$$u=\frac{dm}{dt}=\rho\frac{dV}{dt}$$

(où $\rho$ est la masse spécifique et V le volume du liquide pulvérisé) la masse de liquide dispersée par unité de temps dans la phase gazeuse.

L'expression électrolyse par étincelle indirecte ou hétérogène signifie que l'on opère par l'intermédiaire d'une électrode en matière poreuse dans laquelle la solution est absorbée par capillarité (4). Si l'étincelle frappe directement la surface libre du liquide, l'électrolyse sera dite normale ou homogène.

Afin de séparer les variables électriques des variables mécaniques et physico-chimiques dont le phénomène dépend, un premier groupe d'expériences porte sur des solutions de différents électrolytes à des concentrations telles que leur conductivité ait la même valeur. La conductivité de référence est celle d'une solution normale de ClK à 18°6 : $\sigma_{18^\circ}=982.10^{-4}$ mhos. L'objet de cette Note est d'énoncer une loi qui paraît commune à toutes les solutions étudiées,

Quelle que soit la tension utilisée et l'intensité du courant, continu ou alternatif, la masse de liquide pulvérisé, à la pression atmosphérique, en électrolyse par étincelle hétérogène, est proportionnelle à la quantité d'électricité négative qui traverse l'étincelle dans le sens solution-électrode extérieure.

---

(1) P. Jolibois, *Comptes rendus*, 202, I, 1936, p. 400.
(2) Note C. R. S. I. M., n° 185, Marseille, 1948.
(3) M. Laporte, *Décharge dans les gaz*, Paris, p. 167.
(4) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1212.

En électrolyse par étincelle normale, cette loi n'est qu'une limite vers laquelle tend le phénomène pour des intensités supérieures à 30 mA.

Voici, en particulier, les résultats de mesures portant sur une solution 1,618 N de ClNa; conductivité spécifique $\sigma_{18^\circ} = 982.10^{-4}$ mhos, masse spécifique : $\rho = 1,061$ g/cm³, viscosité $\eta = 0,0132$ dynes/cm², tension superficielle : $A = 74,5$ dynes/cm, en électrolyse par étincelle hétérogène à 18°C sur verre fritté n° 3 Pyrex.

Un appareil à circulation continue de même principe que celui dont se sert P. Jolibois pour l'étude du spectre de l'étincelle ([5]) est placé dans un thermostat. On verse dans cet appareil 50 cm³ de la solution à expérimenter. Le volume du liquide pulvérisé est compensé par l'écoulement d'une burette. On mesure les quantités d'électricité à l'aide d'un voltamètre à eau acidulée. Le milliampèremètre continu est un appareil à cadre mobile. Le courant haute tension, fourni par un transformateur 600 p/sec, est redressé au moyen d'un kénotron. Aux bornes du circuit d'utilisation se trouve un condensateur de 1 μF.

| | Intensité (mA). | Durée (t/min). | $q$ élec. (coulombs). | Volume pulv. ΔV (cm³). | $\rho \frac{\Delta V}{\Delta t}$. | $K = \rho \frac{\Delta V}{q}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tension max. 10000 V; θ, 18°C; Intervalle des électrodes, 2mm | 10 | 10 | 6,03 | 4,3 | 0,455 | 0,76 |
| | 20 | 5 | 6 | 4 | 0,85 | 0,71 |
| | 30 | 5 | 8,95 | 6,1 | 1,29 | 0,72 |
| | 40 | 5 | 12 | 7,9 | 1,68 | 0,70 |
| | 50 | 5 | 15 | 9,8 | 2,08 | 0,70 |
| Tension max. 10000 V; Intervalle des électrodes, 4mm | 10 | 10 | 5,95 | 3,9 | 0,415 | 0,70 |
| | 20 | 5 | 6,01 | 4,1 | 0,87 | 0,725 |
| | 30 | 5 | 9 | 5,9 | 1,25 | 9,70 |
| | 40 | 5 | 12,1 | 8 | 1,7 | 0,71 |
| | 50 | 5 | 15 | 10,1 | 2,15 | 0,715 |
| | 60 | 5 | 17,9 | 12 | 2,56 | 0,712 |

Tension max., 7500 volts; dist. électr. 3mm. Moyenne, 0,72.
» 5000 » » 2mm,5 » 0,705.
Courant variable au hasard au cours du temps. » 0,725.

En courant alternatif 600 p/sec, on branche aux bornes d'une résistance de 1 Ω, en série sur le circuit, une dérivation comprenant un redresseur et un galvanomètre étalonné en courant continu. La constante K par rapport à la quantité d'électricité négative traversant l'étincelle dans le sens solution-électrode a une valeur moyenne de 0,73.

Ces expériences permettent d'exprimer en courant continu, la vitesse de pulvérisation par une relation linéaire en fonction de l'intensité $u = \rho(dV/dt) = Ki$ ou $dV = K\,dq$, équation qui, intégrée, donne $(V - V_0) = Kq$.

Cette relation peut se généraliser à tout courant continu ou alternatif en

([5]) P. Jolibois et R. Bossuet, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1189.

représentant par $\bar{q}$ la quantité d'électricité négative traversant l'étincelle dans le sens solution-électrode extérieure.

Pour un électrolyte donné, K est fonction de la concentration $c$ de l'électrolyte dans la solution et de la température (coefficient de température entre 0 et 50°C pour ClNa 1,618 N : en moyenne 0,012 par degré).

L'expression générale de la loi énoncée peut donc s'écrire

$$K(c, t) = \rho \frac{\Delta V}{\bar{q}}.$$

C'est donc de l'établissement du réseau de courbes K pour les différents électrolytes que nous espérons faire apparaître l'explication du phénomène dont on peut dès lors pressentir une origine électrique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Études polarographiques sur les aldéhydes*. II. *Les éthanals chlorés et bromés*. Note (*) de M. **Paul Federlin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une précédente Note (¹) nous avons exposé les résultats d'une étude détaillée sur la réduction polarographique du bromoéthanal. Nous avons effectué un travail analogue sur les éthanals dibromé et tribromé, sur les trois chloro-éthanals et sur les acétals éthyliques correspondants.

1. *L'onde d'aldéhyde* s'observe en milieu non tamponné pour les trois aldéhydes bromés aux mêmes valeurs du potentiel $E_{1/2}$, mais l'intensité du courant $i_L$ diminue quand le nombre d'halogènes augmente. L'aldéhyde monochloré donne une onde analogue, $i_L$ étant encore plus faible. Les aldéhydes di- et trichlorés ne donnent plus rien. Il faut en conclure que la stabilité de l'hydrate d'aldéhyde augmente régulièrement dans cet ordre.

En présence de tampons alcalins, ces corps sont peu stables. L'onde est encore perceptible avec le dibromoéthanal. Son potentiel augmente légèrement avec le pH. Le bromal ne présente plus d'onde en milieu basique. Le monochloroéthanal subit une hydrolyse tout à fait comparable à celle de son analogue bromé, mais avec une vitesse environ cinq fois moindre.

2. *L'onde d'halogène* des dérivés polybromés ne correspond pas du tout à celle du monobromé. Son potentiel qui croît avec le pH, se place à des valeurs beaucoup plus négatives (1200 mV au lieu de 400). Le coefficient de température de $i_L$ et l'effet de hauteur du mercure indiquent une onde de diffusion. La réductibilité n'est donc plus subordonnée à la fonction aldéhyde libre, mais concerne l'hydrate.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(¹) A. Kirrmann et P. Federlin, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1066.

L'application de la formule d'Ilkovič donne comme résultat $n = 2$ électrons; la réduction se fait suivant le schéma $RBr + 2e^- + H^+ = RH + Br^-$.

Dans l'éthanal chloré, l'halogène est moins réductible que le brome du bromoéthanal ($E_{1/2} = 1100$ mV environ). Cependant l'onde reste d'allure cinétique, la réduction suppose l'aldéhyde libre.

Dans l'éthanal dichloré, l'onde du chlore disparaît, comme celle de l'aldéhyde. Le chloral donne une onde d'halogène dans les mêmes conditions que les éthanals polybromés, elle est due à la réductibilité du chlore de l'hydrate de chloral.

3. *Les acétals* présentent des ondes analogues à celles des hydrates. Le potentiel de l'onde de l'acétal monobromé est très négatif. La réduction devient plus facile pour les dérivés di- et tribromés (1200 mV environ au lieu de 1900). Parmi les dérivés chlorés, seul le trichloracétal est réductible, le potentiel est légèrement moins négatif que celui de l'hydrate correspondant.

4. Nous avons fait quelques observations sur *l'influence du milieu*. Nous avons employé comme cation d'électrolyte de fond le lithium et le tétraméthylammonium. Ce dernier provoque un abaissement de $E_{1/2}$ toujours voisin de 200 mV pour les ondes d'halogène. L'emploi de dioxane à 50 % a été nécessaire pour les acétals. Des essais avec l'hydrate de choral dans ce solvant et dans l'eau ont montré que le dioxane faisait monter $E_{1/2}$ de quelques dizaines de mV et diminuait $i_L$ d'environ 1/3. Ce dernier effet est dû à l'augmentation de la viscosité lorsqu'on passe de l'eau aux mélanges eau-dioxane.

*Valeur de $E_{1/2}$ à 25° par rapport à l'électrode au calomel saturé.*

| | | Onde d'aldéhyde. | | | Onde d'halogène. | | | Onde d'acétal. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Milieu. | mono. | di. | tri. | mono. | di. | tri. | mono. | di. | tri. |
| Chloré | non tamponné... | 1830 | – | – | 1130 | – | 1625 | – | – | 1300 |
| | pH voisin de 5.. | – | – | – | 1000 | – | – | – | – | – |
| | pH voisin de 10.. | 1800 | – | – | 1170 | – | 1600 | – | – | 1320 |
| Bromé | non tamponné... | 1850 | 1855 | 1850 | 485 | 1210 | 1260 | – | 1250 | 1260 |
| | pH voisin de 5.. | – | – | – | 360 | 1020 | 1110 | – | – | – |
| | pH voisin de 10.. | 1820 | 1840 | – | – | 1180 | 1400 | 1950 | 1260 | 1250 |

CHIMIE MINÉRALE. — *Réaction du mélange de Brodie avec les carbones graphitisables et non graphitisables.* Note de M. **Jacques Maire**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les études de structure aux rayons X ont montré qu'il y a deux groupes de carbones très différents, les carbones graphitisables et les carbones non graphitisables, et que les différences de structure qui existent entre ces deux groupes apparaissent déjà dans les carbones préparés à 1000° C, dans lesquels la

structure ordonnée est dans tous les cas très peu développée ([1]). Nous avons cherché à distinguer ces deux groupes de carbones par leurs propriétés chimiques. Dans ce but nous avons étudié la réaction de Brodie (formation de l'acide graphitique).

Les travaux antérieurs semblaient suggérer que la transformation d'un carbone en acide graphitique se fait d'autant plus facilement que la structure du carbone se rapproche plus de celle du graphite ([2]). Nous avons trouvé que la possibilité de faire cette transformation dépend d'une manière beaucoup plus sensible de l'aptitude d'un carbone à la graphitisation que de son état de graphitisation.

La transformation du graphite en acide graphitique se fait sans perte sensible de carbone, et avec un gain de poids de l'ordre de 50 %. On peut donc utiliser le gain de poids comme mesure du taux de réaction.

Pour la préparation de l'acide graphitique nous avons étudié le mélange de Brodie, $HNO_3 + KClO_3$ à 60°, en opérant toujours dans un flacon laveur à plaque de verre fritté à travers laquelle passait un courant d'air sec, de façon à avoir une réaction homogène. Dans ces conditions la transformation du graphite artificiel Acheson était effectuée aux trois quarts en cinq minutes, et au bout d'une heure, le diagramme de rayons X montrait qu'il ne restait plus de graphite.

Pour l'étude des carbones non graphitiques nous avons utilisé $30^{cm^3}$ de $HNO_3$ et un poids de chlorate égal à 10 fois le poids du carbone; la durée de la réaction était d'une heure, et la grosseur de grain des carbones était toujours comprise entre les tamis 200 et 250.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau. Les carbones non graphitisables n'augmentent pas sensiblement de poids, et leurs diagrammes de rayons X ne sont pas modifiés après essai à cette réaction. Pour les carbones graphitisables, par contre, le gain de poids est de 20 à 40 % et les diagrammes de rayons X des produits obtenus montrent qu'il y a transformation partielle ou presque complète en acide graphitique.

Dans les carbones préparés à 1000° et au-dessus, les surfaces internes ne sont pas accessibles aux réactifs, même quand elles sont grandes ([3]). Ces carbones tamisés ont donc tous des surfaces accessibles à peu près égales. Nous avons fait réagir également un résidu de pyrolyse du chlorure de polyvinylidène chauffé à 500° seulement (pendant 24 heures). Dans ce carbone non graphitisable, la très grande surface interne est accessible aux réactifs, mais même dans ce cas il n'y avait pas trace de transformation en acide graphitique.

---

([1]) R. E. Franklin, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 00.

([2]) Berthelot, *Ann. Phys. Chim.*, (4), **19**, 1870, p. 392; Ruess, *Monatshefte für Chemie*, **76**, 1946-1947, p. 381.

([3]) R. E. Franklin, *Trans. Far. Soc.*, **45**, 1949, p. 668.

TABLEAU.

*Carbones graphitisables.*

| | Prise d'essai (g). | Gain de poids (%). |
|---|---|---|
| Coke de brai | 0,9905 | 31,7 |
| » de pétrole | 0,9852 | 18,2 |
| Résidu de pyrolyse du chlorure de polivinyle | 0,5007 | 40,82 |
| Houilles anglaises chauffées à 1000° 89,4 % carbone | 0,3556 | 20,5 |

*Carbones non graphitisables.*

| | | |
|---|---|---|
| Résidu de pyrolyse du chlorure de polyvinylidène, S | 1,0281 | 3 |
| S chauffé à 500° pendant 24 heures | 0,0748 | 1 |
| Charbon de sucre chauffé à 1400° | 1,0244 | 1,1 |
| » » » 2000° | 0,0949 | 3,0 |
| Houilles anglaises chauffées à 1000°, 82,4 % carbone | 1,0157 | 2,8 |
| » » » 1000°, 84,1 % » | 0,4388 | 0,5 |

Pour qu'il se forme de l'acide graphitique, il faut que l'écartement des couches de structure graphitique [qui existent dans tous les carbones ([1])] augmente de 3,4-3,7 Å jusqu'à 6 Å. Dans les carbones non graphitisables les petits paquets de couches parallèles sont fortement liés les uns aux autres par des liaisons latérales ([1]). Il semble que ces mêmes liaisons empêchent non seulement le réarrangement des couches qui devrait précéder la graphitisation, mais aussi l'écartement des couches pour former de l'acide graphitique. Dans les carbones graphitisables les couches ont une plus grande mobilité, qui leur permet à la fois de former à haute température des carbones graphitiques, et de réagir avec le mélange de Brodie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude dilatométrique du néodyme métallique.* Note (*) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foex**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons établi antérieurement ([1]), ([2]), ([3]), ([4]) l'existence et les conditions de formation de plusieurs états du cérium. En particulier, ce métal porté à basse température présente une très forte diminution de volume (plus de 10 %). La transformation (— 164° C à température descendante et — 98° C à température ascendante) ne peut être attribuée à un changement de forme cristalline du cérium car ce dernier possède déjà avant contraction une structure compacte (cubique face centrée).

(*) Séance du 18 décembre 1950.

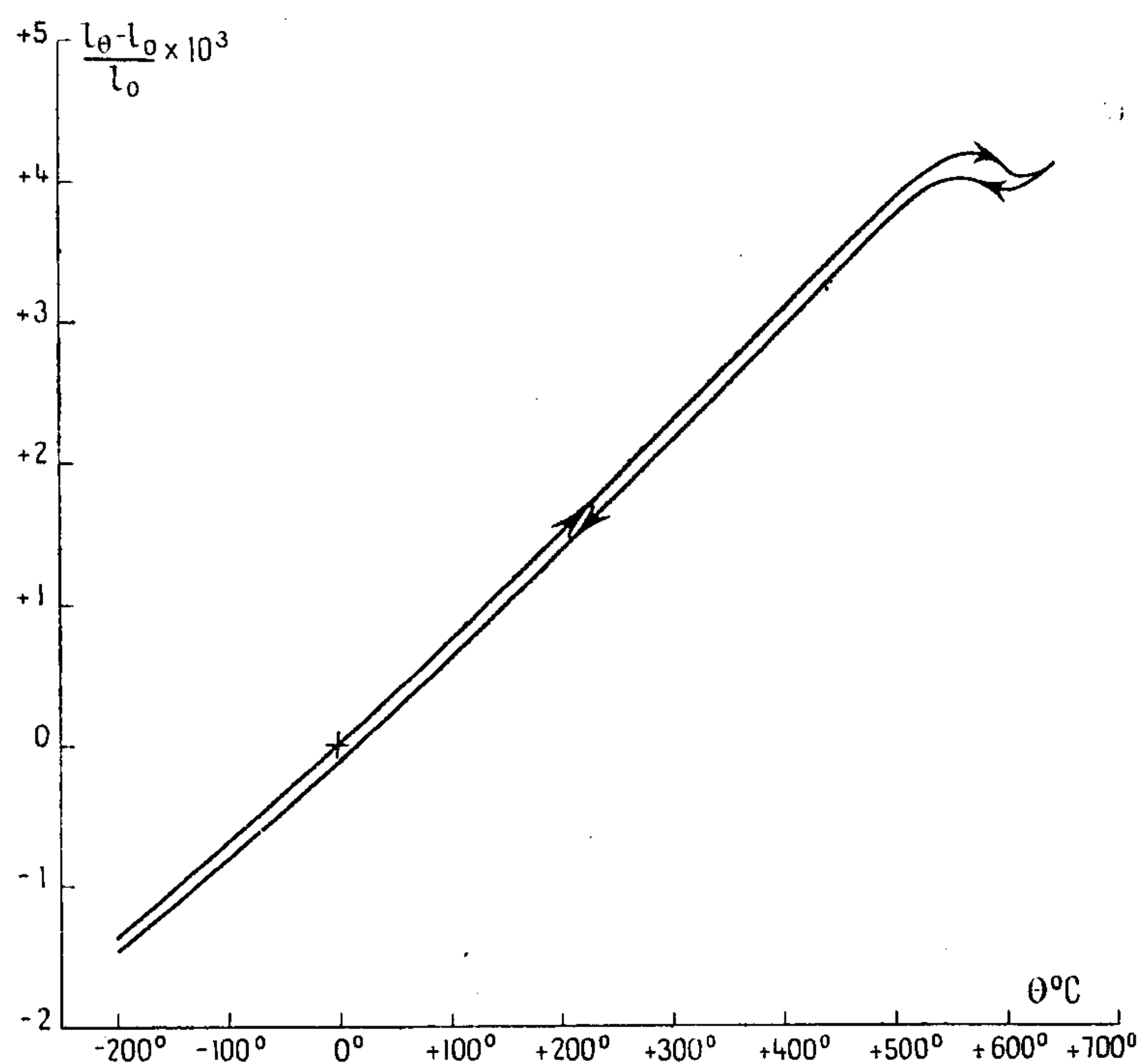
([1]) F. Trombe, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1591.

([2]) F. Trombe et M. Foex, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 501.

([3]) F. Trombe et M. Foex, *Annales de Chimie*, 2e série, **19**, 1944, p. 417.

([4]) F. Trombe et M. Foex, *Revue de Métallurgie*, **64**, 1947, p. 349.

Schuch et Studivant ([5]) ont trouvé en effet par une étude aux rayons X du cérium porté à basse température, une forme dense (contraction 16,5 %) coexistant avec la forme normale. La transformation complète en forme dense a été obtenue, à la température ordinaire, sous 15 000$^{kg}$ de pression par Lawson et Tang ([6]). Dans les deux cas il ne s'agit pas d'un changement de structure, mais d'une variation de dimension de la maille due à une véritable transformation électronique : passage d'un électron $4f$ sur une orbite de valence. Nos observations ([3]) (diminution de la susceptibilité magnétique et forte augmentation de la conductibilité électrique) sont en accord avec cette hypothèse.




Le lanthane dont nous avons effectué précédemment l'étude dilatométrique ([2]) ne donne pas de tels phénomènes.

Pour le néodyme qui, à l'état d'ion, ne possède que la seule trivalence, il doit en être de même. C'est ce que nous avons voulu vérifier dans le présent travail en prolongeant vers les basses températures les recherches déjà effectuées audessus de la température ordinaire par Jaeger, Bottema et Rosenbohm ([7]). Le néodyme métallique contenant quelques millièmes d'impuretés constituées

---

([5]) *J. Chem. Phys. U. S. A.*, 18, 1950, p. 145.

([6]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 301.

([7]) *Rec. Trav. Chim. des Pays-Bas*, 57, 1938, p. 1137.

surtout par du silicium, a été étudié par voie dilatométrique à l'aide d'un microdilatomètre Chevenard depuis le point d'ébullition de l'azote (— 195°C) jusqu'à 650°C. Les essais de basse température sont faits dans l'hydrogène, ceux de haute température dans de l'argon pur.

Les variations de longueur observées au chauffage et au refroidissement (*figure*) ne font pas apparaître de transformation notable à basse température et ne soulignent pas en particulier le coude observé dans l'étude thermomagnétique ([6]).

A haute température, on remarque seulement une légère anomalie de dilatation comportant une contraction à température ascendante; au refroidissement, le phénomène inverse est légèrement décalé. Il semble que cette anomalie corresponde à la transformation hexagonale ⇌ cubique du néodyme mentionnée déjà par Jaeger, Bottema et Rosenbohm ([7]) vers 500°C.

Le coefficient de dilatation croît lentement et à peu près régulièrement de — 195°C à + 500°C; on note les valeurs suivantes $6{,}6.10^{-6}$ (entre — 195°C et 0°C), $7{,}4.10^{-6}$ (entre 0°C et + 200°C) et $7{,}8.10^{-6}$ (entre 200°C et + 400°C). Le néodyme présente donc, comme le cérium et le lanthane, un coefficient de dilatation anormalement faible pour un métal fondant à une température relativement basse (point de fusion 840°C).

En conclusion, dans le domaine de température étudié (— 195°C à + 650°C) le néodyme ne présente pas de transformation accompagnée d'un changement de volume important, semblable à celle observée précédemment pour le cérium métallique. Il est à remarquer d'ailleurs que l'addition d'une certaine proportion d'autres métaux des terres rares et en particulier de néodyme, au cérium provoque sous la pression normale la disparition des phénomènes que donne ce métal à l'état pur.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arséniates mercureux et mercuriques*. Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **Robert Boulitrop**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude du système $As_2O_5$ — $OHg_2$ — $OH_2$ à 60° a permis de caractériser deux sels : l'orthoarséniate trimercureux $AsO_4Hg_3$ et le métaarséniate mercureux $AsO_3Hg$ qui sont décomposés dans le vide dès 300° en arséniates mercuriques correspondants et mercure.

1. *Étude du système* $As_2O_5$—$OHg_2$—$OH_2$. — Nous avons entrepris sur les arséniates mercureux une étude comparable à celle effectuée précédemment sur les arséniates mercuriques ([1]).

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) H. Guérin et R. Boulitrop, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 447-448.

Ces deux séries de recherches, conduites dans les mêmes conditions de température (60°), présentent tant par les difficultés rencontrées que par les résultats obtenus une grande analogie.

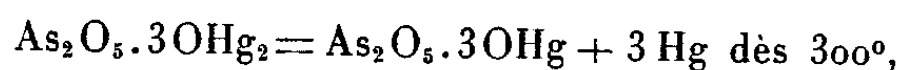
L'insolubilité des arséniates mercureux dans l'acide arsénique, explique dans une large part, la lenteur avec laquelle les équilibres sont atteints. Étant donné l'instabilité de l'oxyde mercureux, les divers mélanges nécessaires à l'étude du système par la méthode des restes ont été réalisés à partir d'arséniate trimercureux ou d'arséniate monomercureux d'une part, d'acide arsénique ou d'eau d'autre part.

Comme dans le cas des arséniates mercuriques, seuls deux sels ont pu être caractérisés : l'orthoarséniate trimercureux et le métaarséniate mercureux; tout se passe comme si l'arséniate bibasique n'existait pas.

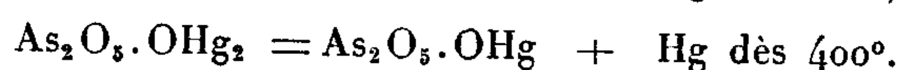
*L'orthoarséniate trimercureux* $As_2O_5.3OHg_2$ ou $AsO_4Hg_3$ est stable dans les solutions contenant de 0 à 25 % d'anhydride arsénique. Il se présente en petits cristaux bruns de densité 8,4, agissant sur la lumière polarisée. Pratiquement insoluble dans l'eau, il n'est pas hydrolysable. Il donne des complexes avec les solutions de sels alcalins et de ce fait il ne peut pas être préparé par double décomposition. On l'obtient, par contre, par action de l'acide arsénique concentré à 50 % sur une solution nitrique (2 %) de nitrate mercureux à 10 %. Tant que la quantité d'acide arsénique n'est pas suffisante, il précipite un sel jaune, répondant à la formule $As_2O_5.3OHg_2.NO_3Hg$ qui brunit lors de l'addition d'un excès d'acide en donnant le sel cherché; celui-ci peut être lavé à l'eau sans risque d'hydrolyse.

*Le métaarséniate mercureux* $As_2O_5.OHg_2$ ou $AsO_3Hg$, n'existe qu'au contact de solutions titrant plus de 25 % de $As_2O_5$. C'est un composé, microcristallin, blanc, actif sur la lumière polarisée, noircissant à la lumière. Il s'hydrolyse lentement avec formation du composé précédent. On peut le préparer par action de l'acide arsénique sur l'orthoarséniate trimercureux, et élimination de l'excés d'acide par lavage rapide à l'eau ou mieux par lavage à l'éther.

2. *Pyrolyse des arséniates mercureux.* — En accord avec nos connaissances sur les sels mercureux, ces arséniates fournissent par pyrolyse dans le vide les arséniates mercuriques correspondants avec libération de mercure.



$$As_2O_5.3OHg_2 = As_2O_5.3OHg + 3\,Hg \text{ dès } 300^\circ,$$

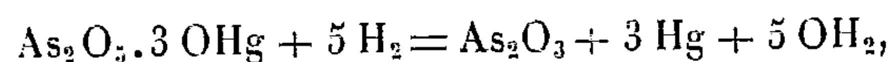


$$As_2O_5.OHg_2 = As_2O_5.OHg + Hg \text{ dès } 400^\circ.$$

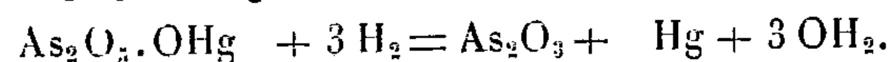
3. *Action de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone sur les arséniates mercuriques et mercureux.* — La transformation précédente est sans intérêt pratique car les arséniates mercuriques sont faciles à préparer à l'état pur par d'autres méthodes. Il était par contre intéressant de chercher à obtenir les arséniates mercureux par réduction des sels mercuriques.

Les essais tentés dans cette voie ne nous ont malheureusement pas conduits aux résultats espérés.

En effet à 230°, les deux arséniates mercuriques sont décomposés par l'hydrogène avec formation de mercure, d'anhydride arsénieux et d'eau :



$$As_2O_5.3\,OHg + 5\,H_2 = As_2O_3 + 3\,Hg + 5\,OH_2,$$



$$As_2O_5.OHg + 3\,H_2 = As_2O_3 + Hg + 3\,OH_2.$$

Entre 170° et 230°, la réduction de l'arséniate trimercurique se ferait par l'intermédiaire d'un composé dont la composition apparaît voisine de celle répondant à la formule $2\,As_2O_5.3\,OHg_2$ ; ce sel mercureux, décomposable dès cette température par l'hydrogène, serait stable dans le vide jusqu'à 250°.

L'oxyde de carbone transforme l'orthoarséniate trimercurique dès 300° en métaarséniate mercurique, décomposable lui-même dès 400°, en $As_2O_3$, Hg et $CO_2$.

Signalons enfin que la réduction des arséniates mercureux fournit des résultats analogues :

L'hydrogène décompose l'orthoarséniate trimercureux et le métaarséniate mercureux dès la température de 170° dans le premier cas et dès 230° dans le second. Il se forme de l'anhydride arsénieux, du mercure et de l'eau, l'action de ce gaz se limitant à favoriser cette pyrolyse en abaissant la température initiale de réaction.

*En résumé*, l'étude du système $As_2O_5$—$OHg_2$—$OH_2$ à 60° a permis de préciser le domaine d'existence de deux sels mercureux : l'orthoarséniate trimercureux $(AsO_4)_2Hg_3$ et le métaarséniate $AsO_3Hg$, qui sont décomposables par la chaleur en arséniates mercuriques et ne peuvent être obtenus par réduction des arséniates mercuriques, comme l'a montré l'étude de l'action de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone sur les divers arséniates de mercure.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude de l'influence de la microstructure et de la composition chimique sur la résistance au fluage des aciers au chrome-molybdène*. Note (*) de MM. **Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Albert Portevin.

L'étude comparée de trois aciers au Cr—Mo a montré que les différences de résistance au fluage entre les structures d'un même acier pouvaient être aussi et même plus importantes que celles observées entre deux aciers de compositions chimiques nettement différentes mais essayés dans un même état structural.

Dans deux Notes antérieures ([1]) et ([2]), les auteurs ont étudié l'influence de la microstructure d'un acier à basse teneur en carbone, acier C ($C = 0{,}12$;

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1025-1027.

([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 759-760.

Cr = 0,6; Mo = 0,6), sur la résistance au fluage. Les structures obtenues par différents traitements thermiques contenaient une quantité importante de ferrite; par la suite, les auteurs ont pensé qu'il était indispensable de vérifier la généralité des faits observés en étudiant des aciers à teneurs en carbone nettement plus élevées dont les structures seraient plus caractéristiques. Les aciers utilisés répondaient à la composition chimique ci-dessous :

| | C. | Cr. | Mo. |
|---|---|---|---|
| Acier A........... | 0,31 | 2 | 0,48 |
| Acier B........... | 0,53 | 0,43 | 0,44 |

Des essais de fluage d'une durée de 40 heures ont été opérés aux températures de 450, 500 et 575°, sous deux charges différentes à chaque température.

Les relations précédemment trouvées entre la résistance au fluage, la microstructure, la charge et la température d'essai ont été vérifiées. Dans tous les cas, on a observé un même classement des structures; celui-ci est le suivant :

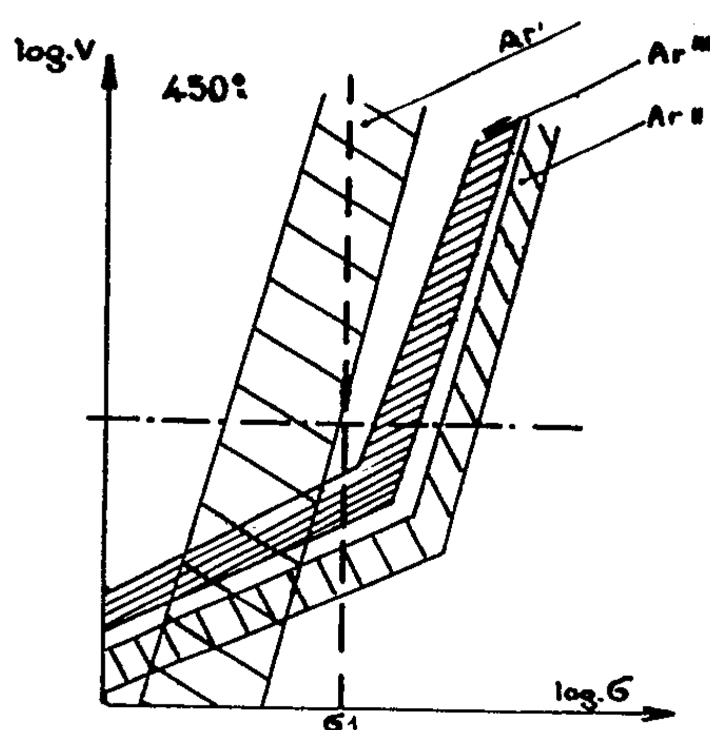



Fig. 1. — Basses températures.

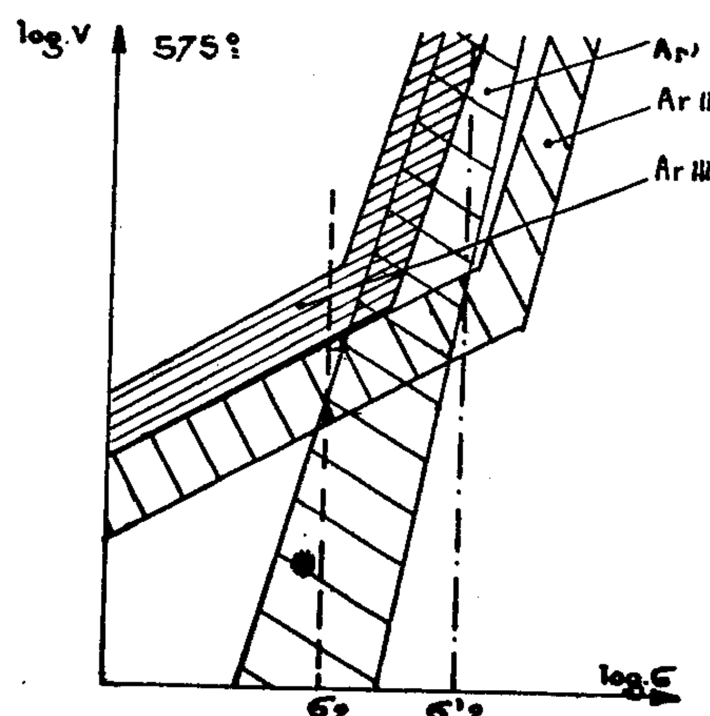



Fig. 2. — Hautes températures.

*A* 450° (en fonction des vitesses décroissantes de fluage) : ferrite-perlite, sorbite, bainite. Ce classement se retrouve en coupant par une droite correspondant à la charge $\sigma_1$ les courbes schématiques (2) de la figure 1, dans laquelle on a porté en abscisse le logarithme de la charge appliquée ($\sigma$) et le logarithme de la vitesse ($v$) en ordonnée.

*A* 575°, on a :

*Pour l'acier* A, le classement : sorbite, bainite, ferrite-perlite. Ce classement correspond sur la figure 2 à des charges voisines de $\sigma_2$.

*Pour l'acier* B, la structure sorbitique est également celle qui a la moindre résistance au fluage, tandis que les structures bainitiques et à ferrite-perlite donnent, dans les conditions d'essais, des résultats analogues. Ceci semble

montrer que les charges adoptées correspondent dans le cas de l'acier B et à 575°, à des charges proches de $\sigma'_2$.

La grande importance de la structure, c'est-à-dire du traitement thermique, a de nouveau été mise en évidence.

Les résultats du tableau numérique ci-dessous correspondant à une charge de 20 kg/mm² à la température de 450°, permettent en effet d'observer que :

| | Acier. | V. 25-35 en $10^{-4}$ % H. |
|---|---|---|
| Bainite | A | 0,9-1,5 |
| | C | 1,1 |
| Ferrite-Perlite | A | 7-15 |
| | C | 35 |

1° Les vitesses de fluage de l'acier A à l'état perlitique ou à l'état bainitique, sont dans un rapport égal à 15.

2° Dans les mêmes conditions, le rapport des vitesses de fluage de l'acier C est égal à 30.

3° Le rapport des vitesses de fluage des aciers A et C à l'état bainitique est voisin de 1, c'est-à-dire que ces aciers bainitiques de compositions chimiques très différentes donnent des résultats identiques.

4° Le rapport des vitesses de fluage des aciers A et C à l'état perlitique est environ égal à 3.

La comparaison des deux aciers de la présente étude avec l'acier de l'étude antérieure permet donc de montrer que, pour une charge et une température d'essai déterminées, les différences de résistance entre les diverses structures d'un même acier peuvent être aussi importantes, et même plus, que les différences de résistance entre des aciers de compositions chimiques différentes essayés dans le même état structural.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de l'amplitude et de la vitesse des déformations plastiques sur la ségrégation de l'hydrogène dans le fer et les aciers.* Note (*) de MM. Paul Bastien et Pierre Azou, présentée par M. Albert Portevin.

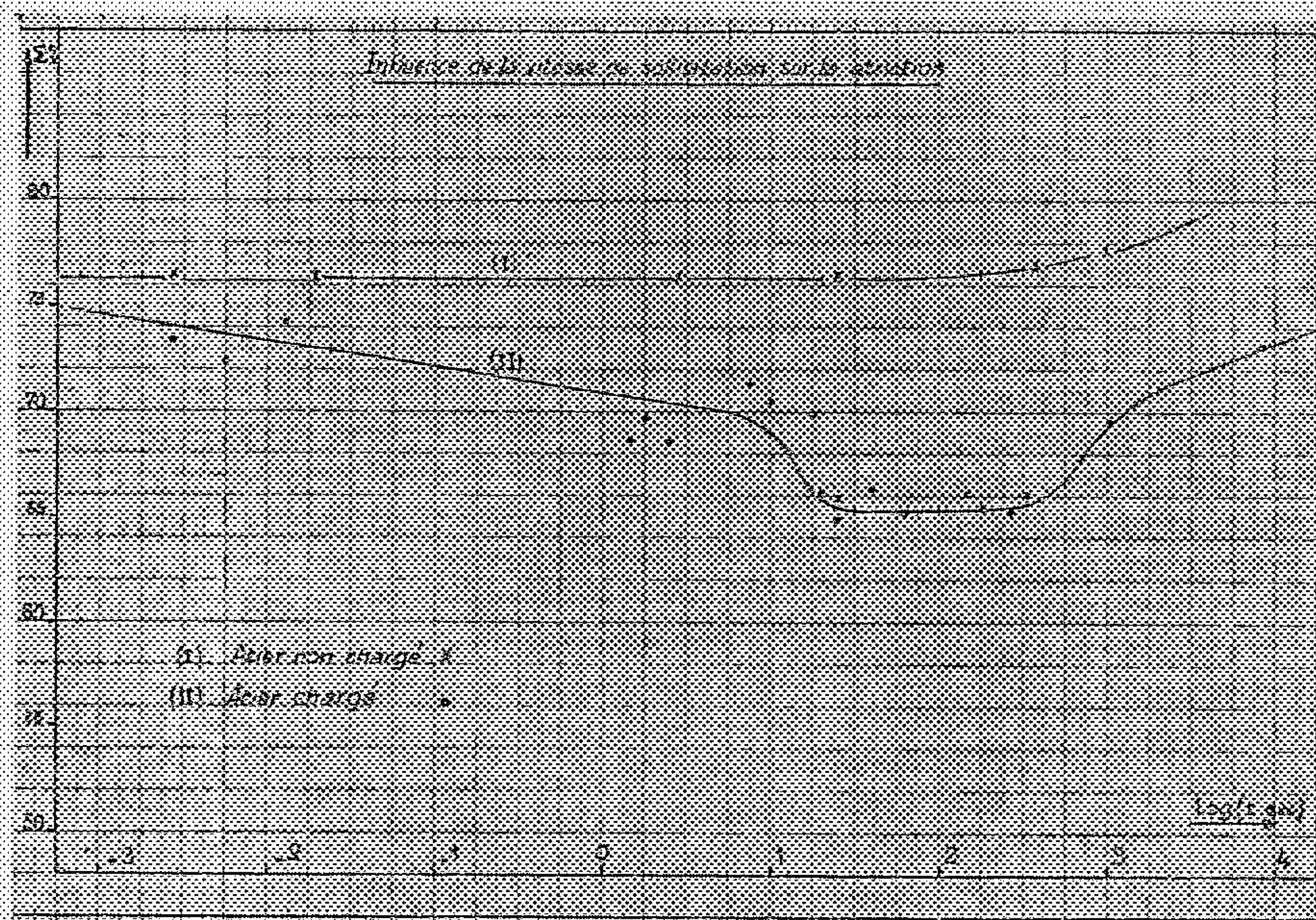
Dans de précédentes Notes [1] nous avons montré d'une part que la fragilité due à l'hydrogène introduit dans le fer et les aciers disparaissait en dessous de — 110° C et réapparaissait réversiblement par échauffement au-dessus de cette température, d'autre part que les influences de ce gaz sur le module d'élasticité et le frottement intérieur sont d'autant moins marquées que l'essai de caractérisation utilisé met en jeu des déformations élastiques plus faibles et

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1337-1339; **228**, 1949, p. 1651-1653; **229**, 1949, p. 549-551; **231**, 1950, p. 147-148.

paraissent devoir s'annuler d'autant plus complètement que l'ensemble des cristaux de ferrite travaille plus parfaitement dans le domaine élastique.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de la vitesse de traction sur la striction d'éprouvettes à têtes filetées préalablement chargées en hydrogène (par attaque de 48 heures dans une solution aqueuse HCl 10 % + 0,01 % $Na_2S$). Ces éprouvettes ont été tractionnées jusqu'à rupture avec des durées d'essai allant de 1/150 sec. à $2^h 20^m$. Les résultats (*fig.* 1) montrent qu'aux grandes vitesses, l'hydrogène n'a pas d'action sur la capacité de déformation du métal, que son effet est maximum pour des durées comprises entre 10 secondes et 30 minutes, puis s'atténue progressivement aux faibles vitesses de déformation.




En vue de confirmer ces résultats et de départager les résultats discordants trouvés par divers auteurs ([2]) ([3]) dans le domaine des essais par choc, nous avons procédé à des essais de résilience entre − 70 et + 18° C avec les principaux types d'éprouvettes actuels : nos essais conduisent à la conclusion que l'hydrogène introduit dans le fer ou les aciers par chargement à l'acide ou électrolytique ne modifie pas la résilience, résultat en accord avec ceux obtenus ci-dessus par traction et à forte vitesse.

Des expériences furent ensuite faites en chargeant en hydrogène des éprouvettes de traction par choc, en les écrouissant par traction statique à des taux variables et en les rompant par choc. Les résultats sont les suivants :

---

([2]) H. Fischer et H. Bermann, *Korrosion und Metallschutz*, nos 12, 16, 1940, p. 405-417.
([3]) G. Bianchi et R. Zoja, *Ric. Scientif.*, nos 1, 2, 18, 1948, p. 101, 102.

| Taux de l'écrouissage préalable (%). | Travail de rupture (kgm/cm²). Éprouvette non chargée. | Éprouvette chargée. | Chute % du travail de rupture. | Striction (%). Éprouvette non chargée. | Éprouvette chargée. | P % (*) de la striction. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0........... .. | 187 | 171 | 8,6 | 75,80 | 74,5 | 11,8 |
| 6,5.......... .... | 186,5 | 163 | 12,7 | 75,30 | 72,7 | 27,1 |
| 13............. | 184,5 | 142 | 23 | 76,00 | 73,4 | 25,3 |

(*) P, fragilité rapportée à la fragilité maxima exprimée en % (calculée à partir de la striction).

Ils soulignent qu'une déformation plastique préalable est nécessaire pour rendre perceptible l'influence de l'hydrogène sur les caractéristiques dynamiques du fer et de l'acier.

Cet ensemble d'expériences nous conduit à considérer que, dans le domaine des déformations élastiques, l'hydrogène, très probablement à l'état de protons ([1]) dans le réseau du fer, est sans action sur les caractéristiques du métal. Sous l'influence des déformations plastiques, l'hydrogène, probablement entraîné par les mouvements des dislocations, ségrège dans les défauts volumétriques existant dans le métal, où, lorsqu'il peut se recombiner en hydrogène moléculaire, il développe des contraintes triaxiales qui tendent à s'opposer aux déformations par glissements et font apparaître la *fragilité* due à ce gaz. Cette ségrégation met en jeu une phase de diffusion : celle-ci ne peut se produire aux basses températures, l'agitation thermique étant par trop diminuée, ni aux grandes vitesses de déformation, les temps étant trop courts pour des déplacements d'ensemble de l'hydrogène.

Cependant, si la vitesse de traction était suffisamment lente, il s'établirait une diffusion vers le réseau de l'hydrogène moléculaire ségrégé dans les défauts (l'évolution, sur les parois de ceux-ci, $H_2 \rightarrow H$, se faisant par adsorption), phénomène facilité par le déplacement des dislocations, le résultat final étant, aux très faibles vitesses de sollicitation, une disparition relative de la fragilité.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur le polissage et l'oxydation électrolytiques du titane et leurs applications à l'examen des structures micrographiques.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Une méthode de polissage électrolytique rapide du titane de pureté quelconque et de ses alliages permet d'observer les structures micrographiques réelles. La surface polie peut être attaquée par les réactifs acides habituels. En outre, l'oxydation anodique produit de minces pellicules d'oxyde dont les colorations dépendent des caractéristiques cristallographiques de leur support.

Les très intéressantes propriétés du titane justifient l'importance des recherches actuelles sur ce métal et ses alliages. L'étude des structures micro-

([1]) E. Darmois, *J. Phy. Rad.*, 11, 1950, p. 577-582.

graphiques est un guide précieux pour de telles recherches, mais les spécialistes s'accordent à reconnaître que la sensibilité du titane aux effets mécaniques de découpage, d'abrasion et de polissage, complique beaucoup la préparation des échantillons.

Ainsi qu'il a été noté en maintes circonstances, le polissage électrolytique supprime ces difficultés, et permet d'observer à coup sûr les structures correctes.

Une méthode de polissage électrolytique du titane a été récemment préconisée ([1]), mais elle exige des conditions assez strictes et ne s'applique pas à certains alliages.

En prenant comme électrolyte un milieu sensiblement anhydre (anhydride acétique $795^{cm^3}$; acide perchlorique de densité 1,59 : $185^{cm^3}$; eau $48^{cm^3}$) nous avons obtenu un excellent polissage sur des spécimens de titane pur et commercial, d'alliages titane-chrome-fer et titane-carbone, tous d'origine anglaise ou américaine. Les conditions d'électrolyse ne sont pas critiques. La densité de courant est de l'ordre de 20 à 30 $A/dm^2$ sous une tension variant entre 40 et 60 V. La position de l'échantillon par rapport à la cathode verticale en acier 18/8 peut être quelconque. Cependant, il est parfois préférable de disposer la face à polir horizontalement, à quelques millimètres au-dessous du niveau du liquide, et tournée vers le fond de la cellule.

Pendant l'électrolyse l'anode tend à s'échauffer, ce qui semble favoriser la dissolution d'une pellicule solide dont on facilite d'ailleurs le départ en déplaçant l'échantillon par un mouvement de va-et-vient assez rapide. Afin d'éviter un échauffement excessif, le polissage est effectué par périodes successives ne dépassant pas 45 à 60 secondes; chacune de ces périodes correspond à la dissolution de 10 à $12^{\mu}$.

L'observation de la surface polie montre déjà certaines particularités de la structure. Elles deviennent plus nettes, et d'autres peuvent apparaître, après attaque dans les réactifs habituels (solutions diluées des acides nitrique et fluorhydrique).

Nous avons étendu au titane la méthode d'oxydation anodique couramment utilisée pour la métallographie de l'aluminium. Grâce aux couleurs d'interférences en lumière normale ou d'extinction en lumière polarisée des minces pellicules orientées sur leur support, la méthode donne de remarquables résultats, tant pour la macrographie que pour la détection de minimes détails structuraux (*fig.* 1).

Parmi les divers bains utilisables, on citera l'acide perchlorique étendu de 20 fois son volume d'acide acétique et chauffé vers 30-40°. La surface d'abord polie est traitée en anode pendant 5 à 30 secondes sous une densité de courant initiale voisine de 1 $A/dm^2$.

---

([1]) D. A. Sutcliffe, J. I. M. Forsyth et J. A. Reynolds, *Métallurgia*, 41, 1950, p. 283.

Le polissage et l'oxydation anodiques de surfaces préalablement abrasées ou polies mécaniquement révèlent la déformation plastique des grains sous forme de macles dont l'extension en profondeur dépend des conditions expérimentales et peut atteindre un, ou même plusieurs, centièmes de milli-

Fig. 1. — (× 630). Structure maclée du titane commercial forgé. Polissage électrolytique suivi d'oxydation anodique. (Specimen R. A. E.)

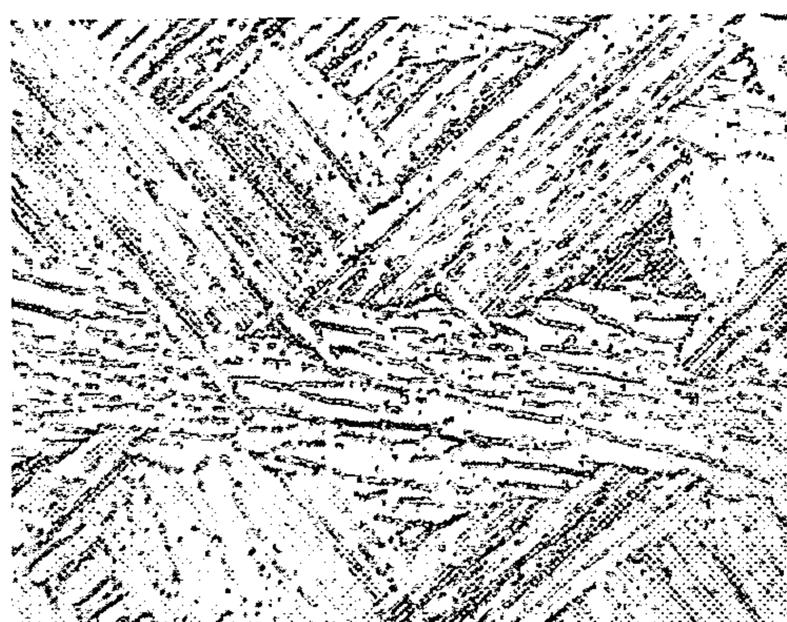


Fig. 2. — (× 400) Structure de Widmanstätten dans un gros grain de titane (0,25 %, $O_2$; 0,06 %, Fe; 0,05 %, C; 0,01 %, Si) fondu sous atmosphère d'argon. (Specimen N. P. L.)

mètre. Il est évident que des couches aussi épaisses ne sont pas éliminées par une attaque micrographique normale, de sorte que les macles mécaniques accidentelles et les structures dites de Widmanstätten (*fig.* 2) peuvent être confondues sur les micrographies des surfaces polies mécaniquement.

Les pellicules d'oxyde minces présentent aussi un intérêt pour suivre en un point donné de la surface l'évolution structurale accompagnant la déformation plastique, la recristallisation, ou la transformation allotropique du titane. Ces pellicules sont en effet facilement dissoutes en milieu acide, d'où la possibilité d'appliquer ici la technique imaginée pour l'aluminium (²).

(²) P. R. SPERRY, *Trans. A. I. M. E.* (*Journal of Metals*), 188, 1950, p. 103.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Évaluation de l'ordre de grandeur de l'énergie de liaison intermoléculaire entre chaînes polyméthyléniques.* Note de M. ISRAËL GRUNDLAND, présentée par M. Paul Lebeau.

La valeur trouvée de l'énergie de liaison entre l'acide mycolique et le chlorhydrate de l'ester béhénique de diméthylaminoéthanol qui est de l'ordre de $26.10^{-14}$ ergs par molécule, établit l'appartenance aux forces de Van der Waals de l'énergie de liaison du complexe formé et confirme la réalité de liaison par les restes carbonés réciproques

Récemment nous avons attiré l'attention sur l'existence des liaisons entre chaînes polyméthyléniques venant de molécules distinctes. Nous avons également mis en évidence l'importance de ce phénomène dans la compréhension du transport dans une phase aqueuse des molécules organiques peu polaires ainsi que des possibilités de rupture des liaisons préexistantes par suite de l'affinité qui se manifeste entre les chaînes paraffiniques. Cet aspect de la liaison chimique, particulièrement fréquent lorsqu'on s'adresse à des molécules organiques, présente un gros intérêt pour l'étude des phénomènes biologiques ([1]), ([2]).

Antérieurement nous avons pu, à l'aide de l'appareil pour la mesure des tensions d'adhésion (mouillabilité) de Guastalla ([3]) établir l'énergie de liaison entre une chaîne paraffinique venant d'une molécule qui flotte sur un plan d'eau en couche mince et une lame de cire ([4]). L'énergie de liaison ainsi mesurée correspond à $20.10^{-14}$ ergs/mol, ce qui correspond à 2900 cal/mol-g. La valeur ainsi trouvée confirme le fait que les forces de liaison mesurées correspondent bien à l'*attraction latérale* des chaînes paraffiniques et font partie des forces de Van der Waals et plus précisément des forces de dispersion de London.

Nous avons pu étendre ces mesures aux complexes dispersés dans une phase liquide. Ainsi si l'on étudie la dispersion dans l'eau du complexe fait entre le chlorhydrate de l'ester béhénique du diméthylaminoéthanol et l'acide mycolique (P. M. voisin de 1300), complexe formé par attraction entre restes carbonés réciproques, on observe à faible dilution la formation de suspension sursaturée. Le complexe formé par addition en quantité équimoléculaire à $0^g,020$ d'acide mycolique de l'ester cité est mis en suspension dans un faible

([1]) I. GRUNDLAND, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 941.

([2]) I. GRUNDLAND, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 838.

([3]) L. et J. GUASTALLA, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2054 et **228**, 1949, p. 1575.

([4]) I. GRUNDLAND et D. LUZZATI, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 981.

volume d'eau distillée (2$^{cm^3}$ par exemple) : le tout est placé dans une cuve photométrique devant un flux lumineux constant dont la densité optique à la sortie de la cuve est mesurée par une cellule photoélectrique. Lorsqu'on augmente la dilution en ajoutant de l'eau dans la cuve il s'opère un prélèvement du complexe à disperser aux dépens de la fraction surnageante (qui sursaturait la solution précédente) et la densité optique du flux lumineux à la sortie de la cuve ne varie pas. Passé une certaine dilution on observe une baisse de la densité optique : on en conclut au franchissement du seuil de la solubilité du complexe et après une suite de mesures on peut établir exactement le volume d'eau correspondant à ce seuil.

Soit *n* le nombre de molécules du complexe (ce qui correspond au nombre des molécules d'un des constituants) dispersées dans un volume de N molécules d'eau. Le complexe étant formé de deux molécules distinctes possédant chacune des groupements polaires mais liées par leur reste carboné réciproque, il en résulte pour le maintien de ce complexe la condition suivante : l'énergie de liaison entre restes carbonés réciproques doit de toute manière être supérieure ou égale à l'énergie résultante de l'affinité des groupements polaires aux ions de l'eau. Cette affinité tend à ioniser les molécules d'eau environnantes et si elle avait été intense elle ioniserait toute molécule d'eau et le complexe serait miscible en toute proportion à l'eau. Cependant l'expérience prouve que chaque molécule du complexe envisagé est entourée d'un volume de N molécules d'eau et chaque molécule d'eau se trouve donc sollicitée par une énergie qui correspond à

$$\frac{n}{N} \times 4,7.10^{-12} \text{ ergs} \qquad (4,7.10^{-12} \text{ ergs} = \text{énergie de formation d'une molécule d'eau}).$$

Nécessairement l'énergie de liaison entre restes carbonés réciproques doit être égale ou supérieure à la valeur trouvée puisque dans le cas contraire le complexe se trouverait dissocié en ses parties constitutives (ce qui n'est pas le cas étant donné que la densité optique du complexe dispersé dans l'eau est différente de la somme des densités optiques des éléments constitutifs dispersés séparément dans ce volume). Ce volume se trouve être dans le cas étudié égal à 5$^{cm^3}$ d'eau et l'énergie de liaison ainsi calculée correspond à $26.10^{-17}$ ergs/mol (*grosso modo* mille fois moins que lors de la mesure par la balance de torsion).

Cette valeur doit être considérée comme un indice d'ordre de grandeur de l'énergie de liaison examinée et elle établit clairement l'appartenance aux forces de Van der Waals de l'énergie de liaison du complexe formé, par conséquent elle confirme la réalité de liaison par les restes carbonés réciproques.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le choix des constantes de définition de la valence libre*. Note (*) de MM. **Raymond Daudel**, **Odilon Chalvet** et Mme **Monique Roux**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre que dans la méthode L. C. A. O. il faut prendre $C = 1{,}73$; $1{,}53$; $1{,}28$ selon que le type de l'atome est 3; 2 ou 1 si l'on désire voir s'établir une relation univoque entre la valence libre et la contribution $\Delta E_\pi$ des électrons $\pi$ aux énergies d'activation ainsi qu'entre la valence libre et l'autopolarisabilité.

La quantité d'énergie $\Delta E_\pi$ introduite par les électrons $\pi$ d'un hydrocarbure purement conjugué alternant pair ou radicalaire qui réagit dans une réaction de substitution peut s'écrire avec des notations classiques :

$$\Delta E_\pi = j\alpha + k\beta \quad \text{(en méthode L. C. A. O.)}$$

ou

$$\Delta E'_\pi = j'Q + k'A \quad \text{(en mésomérie ou états de spin)}.$$

On a montré que le choix des constantes de Moffit entraîne l'apparition d'une

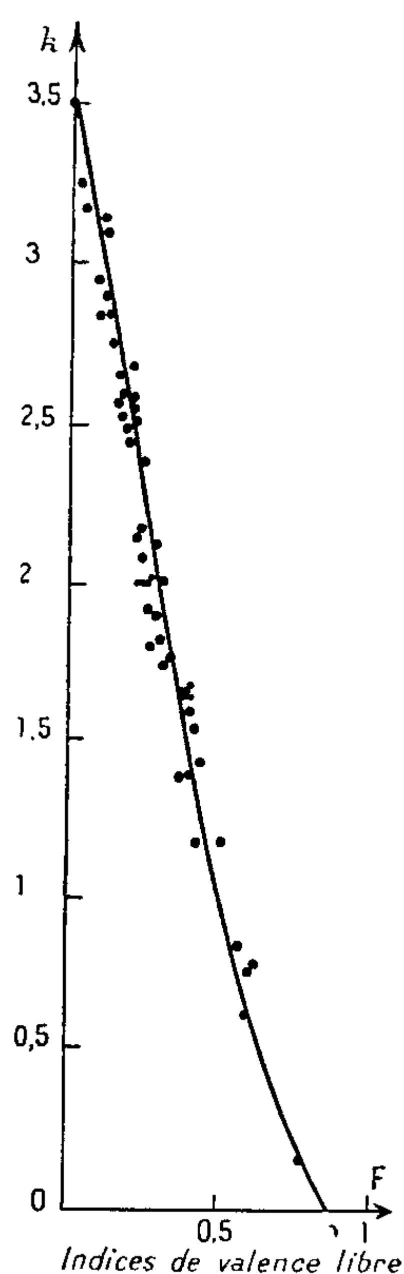



Fig. 1.
$k = f(F) \pm 0{,}2$.

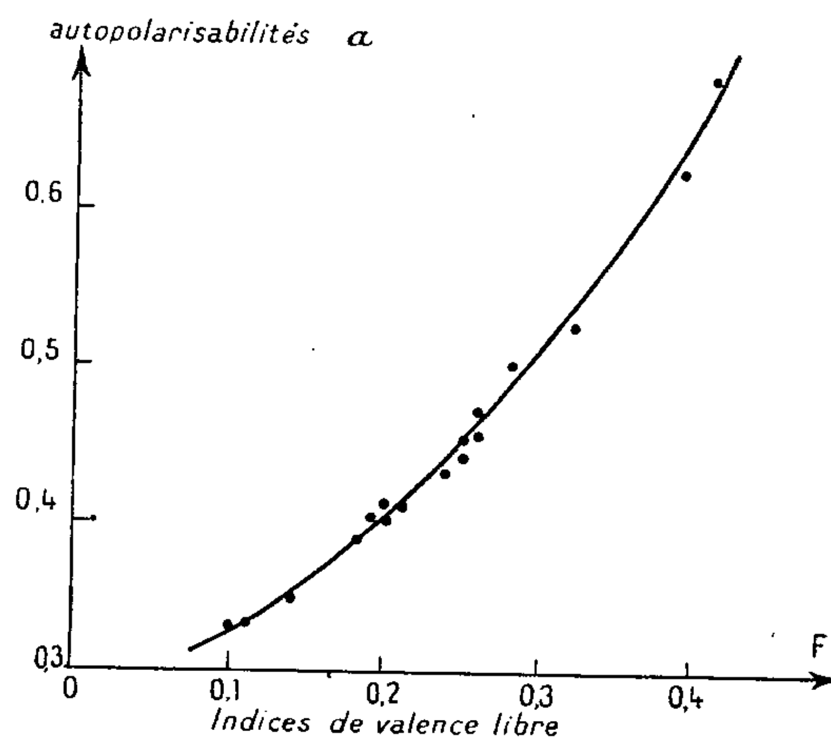



Fig. 2.
$a = f(F) \pm 0{,}01$.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

relation univoque (¹) entre $k'$ et la valence libre, mais multiforme (²) entre $k$ et cette même grandeur.

Cependant il nous semble plus important d'obtenir une relation univoque entre $k$ et la valence libre, car on voit aisément que $j$ est probablement moins fonction du type que $j'$.

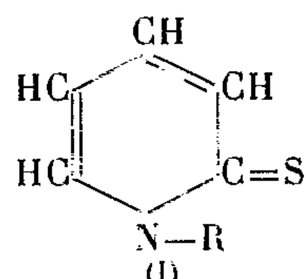
L'obtention de l'univocité envisagée s'étendrait donc en première approximation à la relation entre $\Delta E_\pi$ et la valence libre et cette dernière donnerait ainsi un renseignement important en vue du calcul de la vitesse des réactions.

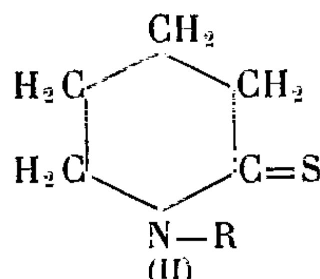
Les constantes C = 1,73; 1,53; 1,28 donnent cette univocité comme le montre la figure 1.

La figure 2 souligne le fait que ces mêmes constantes rendent également uniforme la relation (³) entre valence libre et autopolarisabilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques thiopyridones-2 et thiopipéridones-2.* Note (*) de M. **Jean Renault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Divers auteurs, et spécialement J.-A. Gautier (¹), ont attiré l'attention sur les modalités réactionnelles très particulières des fonctions pyridone-2 et pipéridone-2. Dans le but de comparer, sous cet aspect, ces composés aux thio-dérivés correspondants, nous avons préparé une série de thiopyridinos-2 (I) et de thiopipéridones-2 (II). La présente Note se propose d'en décrire l'obtention et les caractères principaux; nous reviendrons ultérieurement sur les propriétés particulières que le groupement C=S confère à ces édifices cycliques.




La thiopyridone-2 (I, R = H) avait été préparée par action de SHK sur les 2 halogénopyridines (²), (³) (Rdt : 50 %). Nous l'avons obtenue par sulfuration de la 2-hydroxypyridine au moyen de $S_5P_2$ à 160° (Rdt : 70 %).

(¹) Chalvet, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 862.

(²) Roux, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 861.

(³) Daudel, Sandorfy, Vroelant, Yvan et Chalvet, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 66.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(¹) *Thèse doctorat* (Sciences), Paris, 1937.

(²) W. Marcwald, W. Klem et H. Trabert, *Ber. D. Chem. Gesell.*, 33, 1900, p. 1556.

(³) A. J. P. Van Gastel et J. P. Wibaut, *Rec. Trav. Chim.* (Pays-Bas), 53, 1934, p. 1031.

Parmi ses dérivés substitués à l'azote, seule la N-méthylthiopyridone-2 a été décrite par Gutbier ([4]). Nous l'avons préparée, ainsi que ses homologues, par la technique de cet auteur (action de $S_5P_2$ sur les pyridones-2 correspondantes).

La 2-hydroxypyridine fondue avec son poids de $S_5P_2$ est maintenue à 160° pendant 4 heures avec agitations fréquentes. Après refroidissement, l'excès de $S_5P_2$ et le $P_2O_5$ formé sont détruits par une solution aqueuse de $CO_3Na_2$; la thiopyridone est extraite par $CHCl_3$.

Après élimination du solvant, le résidu de thiopyridone est cristallisé de l'alcool chaud puis du benzène. Cette technique est applicable aux homologues supérieurs. La température de 130° suffit alors. Le dérivé soufré est purifié par cristallisation ou par distillation dans le vide.

Les thiopyridones-2 sont des solides ou des liquides jaunes peu solubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques, ne donnant ni picrates, ni chlorhydrates. L'hydrolyse acide régénère la pyridone correspondante et libère $SH_2$, ce qui établit leur constitution.

La thiopyridone-2 (R = H) est oxydable par $I_2$ en présence de soude ou de morpholine avec formation de disulfure de pyridyle-2. Elle peut réagir encore sous sa forme pyridine-thiol (R — SH) pour donner des sels métalliques stables et peu solubles (Cu, Th, Ag).

Les thiopipéridones-2 ne figurent pas, à notre connaissance, dans la littérature; elles appartiennent à la catégorie des thiolactames dont on connaît peu de représentants ([5]). Nous les avons préparées par sulfuration directe des pipéridones au moyen de $S_5P_2$ en milieu benzénique.

La pipéridone dissoute dans 4 fois son poids de benzène sec est chauffée, 30 minutes, à l'ébullition, en agitant fréquemment, avec $S_5P_2$ finement pulvérisé (2 fois la quantité théorique). La solution benzénique se colore rapidement en jaune et il se forme une masse visqueuse de $P_2O_5$; après refroidissement on détruit par $CO_3Na_2$ l'excès de $S_5P_2$ et $P_2O_5$ formé (ne pas dépasser la température de 30°). La couche benzénique est soutirée et la couche aqueuse extraite par $C_6H_6$. Après distillation du solvant, le résidu de thiopipéridone cristallise ou est distillé dans le vide.

Les thiopipéridones forment des substances cristallisées ou huileuses, incolores ou légèrement jaunes, se colorant à l'air.

Sous l'action de l'acide chlorhydrique bouillant, elles perdent $SH_2$ puis se décyclisent en donnant un aminoacide dérivé de l'acide δ-aminovalérique. Agités en solution alcoolique avec le Nickel Raney, selon Bougault ([6]), elles conduisent aux pipéridines correspondantes, ce qui justifie leur constitution.

---

([4]) *Ber. d. Chem. Gesell.*, **33**, 1900, p. 3359.
([5]) Ruzicka et coll., *Helv. Chem. Acta*, **16**, 1933, p. 1325.
([6]) J. Bougault, E. Cattelain et P. Chabrier, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 657.

Les réfractions moléculaires que nous avons observées, font apparaître un incrément moyen de 4,2 unités pour des thiopyridones-2 et de 1,17 unité pour les thiopipéridones-2, en adoptant pour S doublement lié la valeur indiquée (9,70) par Boudet (7).

*Description des thiopyridones-2 obtenues* (formule II).

$C_5H_5NS$ ($R = H$) prismes jaunes, F 127°, Rdt 70 % ;
$C_6H_7NS$ ($R = CH_3$) cristaux jaunes, F 89° (cor.), Rdt 87 %, cyanomercurate F 195° ;
$C_7H_9NS$ ($R = C_2H_5$) cristaux jaunes, F 46° (cor.), $E_{21}$ 189-190°, Rdt 75 % ;
$C_8H_{11}NS$ ($R = C_3H_7n$) huile jaune, $E_5$ 166, Rdt 78 % ; $d_4^{27}$ 1,092, $n_D^{27}$ 1,657 ; RM calculée 47,37, trouvée 51,52 ; chloromercurate F 150° ;
$C_9H_{13}NS$ ($R = C_4H_9n$) huile jaune, $E_5$ 173° ; Rdt 82 %, $d_4^{27}$ 1,068, $n_D^{27}$ 1,638 ; RM calculée 51,98, trouvée 56,29 ; chloromercurate F 135° ;

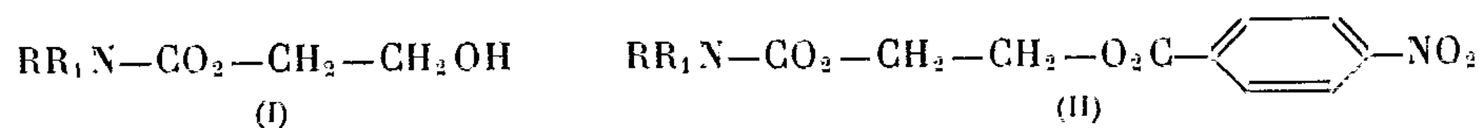
*Description des thiopipéridones-2 obtenues* (formule II).

$C_5H_9NS$ ($R = H$) aig. F 95° (cor.), Rdt 70 % ;
$C_6H_{11}NS$ ($R = CH_3$) cristaux F 37-38°, $E_{24}$ 165-167°, Rdt 85 % ;
$C_7H_{13}NS$ ($R = C_2H_5n$) huile jaune, F 18°, $E_5$ 135°, Rdt 90 % ; $d_4^{26,5}$ 1,049, $n_D^{26,5}$ 1,569, RM calculée 43,68 ; trouvée 44,76 ;
$C_8H_{15}NS$ ($R = C_3H_7n$) huile jaune, $E_5$ 141-142°, Rdt 83 % : $d_4^{27}$ 1,024, $n_D^{27}$ 1,557, Rm calculée 48,30, trouvée 49,49 ; chloromercurate F 118° ;
$C_9H_{17}NS$ ($R = C_4H_9n$) huile jaune, $E_5$ 152°, Rdt 89 % ; $d_4^{25}$ 1,006, $n_D^{25}$ 1,549, RM calculée 52,92, trouvée 54,15 ; chloromercurate F 129-130°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques esters p-nitrobenzoïques et p-aminobenzoïques de β-hydroxyalcoyluréthannes.* Note de MM. **Raymond Delaby** et **Alès Sekera**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les réactions de chloration et d'estérification de β-hydroxyalcoyluréthannes correspondant à la structure (I) ont fait l'objet d'une précédente Note (1).

Nous résumons ci-après l'étude des esters *p.* nitrobenzoïques de ces combinaisons hydroxylées (II), et plus spécialement la réduction du groupe nitro.




L'estérification des β-hydroxyalcoyluréthannes par le chlorure de *p.* nitrobenzoyle est facilement réalisable. D'une façon générale, la vitesse d'estérification est d'autant plus grande que l'atome d'azote est plus substitué.

(7) R. Boudet et R. Raimbaud, *Bull. Soc. Chim.*, 7-8, 1948, p. 793.

(1) R. Delaby, P. Chabrier, A. Sekera et P. Piganiol, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1241.

Les esters (II) ainsi obtenus sont cristallisés, parfois légèrement colorés en jaune. Ils sont insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'éther ou le benzène, solubles dans l'alcool, l'acétone, l'acétate d'éthyle, le chloroforme. Ils sont très stables dans les acides concentrés.

On les transforme en esters *p*-aminobenzoïques correspondants par hydrogénation catalytique (Nickel de Raney) en milieu alcoolique et à la pression atmosphérique; le rendement est sensiblement quantitatif.

La comparaison des vitesses d'hydrogénation, déterminées dans les mêmes conditions de température et de concentration moléculaire, permet de formuler les conclusions suivantes :

1° La réduction est d'autant plus rapide que l'azote carbaminique est davantage substitué;

2° la vitesse d'hydrogénation varie peu dans les dérivés N-monosubstitués, quelle que soit la nature du radical fixé sur l'azote;

3° la même constatation a été faite pour les dérivés N-disubstitués et la vitesse est du même ordre de grandeur de celle des *p*-nitrobenzoates d'alcoyles simples, tels que les *p*-nitrobenzoates d'éthyle ou de benzyle;

4° cette différence dans les vitesses d'hydrogénation selon le nombre des substituants semble due aux liaisons hydrogène qui unissent plusieurs molécules.

Dans le cas de l'hydrogénation effectuée en milieu polaire (alcool) il est possible qu'il y ait association non seulement entre les molécules de la substance à hydrogéner, mais encore entre celle-ci et le solvant.

Cependant, si l'hydrogénation est conduite en milieu non polaire, dans le xylène par exemple, les vitesses enregistrées pour les dérivés disubstitués sont environ quatre fois plus élevées que pour les dérivés monosubstitués, ce qui montre la vraisemblance d'associations de molécules d'uréthannes entre elles.

La liste des nombreux dérivés nouveaux préparés en vue de cette étude ainsi que leurs constantes physiques seront indiquées dans un autre recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude spectrale des triazènes.* Note de M. **Joseph Klein**, présentée par M. Marcel Delépine.

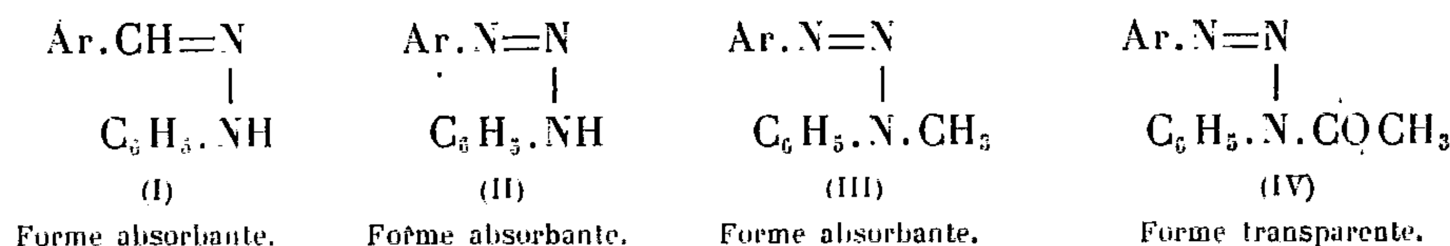
Il a été précédemment établi [1] que dans une molécule de structure (I) possédant un chromophore complexe constitué par l'ensemble de deux noyaux aromatiques Ar— et $C_6H_5$— liés à la fonction =C=N—NH—, le carbone fonctionnel ainsi que l'azote fixé sur le noyau benzénique peuvent, sous l'influence de certains substituants, se transformer indépendamment l'un de l'autre et parfois simultanément en des variétés ayant une structure électro-

---

(1) Mme Ramart-Lucas et J. Klein, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 574.

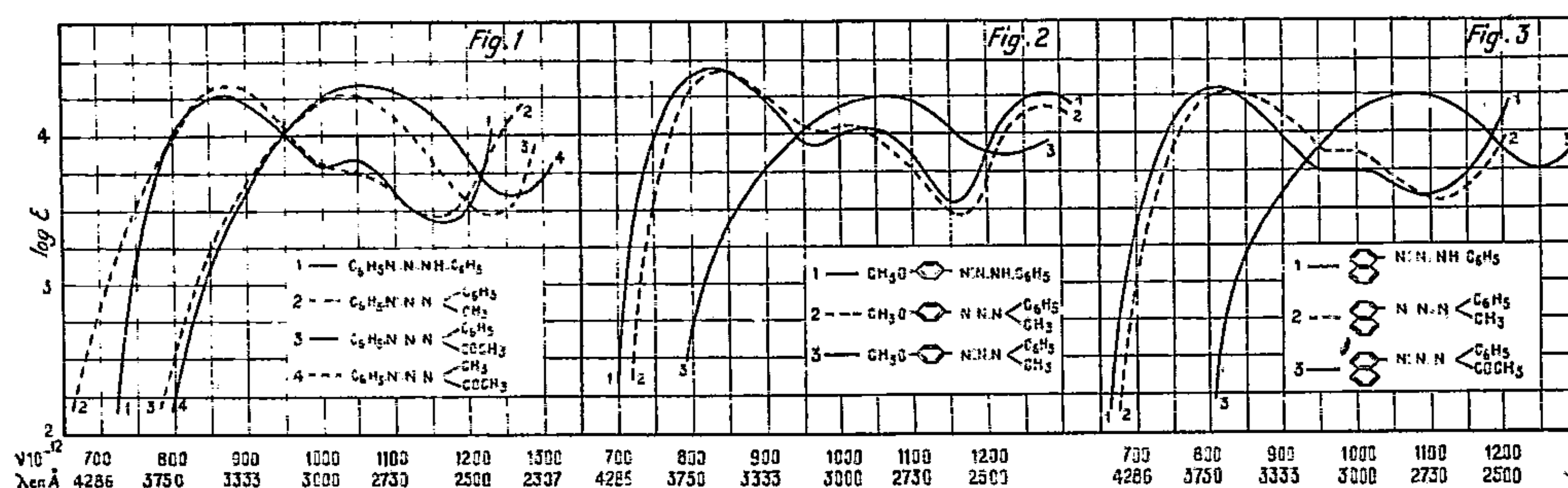
nique différente. Ce phénomène a comme conséquence la suppression du *couplage* qui s'exerce dans (I) entre chacun de ces éléments et le radical aromatique auquel il se trouve lié. On peut ainsi passer de la forme *absorbante* (I) à diverses formes *transparentes*.

Afin de connaître les conditions dans lesquelles l'azote d'une fonction purement azotée, telle la fonction triazénique, peut passer d'une variété à l'autre, j'ai étudié l'absorption de quelques triazènes de formule (II). J'ai également étudié l'absorption des triazènes dans lesquelles l'hydrogène lié à l'azote a été substitué par un groupe méthyle (III) ou acétyle (IV). Les mesures ont été effectuées dans l'alcool dans le cas des triazènes non substitués et N-méthylés, et dans l'éther anhydre dans le cas des triazènes N-acétylés.




Ar=$C_6H_5$, $CH_3.C_6H_4$, $CH_3O.C_6H_4$ et α-naphtyle.

Dans tous les cas étudiés, la substitution de l'hydrogène sur l'azote fonctionnel par un groupe méthyle ne modifie pas sensiblement le spectre d'absorption. L'introduction d'un groupe méthoxyle ou méthyle sur le noyau benzénique où le remplacement d'un noyau benzénique par un noyau naphtalénique ou phénanthrénique a un effet bathochrome. Par contre, l'introduction d'un groupe acétyle sur l'azote fonctionnel déplace fortement le spectre d'absorption vers l'ultraviolet.




Les dérivés N-acétylés (IV) possèdent donc la forme *transparente*, tandis que les triazènes non substitués sur l'azote (II) et N-méthylés (III) ont la forme *absorbante*. La disparition, dans les dérivés N-acétylés des triazènes, du *couplage* entre le noyau aromatique et le reste de la molécule est accompagnée d'un changement d'absorption important. Le spectre de la molécule (IV) correspond à la superposition des spectres *limites* du noyau et du reste de la

molécule, c'est-à-dire du toluène et de l'acétylméthylaryltriazène

$$Ar.N = N(COCH_3).CH_3,$$

car l'introduction d'un groupe méthyle sur l'azote ne modifie pas sensiblement le spectre d'un triazène. Le toluène n'absorbant pas dans la même région que les triazènes, les dérivés N-acétylés des diaryltriazènes et l'acétylméthylaryltriazène ont des spectres voisins, comme le montre la figure dans le cas du diphényltriazène.

L'analyse spectrale a donc permis d'établir que, dans la fonction triazénique, l'azote peut exister, suivant la nature des substituants présents, sous des états électroniques différents. Le passage d'une variété à l'autre est accompagné de changements importants dans l'absorption par suite de l'apparition ou la disparition du *couplage* entre cet atome et le noyau auquel il est lié.

Au cours de ces recherches j'ai préparé les produits suivants qui n'ont pas encore été signalés : 1° N-acétyl-*p*-anisylphényltriazène, $C_{15}H_{15}O_2N_3$, poudre blanche F 153°; 2° N-méthyl-α-naphtylphényltriazène, $C_{17}H_{15}N_3$, cristaux jaunes F 92°; 3° N-acétyl-α-naphtylphényltriazène, $C_{18}H_{15}ON_3$, produit blanc F 115° avec décomposition.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la transformation de mercaptans au sein du caoutchouc cru.* Note de MM. **Jean Le Bras** et **Michel Montu**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans l'industrie du caoutchouc, on utilise depuis plusieurs années, sous la dénomination technique d'agents peptisants, certains mercaptans qui possèdent la propriété d'accélérer la plastification du caoutchouc cru par malaxage. On sait par ailleurs que cette plastification est liée à l'oxydation du caoutchouc ([1]) et ne s'effectue pas en atmosphère de gaz inerte ([2]). Aussi nous sommes-nous proposé, d'une part, de suivre la transformation de ces mercaptans au cours de leur action et, d'autre part, d'observer leur influence sur l'oxydabilité du caoutchouc.

Pour le premier de ces objectifs, nous avons utilisé la méthode d'analyse par spectrographie d'absorption dans l'ultraviolet ([3]). En vue d'éviter les perturbations apportées dans les spectres par les *résines* du caoutchouc, nous avons employé du crêpe purifié par extraction acétonique. Le malaxage est

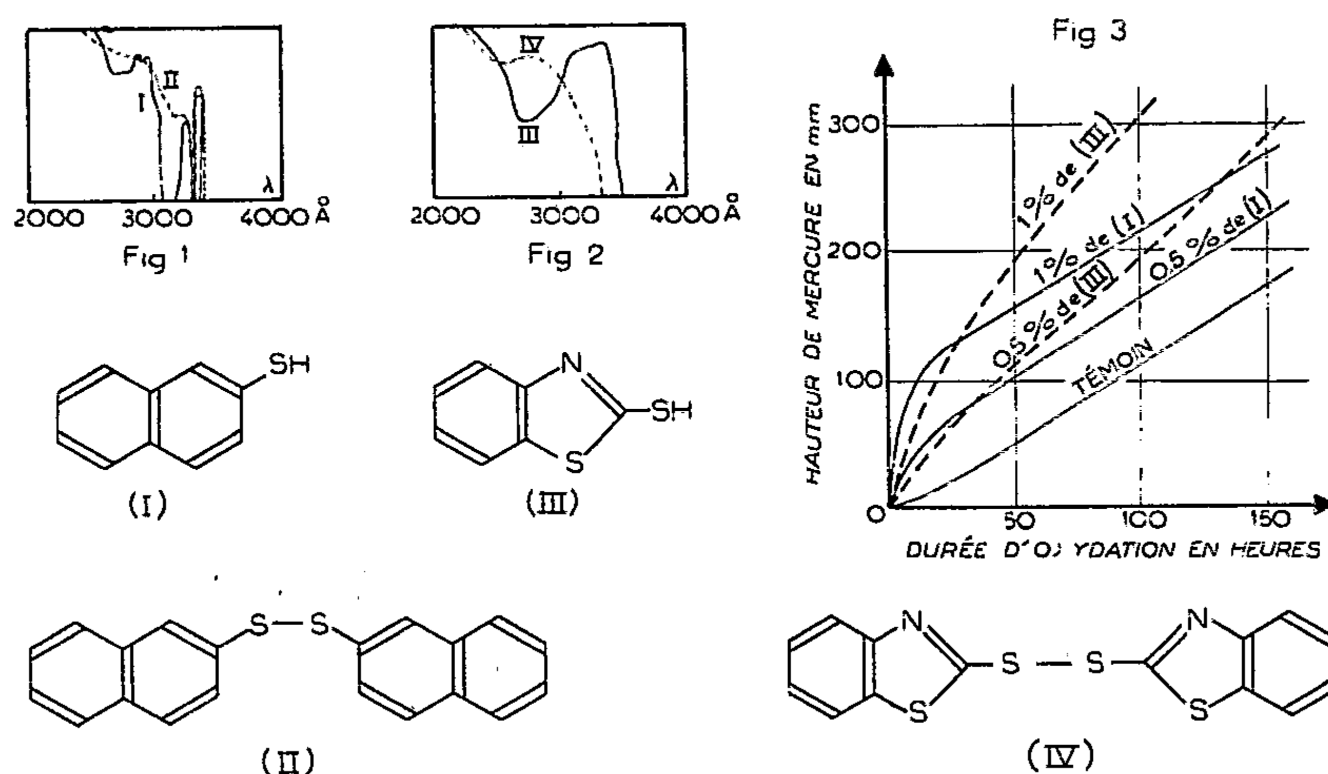
(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Voir* par exemple : Ch. Dufraisse, Chapitre XIII de *Chemistry and Technology of Rubber*, New-York. 1937,

([2]) F. H. Cotton, *Trans. I. R. I.*, 6, 1931, p. 487.

([3]) Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Rev. Opt. Théor. Instr.*, 16, 1937, p. 321; *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1938, p. 309.

effectué à 100° C et le mercaptan ajouté, peu après le début du malaxage, dans la proportion de 5 %; des prélèvements sont opérés à des temps différents et les produits de transformation des mercaptans, isolés par extraction acétonique, sont identifiés d'après leurs spectres, en utilisant des solutions chloroformiques à 0,5 g/l. Ces spectres évoluent avec la durée de malaxage. Dans le cas du naphtalène-thiol-2 (I), la figure de Hartley représentée en trait continu sur la figure 1 se modifie progressivement pour prendre la forme indiquée en trait tireté et qui correspond au spectre d'absorption du naphtyldithionaphtalène (II). De même, le mercaptobenzothiazole (III) donne du disulfure de dibenzothiazyle (IV) (*fig.* 2), ce qui confirme les résultats de Twiss ([4]) obtenus par analyse chimique.




Nous avons constaté que la transformation de (I) en (II) est beaucoup plus rapide que celle de (III) en (IV); cela est en accord avec l'intensité de l'effet plastifiant de ces deux mercaptans, nettement plus importante pour (I) que pour (III). Par ailleurs, l'expérience montre que la présence de faibles quantités de soufre inhibe totalement l'action des mercaptans et la spectrographie confirme que, dans ces conditions, (III) ne se transforme plus en (IV) ([5]).

Pour déterminer l'influence des mercaptans sur l'oxydabilité du caoutchouc, on les introduit par léger malaxage à température ordinaire ([6]) et l'on mesure les oxydabilités par la méthode manométrique, à 80°C ([7]). La

---

([4]) *India Rubber J.*, 108, 1945, p. 731 et 109, 1945, p. 14.

([5]) Ce cas a été choisi à cause de la modification très nette du spectre quand on passe de (III) à (IV).

([6]) L'effet plastifiant ne se manifeste qu'à des températures de l'ordre de 100°C.

([7]) CH. DUFRAISSE, *Rub. Chem. Techn.*, 11, 1938, p. 268; *Rev. Gén. Caout.*, 18, 1941, p. 185.

figure 3 résume les résultats obtenus. En présence de (I), l'oxydation est d'abord très rapide et d'autant plus intense que la proportion initiale de (I) est plus élevée; les vitesses d'oxydation diminuent ensuite et deviennent sensiblement égales à celle du témoin. Avec (III), la transition entre les deux phases de l'oxydation est beaucoup plus progressive (courbes tiretées), du fait que la transformation de (III) en disulfure est plus lente que celle de (I).

Ces deux séries d'expériences définissent le mécanisme d'action des *agents peptisants* : le mercaptan agit par effet prooxygène, ce qui favorise la plastification. Mais, en raison du phénomène connu sous le nom d'*usure du catalyseur*, il se transforme peu à peu lui-même, par oxydation secondaire, en disulfure. Les courbes d'oxydation montrent que (III) résiste plus longtemps que (I) au phénomène d'usure.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer également la similitude de structure entre ces produits et les désactivants ([8]). De fait, si l'on examine, par exemple, le vieillissement d'un vulcanisat préparé à partir de caoutchouc plastifié à l'aide de (I), on constate qu'il est meilleur que celui du témoin plastifié par simple malaxage; de même, l'action d'un antioxygène se trouve améliorée. Ces mercaptans ont donc un effet technique doublement favorable : ils interviennent comme accélérateurs d'oxydation au cours du malaxage et leurs produits de transformation, agissant comme désactiveurs, contribuent à conférer un bon vieillissement aux vulcanisats.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'influence théorique, en faisceau divergent, de la géométrie du dispositif expérimental sur la formation des raies de Debye-Scherrer.* Note (*) de M^lle **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

L'influence des conditions expérimentales sur l'aspect des raies de Debye-Scherrer, peut être approchée à partir d'un travail de Lihl ([1]) vérifié par l'expérience et qui établit, en toute rigueur, les équations de la largeur d'une raie émise par un bâtonnet parfaitement transparent, pour une fente horizontale et infiniment fine, en fonction des seules données géométriques.

Lihl caractérise un point A de la raie par la différence angulaire $2\omega = 2\theta_1 - 2\theta$ ($2\theta_1$ expérimental $= \widehat{CMA}$, *fig.* 1; $2\theta$ théorique) et aboutit en fonction de $\psi$, pour un point P de la face et du dos du bâtonnet à deux équations, ici réunies en une seule, où les lettres ont la signification indiquée sur la figure 1 :

$$2\omega = 2\theta_1 - 2\theta = \psi + \left\{ \arcsin\left[\frac{a}{R}\cdot\cos 2\theta \sin(\psi - \delta)\right] \pm \sqrt{1 - \frac{a^2}{\rho^2}\sin^2(\psi - \delta)}. \right\}$$

([8]) J. Le Bras, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 297; *Rev. Gén. Caout.*, **21**, 1944, p. 3; J. Le Bras et J. Le Foll, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 145.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) Lihl, *Zeit. f. Krist.*, (A), **83**, 1932, p. 193-221.

Cependant, pour toutes les chambres usuelles on peut toujours confondre le sinus avec l'arc (30′ à 3°) et les courbes de Lihl constituent alors une famille de véritables ellipses beaucoup plus faciles à manier, ayant une équation au centre indépendante de $r$, c'est-à-dire de la position du point K sur la fente,

$$[R(2\omega') - (R + a\cos 2\theta)\psi']^2 + \sin^2(a^2\psi'^2 - \rho^2) = 0$$

$[$avec $2\omega = \delta + 2\omega'$, $\psi = \delta + \psi'$, $r = a\delta]$ et dont la forme réduite attribue aux axes des ellipses des grandeurs directement proportionnelles au rayon $\rho$ du bâtonnet : $(2\rho \sin 2\theta)/\sqrt{(K+M)}$ et $(2\rho \sin 2\theta)/\sqrt{(K-M)}$ avec

$$K = 2R^2 + 2aR\cos 2\theta + a^2 \quad \text{et} \quad M = \sqrt{4R^2(R + a\cos 2\theta)^2 + a^2(2R\cos 2\theta + a)^2}.$$

La limite supérieure des ellipses, entre les deux tangentes verticales $(\psi' = \pm \rho/a)$, correspond à la diffraction par la face du bâtonnet, la limite inférieure et l'intérieur des ellipses respectivement à la diffraction par le dos et l'intérieur du bâtonnet. Il s'ensuit que la corde d'une ellipse interceptée par la parallèle à l'axe des $\psi$ menée du point $2\omega_p$ de la raie (*fig.* 2), mesure l'ouverture angulaire du pinceau incident, dont chacun des rayons à l'intérieur du bâtonnet est diffracté sous l'angle constant $2\theta$ au point considéré A de la raie.

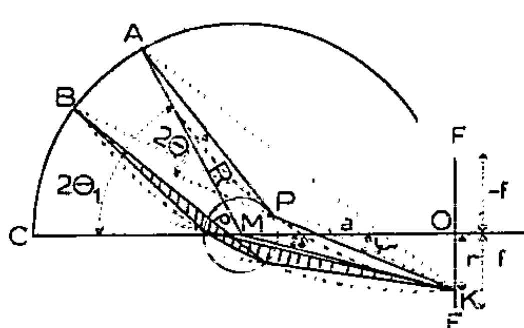



Fig. 1.

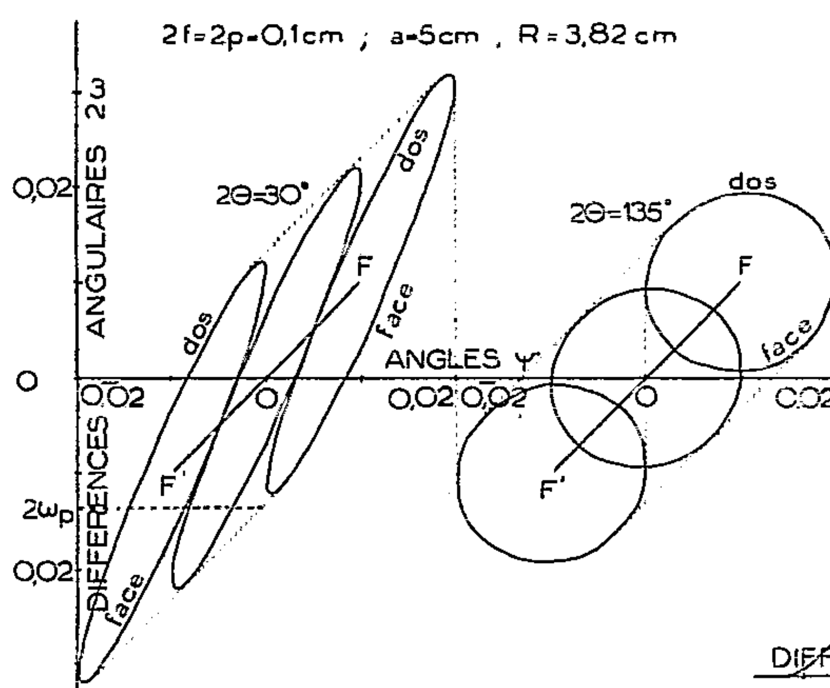



Fig. 2.

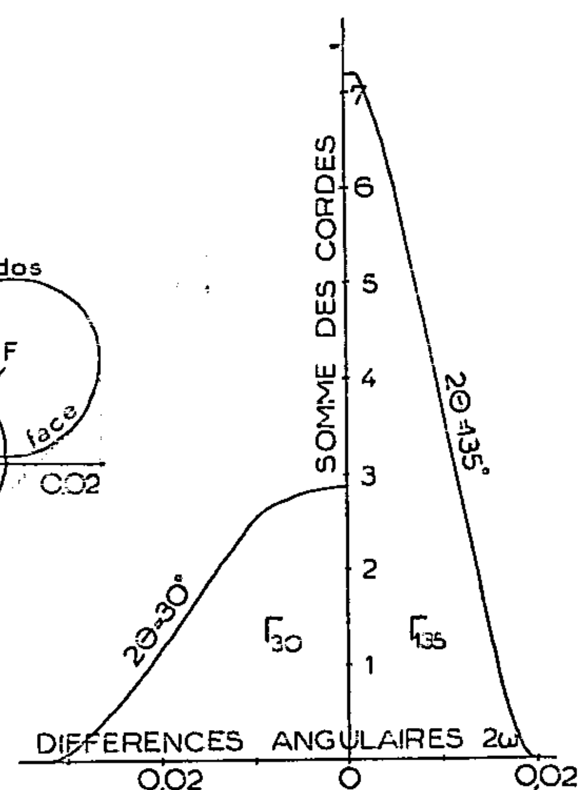



Fig. 3.

Le lieu de tels points du bâtonnet qui diffractent en A ou B, étant sur un même cercle focal (segment capable) que le point K de la fente et les points A ou B de la raie, l'angle solide plan du pinceau diffracté est toujours égal à celui du pinceau incident, c'est-à-dire à la corde de l'ellipse.

Lorsque, pour un même angle $2\theta$, le point de la fente se déplace de F en F′, l'ellipse, somme de tous les pinceaux primaires aboutissant à la raie, se translate parallèlement à elle-même, son centre glissant sur la droite $2\omega = \psi = f/a$. La somme des pinceaux diffractés élémentaires qui aboutissent en un point $2\omega_p$

de la raie, est alors égale à la somme des cordes de toutes les ellipses rencontrées par la parallèle à l'axe des $\psi$ menée du point $2\omega_p$ envisagé, c'est-à-dire à la portion d'aire de la première ellipse F′ située au-dessous de cette parallèle. Si, pour le même $2\theta$, le point $2\omega_p$ se déplace sur la raie à partir de son bord interne (minimum de l'ellipse F′) jusqu'en son milieu (centre de l'ellipse relative à l'origine de la fente O), la courbe obtenue en portant en ordonnées les aires successives croissantes de la première ellipse (évaluées géométriquement) et en abscisses l'écart angulaire $2\omega$, représente la *répartition des pinceaux sur la moitié de la raie géométrique* (*fig.* 3).

Pour un même $2\theta$, cette répartition des pinceaux diffractés et par suite la forme de la raie, dépend de la distance des ellipses terminales $(\sqrt{2}.2f/a)$ et de leurs dimensions, (fonction de $R/a$ et de $\rho/a$) mais surtout de $f$ et de $\rho$. Si l'ouverture de la fente est telle que les projections des ellipses terminales sur l'axe des $2\omega$ ne se chevauchent pas (grands angles $2\theta$), la somme des pinceaux aboutissant en un point $2\omega$ situé entre les tangentes horizontales aux ellipses terminales, *est constante et égale à l'aire d'une ellipse,* et la raie atteint un *plateau d'intensité* pour un angle $2\theta$ d'autant plus petit que $f$ est plus grand devant $\rho$ (130° environ, *fig.* 2 et 3), c'est-à-dire que le bâtonnet baigne plus dans le faisceau divergent (cas toujours réalisé avec les limitateurs usuels). Si les projections des ellipses sur l'axe des $2\omega$ chevauchent, la raie prend une allure en cloche (petits angles $2\theta$) qui paraît devoir être plus pointue vers $2\theta = 90°$ que vers $2\theta = 0°$.

La somme totale de tous les angles solides plans des pinceaux diffractés est égale au produit de l'aire de la première ellipse par la distance FF′ des centres des ellipses terminales, c'est-à-dire $(\sqrt{2}\,.\,2\pi\rho^2 f \sin 2\theta)/a^2 R$ (aires $\Gamma$ des courbes : *fig.* 3) qui passe par un maximum pour $2\theta = 90°$ et, pour $2\theta = 0°$ ou 180°, tend vers l'aire du parallélogramme construit sur FF′ et la droite qu'est devenue l'ellipse (rayons incidents).

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie des terrains post-triasiques à l'Est de Briançon.* Note de M. **Marcel Lemoine**, présentée par M. Paul Fallot.

A l'Est de la zone houillère qui forme, à Briançon, la base de la série briançonnaise, et avant d'arriver à la zone des schistes lustrés, l'étude de la stratigraphie des terrains post-triasiques permet de distinguer deux zones de faciès. L'une peut encore être qualifiée de briançonnaise ; je parlerai pour elle de *Briançonnais oriental.* L'autre, plus à l'Est, en bordure même des schistes lustrés, ne présente plus aucun caractère stratigraphique briançonnais, sauf au Trias ; je l'appellerai *Zone du Gondran ;* elle correspond à la partie orientale de ce que M. Gignoux a appelé *Zone Vanoise-Chaberton.*

*Briançonnais oriental.* — A la suite du Trias calcaréo-dolomitique, dans la

partie supérieure duquel s'intercalent parfois des brèches (peut-être en partie liasiques), on note la succession suivante :

1. *Dogger.* — Calcaires fétides, zoogènes, transgressifs après une émersion soulignée par des dépôts sidérolithiques.

2. *Malm.* — Après une nouvelle émersion, le Malm débute le plus souvent par le marbre de Guillestre, suivi de marbres clairs massifs.

3. *Crétacé.* — Sur le Jurassique, on observe, suivant les points, deux types de successions. Dans l'un, les calcaires à zones siliceuses du Tithonique-Néocomien [1] sont suivis, sans discontinuité apparente dans la sédimentation toujours pélagique (sans hard-grounds ni brèches), par des calcaires et calcschistes gris, puis rouges et verts (« marbres en plaquettes »). Ces derniers représentent tout ou partie du Crétacé, sans qu'actuellement il soit possible d'y faire des coupures autres que lithologiques. Dans un autre type de succession, les « marbres en plaquettes » rouges et verts sont transgressifs sur le Malm par l'intermédiaire de hard-grounds ferrugineux et phosphatés à microfaune abondante du Crétacé supérieur pélagique (Globigérines, Rosalines).

4. *Flysch.* — Enfin vient le « Flysch » schisto-gréseux, conservé dans de rares synclinaux. Son âge, peut-être éocène, est encore mal précisé.

Cette série stratigraphique présente donc des caractères typiquement briançonnais, si l'on excepte la présence fréquente du Crétacé inférieur. La recristallisation de la calcite et du quartz, l'apparition d'albite, séricite, chlorite microscopiques, y témoignent d'un léger métamorphisme.

*Zone du Gondran.* — Les coupes s'y observent au Nord de Montgenèvre (Alpet, Chaberton), au Gondran, et dans la chaîne de Rochebrune. On y note, en concordance sur le Trias :

1. *Rhétien-Hettangien.* — Alternances de calcaires, dolomies et lits schisteux, avec lumachelles et bancs à polypiers.

2. *Lias moyen et supérieur.* — 100 à 200$^{m}$ de calcaires et calcschistes gréseux, zonés, avec brèches et microbrèches à éléments triasiques. Cette formation, dont la base a fourni à Ch. Pussenot un *Arietites*, d'ailleurs douteux, comprend probablement tout ou partie du Lias moyen et supérieur : dans la Vanoise orientale, en effet, d'après F. Ellenberger [2], une formation analogue est recouverte selon les points par le Dogger ou le Malm.

3. *Flysch.* — Mais dans la zone du Gondran, ce Lias est suivi, en concordance apparente, par le Flysch (schistes argileux, calcaires gréseux, grès micacés, microbrèches), épais de 200$^{m}$ au Gondran. Cette succession semble bien stratigraphique : on peut l'observer, sans trace visible de contact tectonique, en des points différents (Tête des Fourneous au Sud-Ouest du Col de l'Alpet, et Gondran); mais un doute subsiste. Le contact entre ces deux formations est d'ailleurs malheureusement partout caché par les éboulis ou la végétation. Ce Flysch serait crétacé supérieur ou éocène, J. Boussac y signalant des schistes pétris de Globigérines et de Pulvinulines [3] que je n'ai pu retrouver.

---

(1) M. Lemoine, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1679-1680.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 248.

(3) *Mém. Serv. carte Géol. Fr.*, 1912, p. 248.

*Rapports de ces deux zones de faciès.* — La zone du Gondran ne présente donc plus aucun des caractères stratigraphiques qui définissent celle du Briançonnais. Il n'existe pas, à la latitude de Briançon, de termes de passage d'une série à l'autre : *Ces deux séries caractérisent deux unités tectoniques différentes.*

Le Briançonnais oriental est affecté par une série de replis et d'écailles couchés vers l'Est. Son contact avec la zone du Gondran, qui suit une ligne approximativement Nord-Sud, passant à l'Ouest du Gondran (L'Ombilic), près de Cervières, et à l'Est du Col d'Izoard, est jalonné par des gypses et cargneules, et par des lames discontinues de quartzites, Verrucano et schistes cristallins (Col du Tronchet). A la latitude du Col d'Izoard, le Briançonnais a tendance à chevaucher vers l'Est les terrains de la zone du Gondran, qui forment ici la chaîne de Rochebrune, elle-même refoulée vers l'Est sur les schistes lustrés. Ces derniers réapparaissent en fenêtre, près de Cervières, sous le Trias de Rochebrune. Plus au Nord, au contraire, le contact se renverse, et, dans la crête Ouest-Est Infernet-Gondran, le Trias de base de la série du Gondran semble poussé vers l'Ouest sur les terrains du Briançonnais oriental.

Ainsi, sur ce segment des Alpes franco-italiennes, il apparaît, entre Briançonnais et schistes lustrés, une unité intermédiaire caractérisée par un Lias épais (Lias *prépiémontais*, F. Ellenberger) suivi du Flysch, séparés par une lacune importante, correspondant peut-être à une longue émersion. On serait tenté de voir dans cette série encore peu métamorphique une préfiguration de celle, encore si mal connue, des schistes lustrés vrais à roches vertes. L'étude de ses prolongements au Nord et au Sud et de ses rapports avec les schistes lustrés eux-mêmes permettra peut-être de préciser cette notion.

GÉOLOGIE. — *Paléogéographie et orogénèse de la dorsale tunisienne.* Note de M. GILBERT CASTANY, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le trait structural le plus marquant de la Tunisie orientale est la présence de la grande ligne de fracture qui longe, à l'Est, les massifs jurassiques du Sillon tunisien. Sur près de 100$^{km}$, du golfe de Tunis au Djebel Bargou, elle est orientée du Sud-Ouest au Nord-Est, parallèlement aux plis occidentaux de l'Atlas tunisien. Son rejet de plus de 4000$^{m}$ traduit ainsi dans la couverture sédimentaire un important accident du socle. Nette du Bou Kornine d'Hammam-Lif au Djebel Zaréss, elle s'amortit rapidement au Sud et se digite à la hauteur du dôme du Bargou. Sa présence pose le problème de son origine et de son évolution. Des études détaillées nous ont montré qu'elle correspondait à une zone d'instabilité, marquée par des pulsations qui se traduisent dans la paléogéographie du Secondaire et du Tertiaire.

Nous avons signalé dans une Note récente [1] qu'au *Jurassique supérieur* (Kimméridgien-Portlandien), les deux massifs culminants de la Dorsale, le Zaghouan et le Ressas, existaient sous forme de récifs. Plus de 300m de calcaires zoogènes passent latéralement aux couches marines du Tithonique. La série de base du *Néocomien*, très réduite, présente dans ses premiers horizons un faciès détritique. A l'*Aptien*, connu par des sédiments de mer profonde au Nord, mais moins puissants que dans le Sillon tunisien proprement dit, apparaissent dès le Djebel Zaréss au Sud, des récifs à Orbitolines bien développés au Bargou.

Sur l'*Albien* normal, le *Vraconien* est en certains points légèrement transgressif et des discordances locales, déjà signalées par M. Solignac [2], s'observent sur le flanc occidental de la chaîne (Zaghouan, Pont du Fays, Fkirine). Le *Sénonien supérieur* (Campanien) montre des variations importantes d'épaisseur lorsque l'on s'approche des massifs jurassiques, en particulier à l'Edjehaf, terminaison septentrionale de l'Ousselat.

La paléogéographie se précise à l'*Oligocène*. Dans toute la Tunisie orientale cet étage se traduit par un faciès de marnes à gypse alternant avec des grès à petites Nummulites, Echinides et Pectinidés [3]. Continu de Kairouan au Cap Bon, à l'Est, et aux environs de Tunis-Bou Arada-Gafour à l'Ouest, il manifeste d'importants changements de sédimentation sur le versant oriental, au voisinage de l'accident majeur de la Dorsale. A l'aplomb du Fkirine et du Zaghouan apparaissent des *grès sableux continentaux*, à stratification entrecroisée. Ils indiquent l'approche de hauts fonds sur l'emplacement actuel de la Dorsale. A l'Ouest, la faune marine oligocène est connue dans le synclinal transversal de Loukanda qui sépare Fkirine et Zaghouan. En différents points, elle repose sur le Cénomanien. C'est vraisemblablement de cette époque que datent les premières fractures des massifs jurassiques.

Dans cette zone, les déformations à grand rayon de courbure, origine de la lacune de l'Eocène supérieur dans toute la Tunisie orientale, attestent la répercussion des mouvements pyrénéens.

On remarquera que le *Burdigalien* n'est pas connu dans la Dorsale proprement dite. La géologie régionale décèle un *diastrophisme important antéburdigalien* avec Miocène inférieur discordant au Nord-Ouest et concordant au Sud-Est. Cette phase embryonnaire alpine met en place le dispositif atlasique. La différenciation est encore plus nette au Miocène moyen. Le *Vindobonien marin*, puissant dans les zones orientales (Saouaf et Cap Bon), est peu épais et en gisements sporadiques à l'Ouest. A cette époque, le secteur méridional et central des accidents (Bargou à Ressas) formait un seuil. Partout le cycle

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1299.
(2) *Thèse*, Lyon, 1927.
(3) *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, n° 15, 1949, p. 359.

miocène se termine par un épisode continental caractérisé par l'accumulation de conglomérats, de sables et de marnes sableuses rouges, résultant de l'abrasion intensive des reliefs en voie de surrection. Ce régime se poursuit durant le Pliocène, ainsi que le prouvent les gisements de Mammifères des environs de Tunis. Reposant sur divers étages, du Cénomanien à l'Oligocène, avec des discordances souvent importantes, ces dépôts ont subi un diastrophisme intense pendant la phase paroxysmale post-pliocène qui affecte toute la région. Les failles anciennes rejouent, provoquant une tectonique complexe, souvent difficile à analyser. *La grande fracture de la Dorsale est nettement postérieure aux sédiments mio-pliocènes redressés aux Djebels Mecella et Djabbés.*

L'étude paléogéographique de la zone des massifs jurassiques montre donc que, durant le Crétacé et le Nummulitique, ils furent le théâtre de mouvements lents à grand rayon de courbure, mais nettement marqués. Un seuil prenait naissance. Esquissé au Crétacé, il se précise à l'Oligocène et s'accentue au Miocène pour aboutir, à la fin du Pliocène, aux chaînes actuelles. Conséquence d'un mouvement lent et de pulsations renouvelées du socle, ce phénomène a entraîné, lors du paroxysme, la formation d'une zone de dislocations qui s'est traduite, dans la couverture, par la grande faille dite du *Zaghouan*.

MORPHOLOGIE. — *Formes* périglaciaires *dans les schistes cambriens au Col des Escudiés* (*Montagne Noire occidentale*). Note (*) de M. **Georges Baeckeroot**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

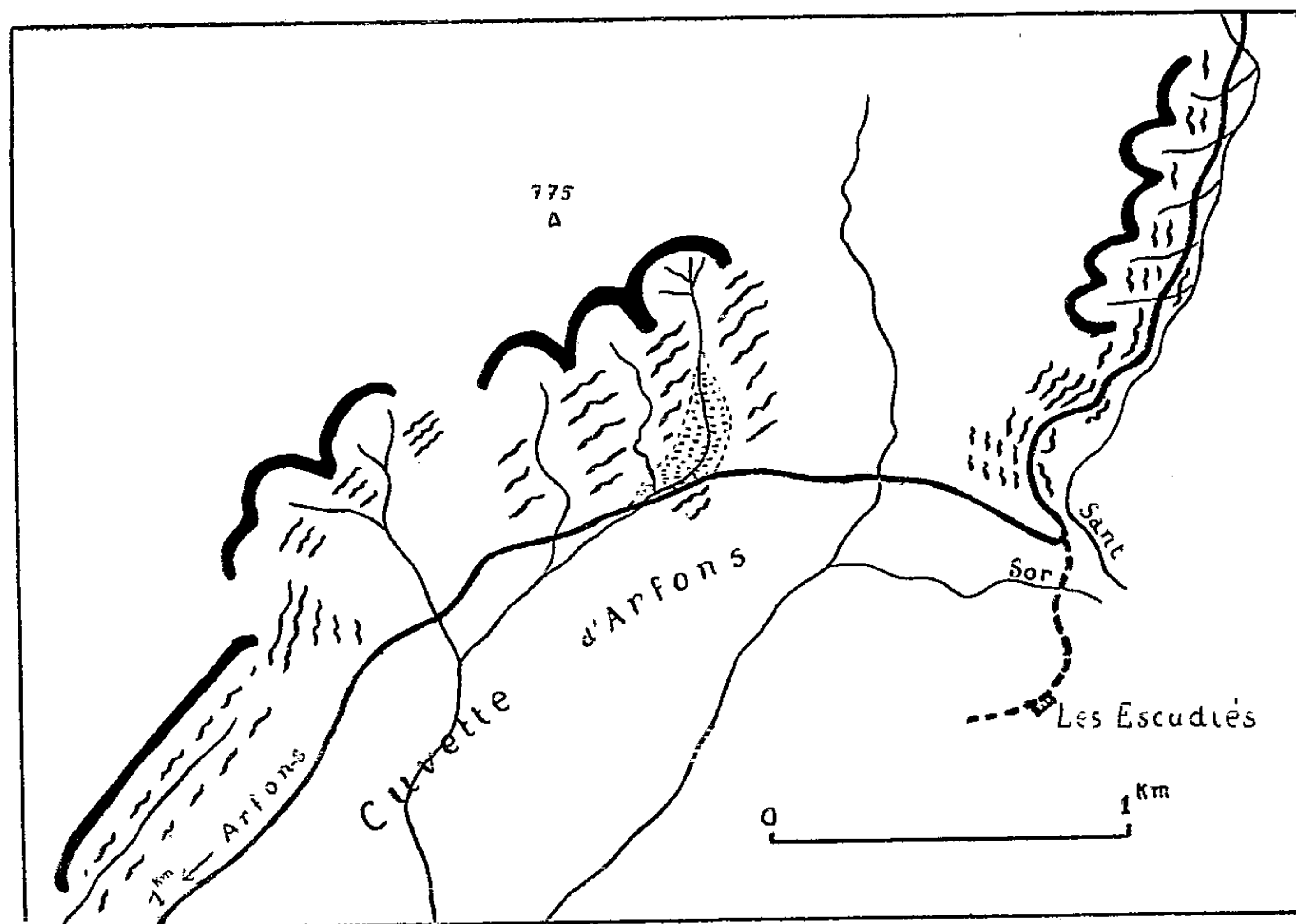
Les formes du terrain ici décrites se présentent comme des retouches de détail relativement récentes et appliquées à un ensemble morphologique plus anciennement mis en place. Situées dans la partie occidentale de la Montagne Noire, elles sont groupées au voisinage du col des Escudiés, sur la ligne de partage des eaux entre les domaines atlantique et méditerranéen. De ce col (altitude 700$^{m}$) descendent, vers le Sud, le *Sor*, et, vers le Nord, le *Sant* (*figure*).

1° *Sur le versant méditerranéen.* — Le col des Escudiés ferme, au Nord-Est, une vaste dépression ovalaire dite *cuvette d'Arfons*, région des sources du Sor, où dominent les schistes cambriens fortement redressés.

A partir du Nord-Ouest d'Arfons et jusqu'à proximité du col des Escudiés, le profil convexe, de règle en terrain schisteux homogène, est remplacé, sur le versant orienté au Sud-Est, par des formes concaves, cannelure continue et encoches individualisées en *niches*, groupées en deux séries de trois, et de plus en plus creuses en approchant du col. La niche la plus élevée a une ouverture d'environ 200$^{m}$ (à la corde de l'arc) et un creux de 40 à 50$^{m}$.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

Ces niches se distinguent des ravins d'érosion remontante par leur grande ouverture; étant plus larges que profondes, avec leurs bords supérieurs relevés presque à la verticale, elles évoquent la forme d'un *van* que seule peut engendrer *l'action corrosive de la neige* (1) : ce sont des *niches de nivation.* Elles sont toutes situées là où devait se produire un sur-enneigement, c'est-à-dire sous-le-vent, le vent du Nord-Ouest apportant encore aujourd'hui la neige dans cette région.




En contre-bas de tout ce versant concave règne un *bourrelet* épais d'une vingtaine de mètres, interrompu ou fortement rabaissé en face de chaque niche. C'est une forme d'accumulation constituée par une masse de fragments de schistes passant à une argile brune, au milieu de laquelle sont épars des cailloux et des blocs de quartz filonien fortement *gélivés.* Ce bourrelet est le produit de la *solifluxion* de matériaux clastiques préparés par le gel et entraînés, lors du dégel, dans une masse boueuse gorgée de l'eau de fusion de la neige.

Dans les conditions climatiques actuelles, ces phénomènes ne peuvent plus se produire en ces lieux, et ces formes sont figées. Il faut donc en rendre responsable le climat froid qui y a régné à un certain moment de l'époque *quaternaire.*

Depuis lors l'érosion normale a repris son activité; chacune des niches de nivation est actuellement drainée. La plus grande héberge un appareil torrentiel complet : dans le creux de la niche, un ravin emboîté rassemble les eaux de

(1) E. DE MARTONNE, *La Géographie*, 34, 1920-1921; et A. ALLIX, *ibid.*, 39, 1923.

ruissellement; au travers du bourrelet de solifluxion, un chenal d'écoulement s'est encaissé; au-devant du bourrelet s'étend une large nappe de déjection.

Les niches de nivation, héritières de ravins qu'elles ont élargis et approfondis, sont, à leur tour, ravinées; cette alternance de systèmes d'érosion a eu pour le façonnement des versants un rôle non négligeable.

2° *Sur le versant atlantique*. — Au Nord du col des Escudiés on retrouve des niches de nivation et des coulées de solifluxion aux mêmes altitudes et avec la même orientation. Les niches sont accolées en une série de cinq, en bordure du plateau schisteux, sur la rive gauche du Sant. Les coulées de solifluxion sont très développées, en bourrelets coalescents, et elles débordent jusque dans le fond du vallon mûr, à proximité du col. Leur origine *périglaciaire* est certifiée par l'existence de *festons* et de *poches de cryoturbation*, visibles en coupe.

*Conclusions*. — 1° Dans la partie occidentale de la Montagne Noire, à des altitudes voisines de 700$^m$, de chaque côté de la ligne de partage des eaux, des formes particulières d'érosion (niches) et d'accumulation (bourrelets) ont parachevé le modelé du terrain. Leur groupement, leur orientation constante au Sud-Est, des éclats de gel, des festons de cryoturbation obligent à les attribuer à l'action d'un climat rigoureux aujourd'hui aboli. Nous avons ainsi montré l'*extension, au plus méridional de nos Massifs anciens, d'un climat* périglaciaire *quaternaire*.

2° L'importance morphologique de ce paléo-climat découle de ce qu'il rend compte de formes du terrain que l'explication cyclique, toujours valable, laisse nécessairement de côté.

3° Son importance *humaine* vient de ce que nous lui devons la grande extension des sols meubles non alluviaux qui, dans la région étudiée, ont rendu possibles la mise en culture et le peuplement.

MÉTALLOGÉNIE. — *Présence de la scheelite dans la minéralisation du gîte d'Azegour Haut-Atlas, Maroc*. Note de M. **François Permingeat**, présentée par M. Paul Fallot.

Le gîte d'Azegour exploité tour à tour pour la molybdénite et la chalcopyrite est lié à un massif granitique intrusif dans une série paléozoïque formée de schistes et de bancs calcaires fortement plissés et redressés. Le granite et les terrains primaires disparaissent au Sud sous le Crétacé et l'Éocène subhorizontaux.

Le granite est, d'après M. Von der Weid (¹), aplitique à biotite et anorthose. Les calcaires, qui apparaissent en affleurement comme des bandes

(¹) *Thèse*, Genève, 1941.

orientées Nord-Sud, sont transformés, au voisinage du granite qui les recoupe, en roches variées : cipolins, calcaires silicifiés, grenatites, etc. ([1]). La minéralisation provenant du granite s'est concentrée dans les roches, assimilables aux *tactites* de M. Hess, représentant la phase la plus avancée du métamorphisme de ces calcaires.

Les minéraux constituant les tactites d'Azegour sont : grenats, amphiboles quartz, calcite, idocrase et, en moindre proportion : pyroxène, épidote, chlorite et fluorine.

La minéralisation connue, comportant notamment : molybdénite, chalcopyrite, pyrite, pyrrhotine, oligiste, et son mode de gisement au contact d'un granite, suggéraient logiquement un rapprochement avec les gîtes de scheelite de l'Ouest des États-Unis ([2]).

Or, l'étude de quelques échantillons du gisement d'Azegour m'avait permis de constater la présence dans deux d'entre eux provenant des niveaux 1473 et 1458 (le carreau est au niveau 1488), de petits grains de scheelite n'atteignant pas, pour la plupart, $1^{mm}$ de diamètre, dans une masse de grenats avec un peu de calcite, de chlorite et d'idocrase.

Les caractères optiques, les angles des clivages mesurés au goniomètre par M. C. Gaudefroy, la fluorescence bleue dans l'ultraviolet ne laissaient aucun doute sur l'identité du minéral. En outre, des essais chimiques qualitatifs effectués par M. de Cichocky, montrèrent la présence du tungstène et l'absence du molybdène : cette scheelite était très voisine du terme $WO_4Ca$ de la série scheelite-seyrigite-powellite.

Ainsi se trouvait vérifiée l'hypothèse de la présence de la scheelite dans la paragenèse du gîte d'Azegour, mais, pour se rendre compte de l'importance de la minéralisation en tungstène une prospection des travaux miniers s'imposait.

Au cours du mois d'août 1950, j'ai pu disposer d'une lampe de Wood portative émettant de l'ultraviolet à 2 537 Å et parcourir, grâce à MM. Dolisie, Valet, Damiaci et Bourg, Directeurs, les $18^{km}$ de galeries que comporte la mine d'Azegour.

La scheelite se présente en bandes allongées dans le sens Nord-Sud, irrégulièrement réparties dans la masse des tactites. Elle apparaît tantôt sous forme de cristaux grossiers de quelques centimètres, tantôt sous forme de petits grains imprégnant la roche; on observe parfois de véritables filonnets. La couleur de fluorescence est blanc bleuté à bleu; elle n'indique qu'une teneur très faible en molybdène. Cependant, quelquefois, certains cristaux de scheelite présentent des zones irrégulières à fluorescence jaune : la teneur en molybdène de ces zones peut alors dépasser 1 %. Pratiquement, la powellite n'existe que comme produit d'altération de la molybdénite.

---

([2]) P. F. Kerr, *Geol. Soc. of Am.*, Memoir 15, 1946.

La scheelite est associée à la molybdénite, à la chalcopyrite et à la pyrite. Généralement l'un de ces minéraux domine largement et les autres n'existent qu'en petite quantité ou sont absents. L'oligiste est fréquent, la blende apparaît parfois et, très rarement, la galène. Les roches minéralisées en scheelite sont généralement formées essentiellement de grenats avec calcite, chlorite et quartz, et, quelquefois, fluorine et idocrase. Parfois, l'amphibole ou le pyroxène dominent. Enfin on observe des cristaux de scheelite dans des masses de quartz différenciées au sein des tactites. L'association grenat-calcite-quartz-scheelite est caractéristique du gîte d'Azegour; elle est comparable à l'association : grenat-quartz-scheelite, fréquente dans les gîtes de l'Ouest des États-Unis. Mais, dans cette région, les plus riches minerais sont du type épidote-quartz-scheelite ([2]) qui n'a pas été reconnu à Azegour.

On remarque qu'ici, comme dans les gisements semblables connus dans le monde, le tungstène s'est fixé à l'état de scheelite : malgré la présence de fer et de manganèse en quantités importantes, la wolframite n'a pas encore été rencontrée.

La minéralisation en tungstène provient du granite, qui est hercynien comme les granites d'Oulmès, de l'Aouam, des Zaër et certains granites du Maroc Oriental, lesquels ont apporté du tungstène comme l'ont signalé MM. Despujols, H. Termier, J. Agard et P. Morin. Cette observation permet d'orienter les recherches de minéraux de tungstène au Maroc, en premier lieu, vers la bordure des granites hercyniens. En particulier des gîtes semblables à ceux d'Azegour peuvent exister dans les calcaires ayant subi un métamorphisme de contact de la part de ces granites. La découverte récente de la scheelite dans les calcaires métamorphisés par le granite du Tichka ([3]), vient confirmer la valeur de cette règle de prospection.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la présence de minéraux de la série Enargite-Famatinite dans les filons de la région de Cavallo (Algérie).* Note de MM. **Henri Vincienne** et **Vladimir Kovenko**, présentée par M. Paul Fallot.

Près du village de Cavallo, à 20$^{km}$ à l'Ouest de Djidjelli (département de Constantine), existent deux groupes de gîtes filoniens : 1° l'un, dit de *Bou Soufa*, à 2$^{km}$ au Sud du village, uniquement cuprifère, formé de filons généralement Nord 20° Est, parfois Nord 80° Est; 2° l'autre, dit de l'*Oued Kébir*, 2$^{km}$ plus au Sud, à minerais complexes (Pb, Zn, Cu, Ag, Au), comportant surtout un filon orienté Nord 35 à 40° Ouest, de pendage très variable vers le Sud (75-80° sur la rive droite, 45-35° et même moins sur la rive gauche), recoupé par un système de failles environ Nord 40° Est.

([3]) F. Permingeat, H. et G. Termier, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1155.

Tous ces filons paraissent encaissés dans des laves très altérées et indéterminables, qui reposent probablement sur un massif éruptif peu profond, intrusif dans les sédiments de l'Éocène inférieur et dans les Grès numidiques. Toutefois, à Bou Soufa, la lave encaissante montre des boules moins altérées renfermant des plagioclases à 35 % An., semble-t-il, et un peu de quartz libre, et qui sont à rapporter aux dacites. En outre, à l'Oued Kébir, la roche encaissante est entourée d'une labradorite à augite et à plagioclases à 55-65 An. Enfin des pitons de porphyre, probablement miocène, percent les sédiments voisins et semblent liés génétiquement aux minéralisations filoniennes : l'un d'eux étudié par L. Glangeaud est constitué par une microgranodiorite quartzique à peu d'amphibole; mais d'autres ont également des structures microlithiques (avec peu de verre) et se rapprochent des dacitoïdes et des microdiorites quartziques à hornblende.

Seuls nous intéresseront ici les filons de Bou Soufa, qui présentent, les uns, comme le filon 3 *bis* large de 20 à 30$^{cm}$, des remplissages à parois nettes, gangue de barytine et peu de quartz; les autres, presque sans gangue, des métasomatoses de brèches à éléments volcaniques.

L'étude en sections polies de la minéralisation de ces filons montre une gangue de barytine en tablettes, avec quartz de remplacement plus ou moins abondant et à contours festonnés. De très fines inclusions de rutile, en cristaux quadratiques, se rencontrent localement (galerie 2 *bis*) au sein du quartz et même de la barytine. La métallisation consiste notamment en *énargite* (sulfo-arséniure de cuivre) plus ou moins abondante et en sulfure de fer (pyrite et surtout marcassite) : ces trois espèces sont en grains disséminés dans la barytine et dans le quartz. L'énargite est bien caractérisée par ses propriétés optiques.

Les grains de ce minéral, plus ou moins corrodés et fragmentés par l'altération, renferment des micro-veinules de produits peu réfléchissants, en partie constitués par des oxydes de cuivre avec très peu de covelline. La chalcopyrite peut s'y trouver en très rares inclusions, de même que dans la gangue, et elle est parfois accompagnée de cuivre gris. Quelques granules d'or natif s'observent disséminés dans les gangues et les produits d'altération. Traces d'oxyde de fer et de scorodite. Par altération, les pyrites donnent localement du sulfate de fer abondant.

Dans certaines parties de la mine (près de la galerie n° 6), la *famatinite* (sulfo-antimoniure de cuivre) s'associe à l'énargite, comme à Huaron. Elle s'en distingue par une tonalité générale plus rouge, un pouvoir réflecteur un peu plus élevé, un polychroïsme plus net. Elle se présente surtout en fines inclusions dans la pyrite et dans l'énargite, rarement en plages plus importantes accolées à cette dernière. L'énargite y est elle-même en étroite relation avec la pyrite, dont elle peut contenir de petites inclusions, ou avec laquelle elle forme parfois des sortes d'associations diablastiques ou pegmatitiques. La

pyrite montre enfin un concrétionnement très net, parfois globuliforme, qui laisse supposer sa genèse à partir de marcassite.

Dans les filons de l'Oued Kébir, le rôle des minéraux du groupe énargite-famatinite devient fort peu important; ils y sont en très fines et très rares inclusions dans du plomb antimonié.

En résumé, les deux groupes de gîtes filoniens du massif de Cavallo (surtout le groupe Nord dit de Bou Soufa) montrent l'existence de minéraux du groupe énargite-famatinite au sein d'une minéralisation de basse température (épithermale), caractérisée par la présence de la barytine, dans laquelle la minéralisation s'est mise en place, et par l'existence de minéraux concrétionnés abondants (pyrite, marcassite, blende, calcédoine) et de blende localement peu colorée.

La succession des minéralisations y paraît la suivante : Barytine; Marcassite-pyrite; Chalcopyrite; Blende; Chalcopyrite; Sulfo-sels de cuivre, puis de plomb : énargite-famatinite, cuivre gris, bournonite, plomb antimonié; Galène; Or natif; Quartz et calcédoine; Or natif; Scorodite, limonite, oxyde de cuivre, covelline, sulfate de fer.

Les minéraux de la série énargite-famatinite donnent à ces gîtes un caractère très particulier. Très importants dans les gîtes méso et épithermaux des cordillères circumpacifiques (Chili, Argentine, Bolivie, Pérou, Mexique, Montana, Arizona, Colorado, Philippines, Japon), ils n'étaient pas encore connus en Afrique du Nord et le sont peu dans le reste de l'Afrique (Tsumeb) et même en Europe (Bor, Matrabanya, Brixlegg, Rio Tinto, la Caunette). A Cavallo, ils sont dans un groupement épithermal. Il est curieux de souligner une certaine analogie de situation entre le gisement à énargite de Cavallo, au sein de la zone circumméditerranéenne d'éruptivité et de volcanisme tertiaires, et les gîtes à énargite liés à l'éruptivité et au volcanisme récent des guirlandes circumpacifiques.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la protection des ports, rades, estuaires contre les ensablements.* Note (*) de MM. **André Rivière** et **Jean Laurent**, présentée par M. Donatien Cot.

Détermination des caractéristiques et de l'implantation d'ouvrages de protection de ports, rades ou embouchures contre l'ensablement.

Sur les côtes où les phénomènes de transfert littoral des sédiments sont actifs, les ports sont fréquemment envahis par les sables et doivent être protégés artificiellement. On a le plus souvent recours à des systèmes d'épis ou à des digues obliques par rapport aux crêtes des houles dominantes et placés de

(*) Séance du 18 décembre 1950.

manière à retenir les sédiments en amont (par rapport à la direction du cheminement littoral) des zones à protéger. Au bout d'un temps variable, ces ouvrages perdent fréquemment beaucoup de leur efficacité première par suite du remblaiement qui rejette peu à peu vers le large la zone de déferlement, provoquant ainsi la reprise du cheminement, malgré l'accroissement des phénomènes de dispersion résultant du relèvement des profils littoraux, même si, initialement, le musoir des ouvrages débordait sensiblement, ce qu'il est convenu d'appeler la *ligne neutre*.

L'obliquité par rapport aux houles dominantes des ouvrages utilisés jusqu'ici a deux inconvénients majeurs :

1° Le déferlement le long de l'ouvrage se produit sous un angle tel qu'il tend à développer un courant de houle de sens opposé à celui qui longe le rivage (*fig.* 1); de ce fait, ce dernier se trouve atténué, sinon annihilé, d'où un dépôt massif des sédiments. Lorsque l'ensablement atteint le musoir de l'ouvrage, ce dernier perd évidemment beaucoup de son efficacité.

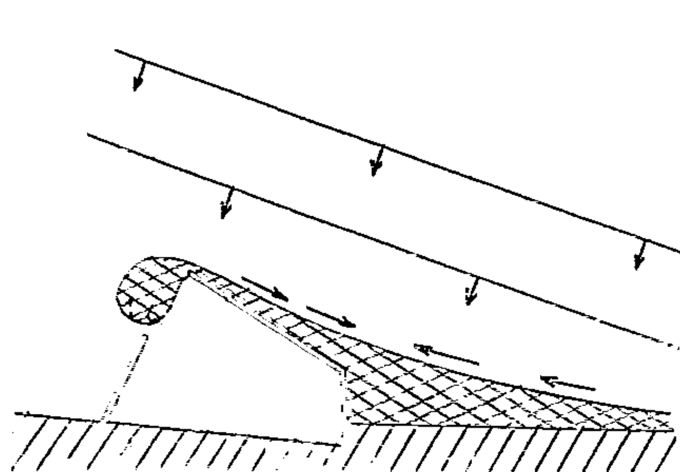


Fig 1

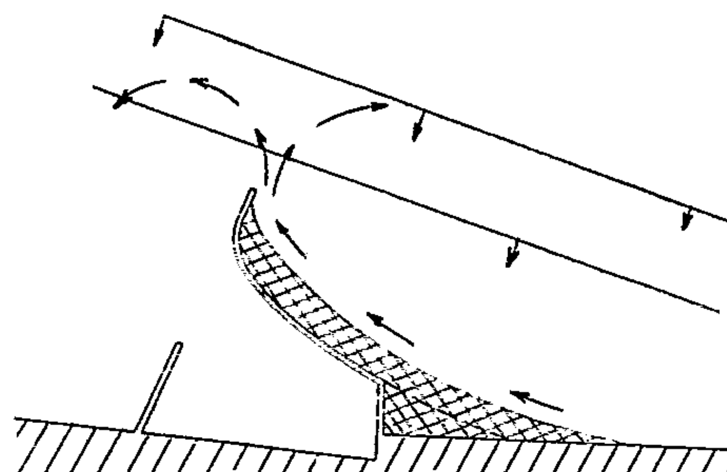


Fig 2

2° Cette évolution est aggravée car la zone située sous le vent du musoir est, du fait qu'elle se trouve partiellement protégée contre l'agitation, un véritable *piège à sédiments* dans lequel les sables viennent s'accumuler sous forme d'une flèche plus ou moins compliquée gênant la navigation et à partir de laquelle l'ensablement de la zone protégée peut progresser rapidement.

Nous avons établi que ces inconvénients peuvent être évités par des ouvrages convenablement dimensionnés et dont les tracés répondent aux conditions suivantes :

1° Contrarier aussi peu que possible l'effet du courant littoral. Il suffira d'adopter un tracé dans lequel la zone de l'ouvrage dont l'obliquité par rapport à la houle est telle que des courants de houle opposés à ceux du rivage auraient tendance à apparaître, soit aussi réduite que possible. Un segment d'hyperbole se raccordant tangentiellement au rivage et dont l'autre extrémité serait à peu près normale aux crêtes des houles dominantes (*fig.* 2) donne une idée de l'allure des tracés assez variés qui peuvent être utilisés. Ils seront tous caractérisés par le fait que la zone d'orientation défavorable, correspondant au maximum de courbure, sera très courte.

2° L'extrémité distale de l'ouvrage, de préférence à peu près rectiligne ou présentant tout au moins une très faible courbure, sera approximativement normale aux crêtes des houles dominantes, condition d'ailleurs réalisée par le tracé précédemment proposé.

Les dispositions préconisées ici entraînent les conséquences suivantes : *a.* le courant de houle littoral ne subit au contact de l'ouvrage qu'un minimum d'actions retardatrices, et les sédiments entraînés vers le large par le *rip current* ainsi artificiellement créé auront moins de tendance à former des accumulations massives le long de l'ouvrage; *b.* la région située à l'intérieur du musoir n'étant plus, en raison de l'orientation de celui-ci, une zone spécialement abritée, ne sera plus une zone d'accumulation et aucune flèche ne pourra s'y maintenir. La protection contre l'ensablement de cette zone sera d'autant meilleure qu'étant donné le tracé à peu près rectiligne de la jetée au voisinage de son musoir, on peut s'attendre à voir le courant qui la suit extérieurement décoller avant son extrémité, écartant ainsi les sédiments qu'il pouvait entraîner. Nous avons pu établir expérimentalement (modèle réduit) que dans certaines conditions ces sédiments reprennent leur cheminement parallèlement à la côte sans envahir la zone protégée et sans trop se disperser au large.

D'autres expériences nous ont montré que des résultats intéressants peuvent parfois être obtenus même avec une réalisation assez grossière (jetées à tracé polygonal) des dispositions préconisées ici. Ceci permet de penser qu'en beaucoup de circonstances, des résultats efficaces pourraient être obtenus en prolongeant par un musoir normal à la direction des crêtes dominantes, sous réserve d'un raccord judicieusement établi, un ouvrage préexistant. Il est d'ailleurs à remarquer que l'ensablement du pied de l'ouvrage tend à corriger les défectuosités de cette partie de son tracé.

Au point de vue réalisation pratique, nous attirons l'attention sur le fait que l'absence d'ensablement au musoir conduit à réaliser ses fondations d'une manière particulièrement soignée.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la répartition approximative de l'ionisation de la couche* F 2 *du point de vue mondial.* Note de M. **Karl Rawer**, présentée par M. Jean Cabannes.

La répartition de l'ionisation peut être représentée avec une approximation suffisante par les résultats d'observation des deux régions, Est et Ouest, en effectuant une interpolation linéaire pour les deux régions intermédiaires. Le choix des régions doit être conforme aux cartes d'inclinaison magnétique, ce qui explique aussi l'influence apparente de la distribution des continents sur l'ionisation.

L'effet, dit de longitude, mis en évidence par l'étude de l'ionisation de la

couche F2 [1], est attribué en général à l'influence du champ magnétique terrestre [2]. Nous avons récemment émis l'idée [3] que cette influence devait être liée au champ magnétique réel, de telle sorte qu'elle devait dépendre de l'inclinaison mais non des *coordonnées géomagnétiques* utilisées habituellement. Nous appuyant sur cette manière de voir, nous avons trouvé une représentation continue de la répartition de l'ionisation qui nous paraît être plus proche de la réalité que celle conduisant à l'utilisation de quatre zones de longitude.

Nous aboutissons ainsi à la construction d'une carte où figurent les coordonnées latitude et longitude et sur laquelle est représenté l'état d'ionisation pour une *certaine heure locale* (par exemple valeur de l'ionisation pour chaque endroit à midi local). Si nous faisons abstraction de l'effet de longitude nous aurons un système de droites horizontales, chaque droite caractérisant un certain niveau d'ionisation. L'introduction de l'effet de longitude entraînera une certaine déformation des lignes précédentes. D'après notre point de vue cette déformation dépend surtout de l'inclinaison et de la position du Soleil.

Indépendamment de cette dernière influence, les valeurs limites d'ionisation doivent apparaître dans les deux régions du globe où le décalage entre les lignes d'égale inclinaison et les cercles de latitude est maximum (dissymétrie maximum). Or ces régions s'identifient avec les grands continents Europe, Afrique et Asie, y compris l'Océan Indien constituant la zone Est, l'Amérique se présentant comme zone Ouest.

Dans la zone Est l'équateur magnétique se trouve à peu près à 1100$^{km}$ au Nord de l'équateur géographique et à 1400$^{km}$ au Sud en zone Ouest. Dans la région comprise entre les latitudes 60° N et S nous proposons de délimiter ces zones comme suit :

Zone Ouest. — Marge Ouest : 60° N, 100° W; 0°, 80° W; 60° S, 70° W.

Marge Est : 60° N, 70° W; 60° S, 30° W.

Zone Est. — Marge Ouest : 60° N, 10° W; 20° N, 10° W; 60° S, 40° E.

Marge Est : 60° N, 150° W; 0°, 120° E; 60° S, 120° E.

Étant donné le fait que l'inclinaison varie faiblement avec la longitude à l'intérieur de ces deux zones, nous sommes en droit d'établir une seule carte d'ionisation (en fonction de la latitude et de l'heure locale) pour chacune de ces deux zones.

D'autre part l'usage très répandu de faire une troisième carte d'ionisation caractérisant les deux régions intermédiaires ne nous semble pas justifié. Au lieu de ce modèle nécessitant une variation discontinue nous proposons un modèle admettant une variation continue entre les deux zones Est et Ouest.

---

(1) I. Ranzi, *Ric. Scient.*, 10, 1939, p. 926.

(2) O. Burkard, *Hochfrequenztechn. u. El. Ak.*, 60, 1942, p. 87-96; E. V. Appleton, *Nature*, 157, 1946, p. 691; D. K. Bailey, *Terr. Magn.*, 53, 1948, p. 35.

(3) F. Oboril et K. Rawer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1962.

Dans les cartes établies pour une certaine heure *locale* nous faisons usage d'une interpolation linéaire entre les marges voisines des deux zones. Les lignes le long desquelles l'interpolation doit être effectuée sont définies par l'égalité de l'expression $\sin I/\cos\varphi$, si nous désignons par $I_1$ et $\varphi_1$, $I_2$ et $\varphi_2$ les valeurs de l'inclinaison magnétique et de la latitude géographique de part et d'autre de la marge, nous admettons que :

$$\frac{\sin I_1}{\cos\varphi_1} = \frac{\sin I_2}{\cos\varphi_2}.$$

A l'aide de cette interpolation nous aurons une représentation continue de l'ionisation, étroitement solidaire des lignes d'égale inclinaison dans la région tropicale, nous introduisant une certaine influence de la latitude pour les régions de latitudes élevées. Ce modèle correspond à une carte d'inclinaison approchée, les lignes courbes étant remplacées par des droites horizontales dans les deux zones Est et Ouest, et par des droites inclinées dans les zones intermédiaires.

Étant donné l'identité de nos zones principales avec les grands continents, nous devons nous attendre aussi à une influence apparente de la distribution des continents sur l'ionisation de la couche F2, influence présumée par certains auteurs ([4]). L'effet nous semble dû uniquement à l'inclinaison du champ magnétique terrestre. D'autre part il nous paraît vraisemblable qu'il existe une relation entre la distribution des continents et la variation de l'inclinaison. Nous pouvons supposer que cette variation est due à des courants d'induction ou autres pouvant être en relation étroite avec la distribution des continents.

ANATOMIE ONTOGÉNIQUE. — *Origine et croissance de l'ébauche foliaire chez* Nicotiana Tabacum *L.* Note (*) de MM. **Jean Cuzin, Daniel Schwartz** et **Alexandre Fardy**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La feuille de *Nicotiana Tabacum* est d'origine latéro-apicale profonde. Elle apparaît comme une évagination du tissu méristématique latéral profond, sous la forme d'un pli couché dont le flanc externe seul est soumis à l'influence du gradient général acropète de double différenciation procambio-parenchymateuse, et dont le flanc interne reste bloqué à l'aiselle de l'ébauche pour constituer le méristème axiliaire, On rend compte ainsi ontogéniquement de la bilatéralité de la feuille.

Ayant décrit dans l'apex de la tige de *Nicotiana Tabacum* L. Var P 19 Berg. une zonation en *méristème central* et *méristème latéral* ([1]), nous avons posé que

---

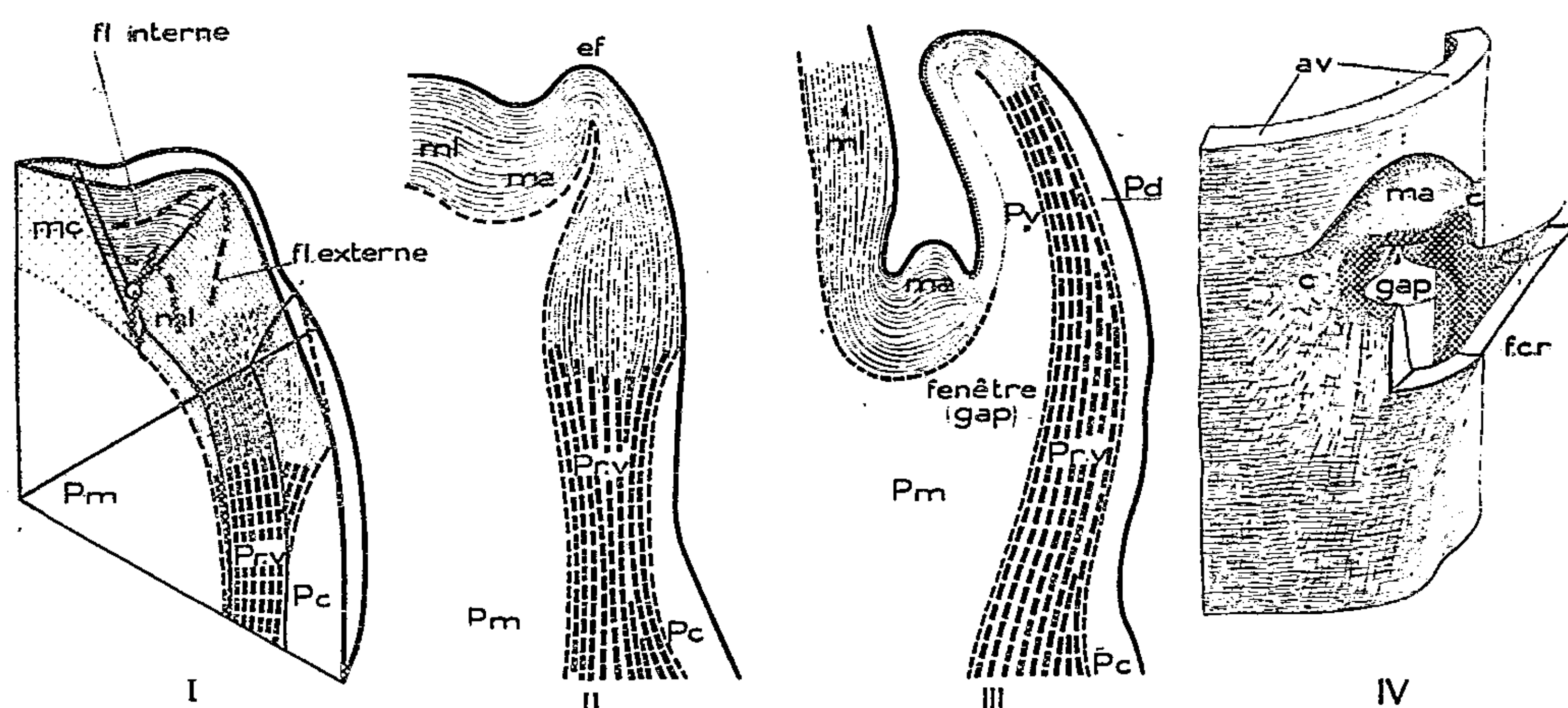
([4]) Communication privée de M. le Commandant Borel, professeur à l'École supérieure d'Électricité.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1242.

les fonctions histogéniques et organogéniques directes de l'apex ont leur siège dans sa *zone latérale* (*méristème latéral*). Une participation indirecte de la *zone centrale* (*méristème central*) à la foliogénèse n'est pas exclue, mais ce serait alors par une influence à distance.

Nous rapportons ici quelques précisions relatives au fonctionnement du méristème latéral au cours de la mise en place d'une *ébauche foliaire* dans un apex adulte. Le méristème latéral se divise activement en direction dominante périclinale, au niveau profond avoisinant sa base interne, près de sa confluence avec le méristème central. Ces divisions intéressent un secteur seulement de sa masse, avec un maximum dans un plan radial privilégié (futur plan de symétrie de la feuille). Il en résulte une expansion latérale aplatie (Soubassement foliaire Louis, 1935) (*fig.* I). Nous insistons sur ce fait essentiel qu'il s'agit là d'une *formation profonde* et non d'une prolifération sub-épidermique. Du fait de son maximum d'intensité à la fois dans un plan radial et dans un secteur de la circonférence de coupe transversale, cette expansion adopte la forme d'un pli synclinal profond avec un *flanc interne* et un *flanc externe*; vue dans l'espace, elle figure un cône aplati bi-latéralement (*fig.* II).




mc, méristème central; ml, méristème latéral; ma, méristème axiliaire; Pr. v, tissu provasculaire; Pm, parenchyme médullaire; Pc, parenchyme cortical; Pv, parenchyme ventral foliaire; Pd, parenchyme dorsal foliaire; av, anneau vasculaire; fcr, faisceau conducteur du rachis; c. cornes baso-latérales du méristème axillaire; ef, ébauche foliaire.

Dans la région basilaire de cette formation et intéressant son *flanc externe*, apparaît, en continuité avec la vascularisation sous-jacente de l'anneau axial et en direction exclusivement *acropète*, une différenciation qui prend d'emblée un double caractère, *procambial et parenchymateux* (*fig.* II et III); ces deux aspects sont en effet toujours liés, et une formation provasculaire apparaît toujours comme doublée à l'extérieur et à l'intérieur d'une formation parenchymateuse : dans la région inférieure, à proximité de l'anneau vasculaire

axial, la parenchymatisation externe s'établit en continuité avec le parenchyme cortical de l'axe, la parenchymatisation interne en continuité avec la moelle. Dans la région supérieure de l'ébauche en croissance lorsqu'elle dépasse 40 à 50$^{\mu}$, le même processus de double différenciation met en place, en continuité avec la vascularisation sous-jacente, d'une part le tissu provasculaire du futur rachis, et d'autre part, dorso-ventralement, les parenchymes de l'ébauche foliaire.

A ce stade tout le flanc interne du pli couché inital n'a subi au voisinage de son plan de symétrie aucune différenciation; dans ses extrémités baso-latérales (cornes) il a été mis en relation par différenciation vasculo-parenchymateuse avec les tissus pro-vasculaires de l'anneau axial et avec les parenchymes corticaux et médullaires de l'axe. Ce flanc interne ainsi connecté constitue désormais le méristème axillaire de l'ébauche foliaire.

Si nous isolons par la pensée le *système vasculaire*, nous sommes conduits à le considérer dans la feuille comme une évagination conique aplatie du cylindre axial, évagination conique dont le flanc interne serait resté virtuel (*fig.* III). L'existence d'un gradient acropète de différenciation vasculo-parenchymateuse avec maximum au contact de la vascularisation sous-jacente peut permettre de comprendre l'absence de différenciation du flanc interne de cette évagination; car c'est ce flanc qui, retranché à l'aisselle du pli couché, doit être considéré comme soustrait au maximum à l'effet du gradient. On s'explique en même temps l'apparition de la symétrie bilatérale de la feuille, à la suite de la disparition d'un groupe d'éléments radicaux (flanc interne) dans la symétrie de révolution de l'évagination initiale; le faisceau conducteur du rachis représente donc la moitié externe *réelle* d'une évagination cylindro-conique du cylindre axial; la moitié interne virtuelle ne s'est pas différenciée, et sa trace subsiste à la base de l'ébauche sous la forme d'un massif méristématique, le *méristème axillaire* (*fig.* IV).

Ce tissu représente donc un témoin attardé du méristème latéral de l'apex, c'est-à-dire un *tissu d'origine apicale primitive*; nous ne faisons appel pour en expliquer la présence à aucun processus de dédifférenciation.

Si maintenant, nous isolons par la pensée le système parenchymateux, nous concevons la *fenêtre foliaire* (orifice circulaire par lequel la moelle de l'axe est en connexion avec le parenchyme ventral de l'ébauche, ou *gap*, des auteurs anglo-saxons) comme la pénétration géométrique de l'évagination initiale dans le cylindre médullaire axial; le parenchyme ventral de la feuille, dans cette hypothèse prend une signification *médullaire*, le parenchyme dorsal une signification *corticale* (*fig.* IV).

Nous insisterons sur le fait que, dans notre hypothèse, la moelle est d'origine latérale apicale, et non pas d'origine centrale apicale, l'activité histogène du méristème apical central étant pratiquement nulle.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches préliminaires sur la vernalisation en présence d'inhibiteurs de germination et de respiration.* Note (*) de MM. **Pierre Chouard** et **Pierre Poignant**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Chez un Blé d'hiver, le besoin de vernalisation n'est pas absolu, l'épiaison a finalement lieu, que le traitement de vernalisation fasse défaut ou qu'il ait été inhibé. Les divers inhibiteurs, appliqués pendant le traitement vernalisant, agissent souvent de façon parallèle sur la marche de la vernalisation et de la germination, mais permettent parfois de les dissocier.

Le mécanisme intime de la vernalisation est inconnu. Mais on sait qu'il semble exiger l'accomplissement simultané de l'acte respiratoire et d'un minimum mal défini de croissance (1). C'est pourquoi nous avons voulu rechercher si l'on pourrait dissocier certaines parties du mécanisme de la vernalisation en opérant en présence des inhibiteurs qui sont réputés exercer un blocage total ou partiel des mécanismes respiratoires, et de ceux qui sont réputés inhiber la croissance ou la germination.

*Protocole expérimental.* — Des lots de 25 grains de Blé Vilmorin 27 (variété assez nettement *d'hiver*) sont trempés durant 24 heures à la température tiède du laboratoire dans un excès des solutions de 20 agents inhibiteurs essayés à trois ou quatre concentrations, généralement de $10^{-3}$ à $10^{-6}$. Les grains sont ensuite placés dans des fioles d'Erlenmeyer; ils y baignent dans une mince couche de la même solution, renouvelée tous les 10 jours; le liquide revêt les grains par capillarité sans les priver du contact de l'air. C'est dans cette situation que les grains subissent plusieurs semaines de température froide, à $+3^{\circ}C \pm 0,2$. Ils sont ensuite lavés à l'eau courante, durant 24 heures à la température du laboratoire, et semés. Des lots-témoins sont trempés dans les mêmes solutions et lavés de même, mais sans subir le froid, et semés le même jour. On note l'inhibition de germination en chiffres arabes de 0 à 5 au moment du semis par comparaison des dimensions des plantules avec celles du lot trempé et vernalisé dans l'eau seule; quand, au contraire, il y a stimulation, la note d'inhibition est négative. On note l'inhibition de vernalisation en chiffres romains de O à V par comparaison entre les dates et fréquences d'épiaison du lot vernalisé dans l'eau seule, épiant tôt (note = O) et du lot non vernalisé épiant tard ou n'épiant pas (note = V).

Après un essai préparatoire durant l'été 1949, deux essais préliminaires viennent d'être faits. Dans l'un, le semis a eu lieu le 17 novembre 1949, *en serre*,

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(1) T. D. Lysenko, *Trud. Azerb. Op. St.*, 3, 1928, p. 1-168; *Bull. Jarovіz.*, 4, 1932, p. 1-57; F. G. Gregory et O. M. Purvis, *Ann. of Bot.*, nouv. sér., 2, 1938, p. 753-764.

*vers* 15 *à* 18° C *et sous éclairement continu* par appoint nocturne d'environ 100 lux, après 22 ou 35 jours de vernalisation; en fin avril 1950, le lot vernalisé était en pleine floraison, alors que le lot non vernalisé commençait à peine sa montaison; mais le 16 mai, le lot non vernalisé comme les lots à vernalisation inhibée, étaient entièrement épiés et en début de floraison. Dans l'autre essai, le semis a eu lieu le 3 mai 1950, *en plein air sans éclairement d'appoint*, après 26 jours de vernalisation; le lot vernalisé a épié dès le 15 juillet, tandis que le lot non vernalisé formait avant les gelées d'automne des ébauches d'épis visibles seulement par dissection des bourgeons.

*Résultats* (²). — 1° Les inhibiteurs de respiration, à une concentration suffisante, se sont montrés aussi inhibiteurs de la germination. Aux concentrations très faibles, les divers inhibiteurs se sont montrés parfois capables de stimuler la germination.

2° Le pourcentage de grains demeurant aptes à germer est inégalement affecté : il reste peu ou pas altéré, supérieur à 80 %, chez les lots traités par : eau seule avec atmosphère d'azote pur, sulfure de Na à $10^{-3}$, sel d'éthanolamine de l'hydrazide maléique à $10^{-6}$, arséniate de Na à $10^{-5}$, bisulfite Na à $10^{-5}$. Tous les autres traitements réduisent le pourcentage de germination à des valeurs comprises entre 50 et 75 %; certains l'annulent presque : fluorure de Na à $10^{-3}$, cyanure de K à $10^{-3}$, arsénite de Na à $10^{-3}$. Après traitements à l'hydrazide maléique de $10^{-3}$ à $10^{-6}$ et à l'acide 2.4.5-trichlorophénoxyacétique à $10^{-4}$, les plantes, bien qu'ayant germé, sont mortes avant de devenir adultes.

3° La plupart des traitements ont affecté à peu près parallèlement la germination et la vernalisation. Ainsi, les produits ci-après, aux concentrations indiquées, ont entraîné une forte inhibition, à la fois de la germination et de la vernalisation; aux doses plus faibles, les inhibitions ont été ensemble plus faibles (sauf indications données au 4°) : eau seule avec atmosphère d'azote pur (note : 5, V), cyanure de K à $10^{-4}$ (4, V), fluorure de Na à $10^{-3}$ (5, V), arsénite de Na à $10^{-4}$ (5, V), alcool éthylique à $2.10^{-2}$ (4 ou 5, V), chloral à $10^{-3}$ (4 ou 5, V), acide malonique à $10^{-4}$ (4, IV ou V), acide monoiodoacétique à $10^{-3}$ (4, V), coumarine à $10^{-5}$ (4, V), acide β-indolacétique à $10^{-4}$ (4, IV ou V), acide α-naphthylacétique à $10^{-4}$ (3, V), acide 2.4-dichlorophénoxyacétique à $10^{-5}$ (4, V), acide 2.4.5-triiodobenzoïque à $10^{-4}$ (4, IV ou V).

4° Un petit nombre de produits, et à certaines concentrations, ont montré une dissociation de l'inhibition de la vernalisation, restée forte, et de l'inhibition de la germination, n'ayant été que faible ou nulle : bisulfite de Na à $10^{-3}$ (1, V), à $10^{-6}$ (0, V), arséniate de Na à $10^{-4}$ (— 1 ou 0, IV ou V), acide triiodobenzoïque à $10^{-5}$ (0, V), potasse à N/10 (2, V), chloral à $10^{-6}$ (2 ou 3, V), acide iodoacétique à $10^{-6}$ (2, IV), fluorure de Na à $10^{-5}$ (0, II).

---

(²) Résultats plus détaillés, sous presse dans *Phytoma*, 4, 1951, n° 22.

5° Seul le liquide de Knop normal a fortement ralenti la germination sans diminuer sensiblement la vernalisation (4, I).

6° Le monosulfure de Na à $10^{-3}$ (— 1 ou 0, I), l'arséniate de Na à $10^{-5}$ (— 1, O) n'ont inhibé ni la germination ni la vernalisation.

Il est donc possible, quoique inégalement facile, avec l'aide de ces divers inhibiteurs, de dissocier l'inhibition de la germination de celle de la vernalisation, bien que ces deux inhibitions soient le plus souvent associées.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les toxines racinaires des sols incultes.* Note (*) de M^lle **Yvette Becker** et M. **Lucien Guyot**, présentée par M. Roger Heim.

Quinze espèces végétales, participant à la structure floristique de divers groupements végétaux évoluant sur les terres incultes, excrètent, au niveau de leurs racines, des substances qui inhibent la germination des graines et la croissance des plantules de certaines plantes annuelles.

Nous avons étudié l'action comparée, sur les graines germantes de quelques plantes (Blé, Lin, Radis, Vesce), des excrétions racinaires de 16 espèces végétales dont l'une (*Brachypodium pinnatum*) a été antérieurement [1] signalée par nous comme n'étant pas toxique et dont les autres nous sont apparues inhibitrices à des degrés divers. Les espèces étudiées ont été prélevées pour la plupart dans les friches et pelouses herbeuses du Nord de la France, du Bassin Parisien, du Sénonais et du Morvan, pour quelques autres dans les pâturages montagnards et clairières forestières des Cévennes méridionales, pour l'une enfin (*Aphyllanthes monspeliensis*) dans l'Aphyllanthaie du Languedoc; les résultats sont concordants quelle que soit la provenance de l'espèce considérée [2]. La technique adoptée a été la suivante :

*a. eau de lavage des racines :* les racines fraîches et débarrassées de la terre adhérente sont lavées à plusieurs reprises dans 10 fois leur poids d'eau au total;

*b. extrait aqueux de racines :* les racines séchées à l'air libre et broyées finement sont agitées pendant une heure en présence d'un poids égal d'eau;

*c. extrait aqueux de terre :* la terre (prélevée au contact des racines) est tamisée, puis agitée pendant une heure en présence d'un poids égal d'eau.

Dans chaque cas, le filtrat recueilli est utilisé pour l'arrosage des graines disposées à la fois sur sable fin en terrines de germination et sur papier filtre en boîtes de Pétri; la hauteur moyenne des tigelles et le poids sec des racines sont évalués sur les plantules développées [3].

---

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(1) Y. Becker, L. Guyot, M. Massenot et J. Montegut, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 165-167.

(2) Au total ont été expérimentés 60 prélèvements dont 23 pour *Hieracium pilosella*, 8 pour *Brachypodium pinnatum*, 5 pour *Thymus serpyllum*, 4 pour *Origanum vulgare*, 1 à 3 pour chacune des autres espèces étudiées.

(3) Au total, plus de 10000 plantules ont été mesurées.

Les données chiffrées, qui concernent respectivement le Blé (B), le Lin (L), le Radis (R) et la Vesce (V), sont exprimées par rapport à 100 chez le témoin arrosé à l'eau pure dans le cas des eaux de lavage des racines et des extraits aqueux de racines ou arrosé avec un extrait aqueux de terre à Brachypode dans le cas des extraits aqueux de terre.

Pour l'ensemble des 15 espèces étudiées, les degrés d'inhibition s'expriment par les valeurs moyennes suivantes :

| | Hauteur moyenne des tigelles. | | | | | | | | | | | Poids sec des racines. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Extrait aqueux de terre. | | | | Extrait aqueux de racines. | | | | Eau de lavage des racines. | | | Extrait aqueux de racines. | | | Eau de lavage des racines. | | | |
| Plantules de....... | B. | L. | R. | V. | B. | L. | R. | V. | B. | L. | V. | B. | L. | V. | B. | L. | V. | (*). |
| *Achillea millefolium*..... | 58 | – | 68 | 52 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | **59** |
| *Aphyllanthes monspeliensis*.......... | – | – | – | – | 66 | 56 | – | 76 | – | – | – | 44 | 33 | 57 | – | – | – | **55** |
| *Asperula cynanchica*..... | 68 | 67 | 96 | 80 | 85 | 42 | – | 93 | 95 | 75 | – | 56 | 53 | 62 | 70 | 66 | – | **69** |
| *Barkhausia fœtida*....... | 76 | – | 80 | 86 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | **81** |
| *Helianthemum vulgare*... | 89 | 76 | 68 | 94 | 98 | 96 | – | – | 105 | 82 | – | 97 | 90 | 68 | 88 | 80 | – | **85** |
| *Hieracium pilosella*...... | 72 | 72 | 78 | 66 | 63 | 56 | 73 | 62 | 91 | 54 | 83 | 79 | 66 | 83 | 64 | 57 | 93 | **70** |
| » *umbellatum*... | 80 | 62 | 88 | 73 | 22 | 0 | – | 23 | – | – | – | 40 | 0 | 0 | – | – | – | **39** |
| » *vulgatum*..... | 52 | – | – | – | 22 | 0 | – | 44 | 50 | 77 | 17 | – | – | – | – | – | – | **29** |
| *Origanum vulgare*....... | 63 | 68 | 72 | 70 | 100 | – | 50 | 66 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | **70** |
| *Papaver rhoeas*.......... | 60 | – | 64 | 59 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | **61** |
| *Picris hieracioides*....... | 58 | 83 | 65 | 55 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | **65** |
| *Pterotheca nemausensis*.. | 70 | – | 89 | 70 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | **76** |
| *Solidago virgaurea*...... | 73 | 64 | – | 71 | 5 | 0 | – | – | – | – | – | 0 | 0 | – | – | – | – | **30** |
| *Teucrium chamædrys*.... | 87 | 57 | 56 | 74 | 75 | 40 | – | 67 | 87 | 61 | 84 | 66 | 86 | 76 | 74 | 63 | 93 | **68** |
| *Thymus serpyllum* ...... | 68 | – | 68 | 70 | 72 | 76 | 74 | 64 | 120 | 103 | 97 | 80 | 85 | 91 | 125 | 85 | 102 | **75** |
| Moyenne............ | **70** | **69** | **74** | **71** | **61** | **46** | **66** | **62** | **91** | **75** | **70** | **58** | **52** | **62** | **84** | **70** | **96** | – |
| » générale..... | **71** | | | | **59** | | | | **79** | | | **57** | | | **83** | | | **63** |

(*) Moyenne calculée seulement pour ce qui concerne les extraits aqueux de racines et de terre (à l'exclusion des eaux de lavage des racines).

L'extrait aqueux de racines est, dans tous les cas, le plus toxique. L'extrait aqueux de terre prélevée au contact des racines est un peu moins actif, en raison de la diffusion des substances excrétées dans la rhizosphère de la plante. L'eau de lavage des racines inhibe à un degré moindre encore, par suite de la grande dilution des principes actifs.

Quelques constatations faites sont particulièrement significatives :

élongation nulle de la tigelle chez le Lin en présence d'*Hieracium umbellatum* et *vulgatum* et de *Solidago virgaurea*;

élongation nulle de la radicule chez le Lin et la Vesce en présence d'*Hieracium umbellatum*, chez le Blé et le Lin en présence de *Solidago virgaurea*.

Les graines de Lin se refusent à germer en présence de *Solidago virgaurea*, germent à peine en présence d'*Hieracium umbellatum* et germent à 30 % seulement (contre 88 % chez le témoin) en présence d'*Hieracium vulgatum*.

Les jeunes plantules de Blé sont déformées (torsion de la tigelle et boursouflure du limbe) en présence d'*Achillea millefolium* (13 % des plantules sont déformées), *Hieracium pilosella*, *Origanum vulgare*, *Papaver rhoeas*, *Picris hieracioides* et *Pterotheca nemausensis*.

Les déterminations de la valeur du pH (par la méthode colorimétrique) ont donné les chiffres suivants : 6,8 à 8,4 pour l'eau de lavage des racines, 6,4 à 8,3 pour l'extrait aqueux de racines, 8 à 8,6 pour l'extrait aqueux de terre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide α naphtalène acétique sur les corbeilles à propagules de* Marchantia polymorpha *L. et de* Lunularia cruciata *Adans.* Note de M^me **Jacqueline Rousseau**, présentée par M. Paul Becquerel.

L'acide α naphtalène acétique utilisé en solution par imprégnation sous le vide provoque une réaction de croissance des corbeilles à propagules de *Marchantia polymorpha* L. et de *Lunularia cruciata* Adans.

En étudiant l'action de différentes substances de croissance sur les propagules de *Marchantia polymorpha* et de *Lunularia cruciata* ([1]), ([2]), nous avons constaté que l'acide α naphtalène acétique était le plus actif. Nous avons fait agir cette hétéroauxine, sur des fragments de thalles de *Marchantia polymorpha* et de *Lunularia cruciata* placés en boîte de Pétri sur papier filtre imbibé d'hétéroauxine aux concentrations de $10^{-3}$ à $10^{-6}$.

Nous avons observé, sur l'allongement des thalles une action freinatrice qui a disparu avec le temps. Pour des concentrations de $10^{-3}$ à $10^{-4}$, nous avons noté que la hauteur chez 10 à 15 % des jeunes corbeilles avait doublé par rapport aux corbeilles témoins placées dans les mêmes conditions.

Ensuite, nous avons utilisé l'acide α naphtalène acétique en solution aux concentrations de $10^{-3}$ à $10^{-5}$ par imprégnation sous le vide ([3]). Avec cette méthode, nous avons obtenu une plus grande proportion de corbeilles surélevées. La proportion de corbeilles qui ont augmenté de hauteur a varié avec leur âge, le temps et la concentration de la solution d'hétéroauxine. Les concentrations de $10^{-3}$ à $10^{-4}$ ont provoqué l'allongement de 90 % des jeunes corbeilles et de 50 % des corbeilles âgées. La concentration de $5.10^{-5}$ a provoqué l'allongement, seulement chez 60 % des jeunes corbeilles et à peine chez 10 % des corbeilles âgées. En solution à la concentration de $10^{-5}$ l'acide α

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 675-676.

([2]) *Travaux du Laboratoire de Botanique*, Poitiers, 1950.

([3]) G. Debraux, *Thèses*, Poitiers, 1949.

naphtalène acétique a été pratiquement sans action sur les corbeilles à propagules.

L'examen microscopique des corbeilles, (*fig.* 1 et 2) nous a montré que leur élongation était produite par une croissance polarisée des cellules du pied de la corbeille. Cet allongement intéresse d'abord la partie de la corbeille la plus rapprochée du thalle, et s'étend jusqu'à la zone marginale des dents

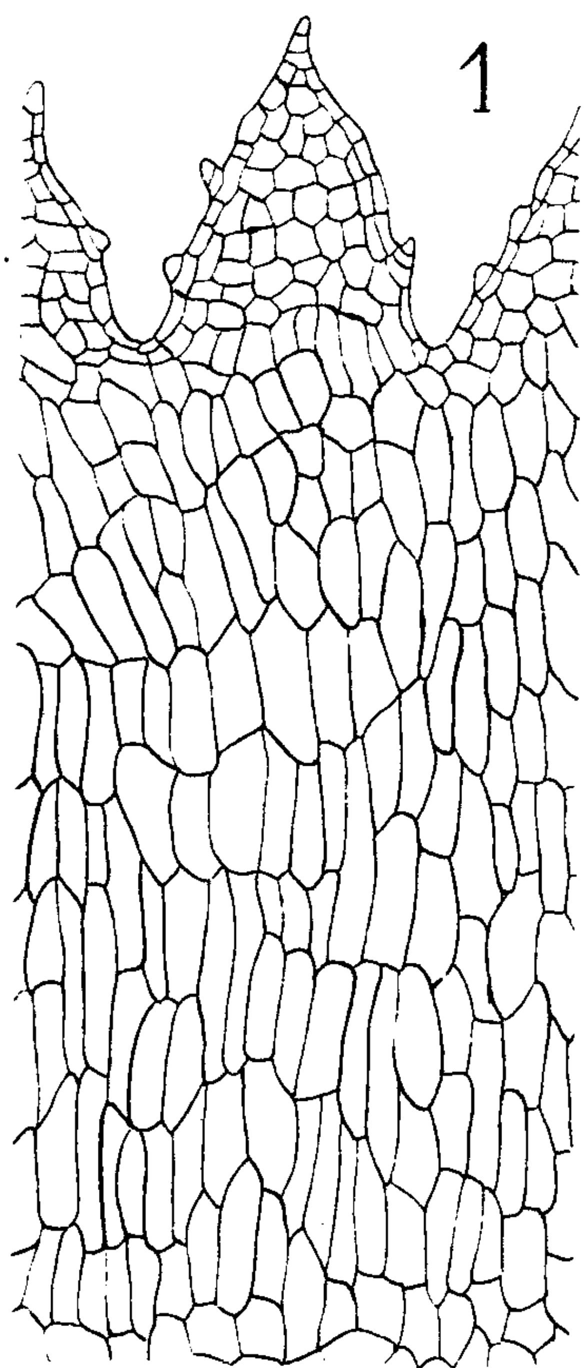



Fig. 1. — *Marchantia polymorpha*
Jeune corbeille 15 jours après l'imprégnation.
($2 \times 10^{-4}$)

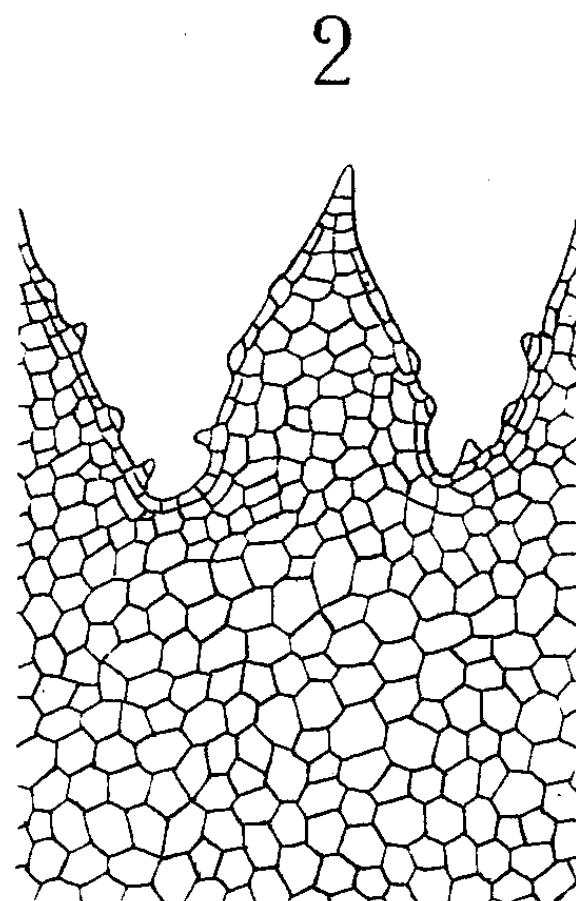



Fig. 2. — *Marchantia polymorpha.*
Jeune corbeille témoin.

15 jours après le traitement. Cette zone, à l'exception des deux rangées cellulaires les plus éloignées de l'apex des dents n'a pas réagi à la concentration de $10^{-3}$. L'étirement des cellules a été plus important chez les cellules des jeunes corbeilles, dont la hauteur a pu tripler, que chez les cellules des corbeilles âgées dont la hauteur a doublé au maximum.

Nous soulignons que les concentrations actives sont plus fortes que celles qui provoquent la formation de rhizoïdes dorsaux sur les propagules; et que d'autre part, les cellules de la base des corbeilles sont les plus sensibles à la réaction de croissance parmi celles du thalle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'acide α-naphtylborique sur la germination et le développement des plantules de quelques Dicotylédones.* Note de M. **Fernand Caujolle** et M^lle **Georgette Bergal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'acide phénylborique exerce une influence très particulière sur la germination et les premiers stades du développement des végétaux supérieurs [1]; il nous a paru intéressant de rechercher quels pouvaient être, dans les mêmes conditions expérimentales, les effets de l'acide α-naphtylborique. Bien que moins stable, cet acide présente une analogie structurale avec l'acide α-naphtylacétique, ce qui nous a incités à étudier l'influence de ces deux corps comparativement sur la germination et le développement des plantules de quelques Dicotylédones déjà éprouvées vis-à-vis des acides borique et phénylborique [1].

1. Étude des pourcentages de germination. — La toxicité de l'acide α-naphtylborique sur la germination se rapproche de celle de l'acide α-naphtylacétique, elle est en général légèrement plus forte pour une même dose. Les doses toxiques varient avec les espèces.

A la concentration de $10^{-5}$, il inhibe notablement la germination de *Lactuca sativa* (39 %). A $10^{-4}$, ses effets sont nets sur toutes les plantes essayées à la seule exception de *Sinapis alba* et *Medicago sativa*, ses effets inhibiteurs sont très puissants sur *Daucus carota* (87 %) et *Lactuca sativa* (88 %). A $10^{-3}$, la germination de ces deux dernières espèces est complètement suspendue (100 %), *Sinapis alba* (72 %) et *Medicago sativa* (80 %) sont fortement inhibées, seul *Trifolium incarnatum* résiste assez bien (41 %). L'épreuve ne peut être poursuivie au delà de la concentration $10^{-3}$ en raison de la faible solubilité de l'acide α-naphtylborique.

Le comportement de doses isobores des acides borique, phénylborique et α-naphtylborique est différent, l'acide α-naphtylborique présentant le maximum d'agressivité pour toutes les espèces étudiées. Ces conclusions recoupent celles obtenues par ailleurs, suivant les mêmes techniques, avec *Chenopodium murale* et *Amarantus retroflexus*.

2. Effets sur le développement des jeunes plantules. — A. *Sur la croissance des tiges.* — Les effets inhibiteurs de l'acide α-naphtylborique sont généralement plus intenses que ceux de l'acide phénylborique, *Lactuca sativa* s'est révélée très sensible, dès la concentration de $10^{-6}$, la croissance de ses tiges est inhibée de plus de 40 %, elle est stoppée pour toute concentration égale ou supérieure

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1550.

à $10^{-3}$. Pour toutes les espèces on observe sur les tigelles un épaississement marqué lorsque la croissance en longueur est inhibée.

D'une manière générale, pour les grandes dilutions, l'acide α-naphtylborique exerce sur la croissance des tiges des effets inhibiteurs moins accusés que ceux de l'acide α-naphtylacétique dont l'influence est déjà nettement sensible à la concentration de $10^{-7}$ ; mais les effets des deux acides sont sensiblement équivalents pour toute concentration égale ou supérieure à $10^{-5}$.

Les épaississements déterminés par les deux acides sont du même ordre d'importance lorsque les inhibitions de la croissance sont elles-mêmes équivalentes.

B. *Sur la croissance des racines.* — L'acide α-naphtylborique, aux concentrations de $10^{-7}$ et $10^{-6}$, n'a présenté qu'un léger pouvoir activant (20 à 37 %) de la croissance des racines d'*Eruca sativa* et de *Sinapis alba*; pour les racines de toutes les autres espèces, il apparaît inactif à ces grandes dilutions de $10^{-7}$ et $10^{-6}$.

Par contre, pour toute concentration égale ou supérieure à $10^{-5}$, il se montre fortement inhibiteur et arrête la croissance des racines de toutes les espèces étudiées dès la concentration de $10^{-4}$. La racine de *Lactuca sativa* se signale par sa très grande sensibilité, déjà inhibée (30 %) aux grandes dilutions ($10^{-7}$), elle suspend sa croissance (95 %) dès la concentration de $10^{-5}$. L'inhibition de la croissance en longueur s'accompagne d'épaississements de la radicule.

Pour toutes les espèces étudiées l'acide α-naphtylacétique s'est montré plus actif que l'acide α-naphtylborique aux très grandes dilutions ($10^{-8}$ à $10^{-6}$) et d'un pouvoir d'inhibition équivalent aux faibles dilutions ($10^{-5}$ à $10^{-3}$). Tout comme pour la tigelle, les épaississements de la radicule présentent la même importance pour une même inhibition de la croissance en longueur, que cette inhibition résulte de l'influence de l'acide α-naphtylborique ou de l'acide α-naphtylacétique.

*Conclusions* — Par les influences qu'il exerce aussi bien sur les germinations que sur le développement des plantules étudiées, l'acide α-naphtylborique s'écarte de l'acide phénylborique pour se rapprocher considérablement de l'acide α-naphtylacétique. Il est remarquable d'observer des épaississements des tiges et des racines déterminés par les doses d'acide α-naphtylborique déclenchant l'inhibition de la croissance en longueur; l'acide phénylborique ne parvient jamais à déclencher de tels épaississements que l'acide α-naphtylacétique par contre provoque régulièrement.

AGRONOMIE. — *Recherches sur l'action comparée de quelques désherbants sélectifs sur les céréales.* Note de MM. **Robert Longchamp, Michel Roy** et **Roger Gautheret**, transmise par M. Joseph Magrou.

L'ester éthylique du 2.4 D est plus toxique que le sel de sodium du 2.4 D ou du M. C. P. A. A la dose de 1 kg/ha il a provoqué une baisse significative du rendement d'un Blé d'hiver, tandis que le sel de sodium du 2.4 D employé à une dose double n'a déterminé aucune chute de rendement. Enfin la toxicité de l'ester éthylique a manifesté de larges variations.

On sait que certaines variétés de céréales sont endommagées par des pulvérisations de solutions d'acide 2.4 dichlorophénoxyacétique (2.4 D) [1]. Pour préciser les conditions de cette action toxique, nous avons entrepris des expériences sur près de 10 000 parcelles de 4 à $12^{m^2}$, réparties dans vingt-huit terrains différents. Nous avons examiné le comportement de 90 variétés de Blés, d'Orges et d'Avoines, à l'égard de pulvérisations de solutions aqueuses de sel de sodium du 2.4 D, de sel de sodium du M. C. P. A. (2-méthyl-4 chlorophénoxyacétate de sodium) et d'émulsions huileuses d'ester éthylique du 2.4 D [2]. Les quantités utilisées correspondaient à des doses de 1, 2, 5 ou $10^{kg}$ de produits actifs à l'hectare. Les traitements furent appliqués à divers stades du développement des céréales. Les conditions climatiques furent également variées. Ces expériences ont permis de comparer l'activité des produits employés.

Signalons tout d'abord que l'ester éthylique du 2.4D a plus intoxiqué les céréales que ne l'a fait le sel de sodium du 2.4D. D'autre part la toxicité relative de l'ester éthylique a manifesté de larges variations. A la dose de 2 kg/ha, il a fréquemment provoqué des dégâts analogues à ceux déterminés par le sel de sodium du 2.4D à la dose de 5 kg/ha. D'autres fois, 2 kg/ha d'ester éthylique ont provoqué une dépression de la céréale évaluée à 30 %, tandis que le sel de sodium du 2.4D n'a déterminé aucune réaction, même à la dose de 10 kg/ha. Dans d'autres cas, très rares, l'ester a manifesté une toxicité à peine supérieure à celle du sel de sodium du 2.4D.

Signalons en outre que le rapport de la toxicité de l'ester à celle du sel de sodium du 2.4D a varié en fonction du stade auquel la céréale était parvenue lors du traitement. Si l'on opérait au début de la montaison, alors que la céréale était relativement résistante à l'égard du 2.4D, ce rapport était plus

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 861-862.

(2) Les émulsions huileuses furent obtenues à partir d'un produit commercial. Les autres substances furent prélevées sur des lots de fabrications destinés à être commercialisés.

faible que lorsque le traitement était réalisé à l'époque du gonflement ([3]) qui correspondait à une sensibilité accrue de la céréale. La toxicité relative de l'ester éthylique fut donc d'autant plus forte que la céréale se trouvait dans des conditions de plus faible résistance.

Un essai de rendement fut réalisé sur une céréale moyennement sensible au 2.4D (Blé du Mesnil). Le traitement fut pratiqué pendant la montaison alors que le blé n'était plus très sensible au 2.4D. Cet essai a fourni les résultats suivants :

1° Les traitements réalisés avec l'ester éthylique ont provoqué une baisse de rendement de 6,9 % par rapport à l'ensemble des traitements effectués avec le sel de sodium du 2.4D (significative au seuil de 0,01).

2° Une dose de 1 kg/ha d'ester éthylique a provoqué une baisse de rendement de 5,6 % par rapport à une dose de 2 kg/ha de sel de sodium (significative au seuil de 0,05).

3° Un traitement avec 1 kg/ha d'ester éthylique du 2.4 D a provoqué une chute de rendement de 7,4 % par rapport au témoin (significative au seuil de 0,05).

Nous pensons que la grande toxicité de l'ester éthylique du 2.4 D doit être une conséquence de sa liposolubilité qui lui permet de s'introduire rapidement dans les cellules et de se fixer électivement sur le cytoplasme. Le fait que les toxicités de l'ester éthylique et du sel de sodium du 2.4 D ne varient pas parallèlement peut s'expliquer de la manière suivante : si la pénétration de ces deux substances dans la cellule s'opère selon deux mécanismes distincts, les facteurs qui la contrôlent peuvent être eux-mêmes différents; il en résulte que leur pénétration et donc leur toxicité peuvent varier d'une manière indépendante.

Signalons en outre que, le sel de sodium du M. C. P. A. fut généralement un peu moins toxique que le sel de sodium du 2.4 D, surtout lorsque le traitement était réalisé précocement. Mais parfois (essais réalisés à Fouesnant, Finistère) certaines céréales ont réagi avec plus d'intensité au sel de sodium du 2.4 D qu'au M. C. P. A., tandis que d'autres ont manifesté une sensibilité analogue à l'égard des deux substances.

Nous avons enfin étudié l'action des conditions climatiques. La pluie survenant 3 à 4 heures après le traitement ne diminuait ni l'efficacité du désherbage, ni l'intoxication des céréales quelle que fût la nature du produit employé. Lorsque la pluie survenait aussitôt après la fin du traitement la toxicité du sel de sodium du 2.4 D et du M. C. P. A. était réduite, tant à l'égard des mauvaises herbes qu'à l'égard des céréales. Enfin, les traitements

([3]) Le gonflement correspond au moment ou l'épi est suffisament développé pour provoquer la dilatation de la gaine dans laquelle il est contenu.

réalisés à basse température (12°) furent peu efficaces quelle que fût la nature du produit employé ([1]).

Nous laissons aux techniciens de l'Agriculture le soin de formuler les conclusions pratiques qui résultent de nos recherches.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de fortes doses de thiamine (vitamine $B_1$) sur le développement du jeune Rat soumis à un régime alimentaire plus ou moins riche en vitamines du complexe* B. Note (*) de M^me **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

Nos recherches antérieures ([1]) ont prouvé que les graves troubles de dénutrition provoqués chez le jeune Rat par un enrichissement excessif de son régime alimentaire en amide nicotinique (vitamine PP) sont dus, pour une large part, à des carences indirectes en certaines vitamines du complexe B. Nous avons voulu savoir s'il ne serait pas possible de provoquer des carences de ce genre par administration de fortes quantités de thiamine (vitamine $B_1$).

L'hypervitaminose $B_1$ a déjà été étudiée par plusieurs auteurs. Hecht et Weese ([2]) ont montré qu'une seule injection intraveineuse de 160$^{mg}$ de chlorhydrate de thiamine par kilogramme de poids entraîne la mort du Rat, par paralysie du système nerveux central; chez le Lapin, Haley et Flesher ([3]) ont provoqué le collapsus, et même la mort, par injection intraveineuse de 200 à 300$^{mg}$ de vitamine $B_1$; et, en administrant par la même voie 25$^{mg}$ de cette vitamine au Cobaye scorbutique, High et West ([4]) ont noté de graves troubles de dénutrition accompagnés de phénomènes de tremblement et d'une inhibition du contrôle musculaire.

D'autre part, L. Randoin et Jacquot ([5]) ont montré que l'administration, par voie buccale, de 0$^{mg}$,1 de thiamine au Rat *sous-alimenté* provoque un ralentissement de la croissance, lequel ne se produit pas chez le Rat normalement alimenté.

*Première expérience : Influence de fortes doses de thiamine sur le jeune Rat soumis à un régime alimentaire équilibré.* — Un lot de six jeunes rats albinos du sexe mâle, pesant de 40 à 50$^g$, est soumis au régime alimentaire suivant :

---

([1]) Il est difficile de séparer l'action de la pluie de celle de la température, car les traitements désherbants sont constamment pratiqués de mars à mai, période pendant laquelle les chutes de pluie coïncident avec de basses températures.

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 399; **229**, 1949, p. 855.

([2]) *Klin. Wochschr.*, **16**, 1937, p. 414.

([3]) *Science*, **104**, 1946, p. 104.

([4]) *Proc. soc. Exp. Biol. Med.*, **63**, 1946, p. 482.

([5]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 390.

*caséine*, 21; *graisse de beurre*, 4; *amidon*, 66; *mélange salin d'Osborne et Mendel*, 4; *levure sèche*, 5; *papier filtre* ad libitum (lot I).

Deux autres lots de six animaux, de sexe et de poids identiques, sont soumis au même régime, additionné d'un fort excès de thiamine : 0,1 % (lot II) ou 0,5 % (lot III).

Les gains de poids quotidiens, durant un mois, sont les suivants :

| Lots. | Nombre de rats. | Levure (% du rég.). | Supplément thiamine (% du rég.). | Gain de poids (gain par jour). |
|---|---|---|---|---|
| I. | 6 | 5 | 0 | 3,94 (3,63-4,13) |
| II. | 6 | 5 | 0,1 | 3,90 (3,66-4,07) |
| III. | 6 | 5 | 0,5 | 3,86 (3,63-4,17) |

D'autre part, même avec la dose de thiamine la plus forte, le comportement des animaux est normal. A l'autopsie, on n'observe aucune lésion organique macroscopique, et le poids des organes (foie, reins, surrénales, rate, thymus, testicules) est le même que chez les rats du lot I.

Un fort excès de thiamine semble donc bien supporté par l'organisme lorsque le régime alimentaire est convenablement équilibré, ce qui est en accord avec les conclusions de L. Randoin et Jacquot (*voir* plus haut).

*Deuxième expérience : Influence de fortes doses de thiamine sur le jeune Rat soumis à un régime alimentaire pauvre en vitamines du complexe* B. — Six lots de jeunes rats, de même sexe et de même poids que les précédents, sont soumis à des régimes contenant moins de levure que ceux des lots I, II et III : 2 % dans le régime des lots IV, V et VI; 1 % dans celui des lots VII, VIII et IX. Ainsi que l'indique le tableau ci-dessous, certains animaux reçoivent un supplément de thiamine.

| Lots. | Nombre de rats. | Levure (% du rég.). | Supplément thiamine (% du rég.). | Gain de poids (gain par jour). |
|---|---|---|---|---|
| IV. | 6 | 2 | 0 | 3,41 (3,17-3,73) |
| V. | 6 | 2 | 0,1 | 2,78 (2,37-3,00) |
| VI. | 6 | 2 | 0,5 | 2,57 (1,73-3-17) |
| VII. | 12 | 1 | 0 | 2,43 (2,03-3,23) |
| VIII. | 6 | 1 | 0,1 | 2,28 (1,97-2,70) |
| IX. | 12 | 1 | 0,5 | 1,70 (0,69-2,80) |

On voit que, lorsque le régime renferme une quantité insuffisante de vitamines du complexe B, quantité qui n'assure qu'une croissance suboptimale, un excès de thiamine diminue le gain de poids d'une manière très nette : pour les animaux des lots V et VI et des lots VIII et IX, la diminution est respectivement de 18 et 24 %, de 6 et 30 %.

Cependant, le ralentissement de la croissance dû à l'hypervitaminose $B_1$ ne

s'accompagne ni de symptômes pathologiques externes, ni de lésions organiques décelables macroscopiquement, ni de modifications du poids des principaux organes.

*Conclusion.* — Quand l'alimentation du jeune Rat est convenablement équilibrée, un fort excès de thiamine, administré par voie buccale (0,1 ou 0,5 % du régime alimentaire), est bien supporté par l'animal.

Par contre, lorsque le régime est peu riche en levure, ce qui détermine déjà une croissance suboptimale, le même excès de vitamine $B_1$ exerce encore un effet nettement défavorable sur le développement.

Ces résultats suggèrent que l'hypervitaminose $B_1$, comme l'hypervitaminose PP, agit essentiellement en provoquant des carences indirectes en certains facteurs vitaminiques du complexe B.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Étude immunochimique de la biosynthèse adaptative d'un enzyme : la β-galactosidase (lactase) d'*Escherichia coli. Note de M. **Melvin Cohn** et M[lle] **Anne-Marie Torriani**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La formation adaptative de la β-galactosidase chez *Escherichia coli* comporte la biosynthèse d'une protéine nouvelle identifiable comme antigène. Un autre antigène donnant avec l'enzyme une réaction croisée a été identifié chez les bactéries non adaptées. Il est vraisemblable que cet antigène représente le précurseur de la molécule d'enzyme.

La formation adaptative d'un enzyme correspond-elle effectivement à la biosynthèse d'une protéine, identifiable comme antigène ? Si c'est le cas, quels sont les (ou le) précurseurs de la protéine enzymatique ? Nous avons tenté de répondre à ces questions en mettant en œuvre les méthodes de l'immunochimie quantitative.

Notre matériel d'étude était la β-galactosidase (lactase) d'*E. coli* ([2]). Des lapins immunisés à l'aide d'une préparation purifiée de l'enzyme extrait d'*E. coli* (souche ML) ont fourni un sérum anti-galactosidase qui précipitait intégralement l'enzyme, sans toutefois inhiber son activité que l'on retrouvait entièrement dans le précipité. Cet antisérum précipitait également la galactosidase de la souche K 12 d'*E. coli* ainsi que celle d'*Aerobacter aerogenes*.

---

([1]) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

([2]) J. Monod, A. M. Torriani et J. Gribetz, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 315 ; J. Monod, *Unités biologiques douées de continuité génétique*, Paris, 1949, p. 181 ; J. Monod, *Bioch. Soc. Symp.*, 4, 1950, p. 51 ; J. Lederberg, *J. Bact.*, 60, 1950, p. 381 ; M. Cohn et J. Monod, *Biochim. Biophys. Acta*, 6, 1951 (à l'impression).

En revanche, il ne précipitait pas l'amylomaltase ([3]) d'*E. coli*. En utilisant l'*o*-nitrophényl-β-*d*-galactoside (Lederberg, *loc. cit.*) comme indicateur coloré pour révéler la présence de l'enzyme dans les liquides surnageants après élimination du précipité, on peut titrer *spécifiquement* l'anti-galactosidase, indépendamment de toute autre réaction éventuelle due à d'autres anticorps. Le titre antigalactosidasique se définit donc en *unités d'activité enzymatique précipitable*. Nous avons constaté que les extraits de bactéries non adaptées, extraits ne présentant que des traces à peine mesurables d'activité, contiennent un antigène réagissant avec l'anti-galactosidase, et capable d'en précipiter 91 % au point d'équivalence. Appelons Pz cet antigène et Gz l'antigène homologue, c'est-à-dire l'enzyme.

Nous avons effectué des mélanges de Pz (extraits bruts de bactéries non adaptées) et de Gz (préparation purifiée de galactosidase, ou extraits bruts de bactéries adaptées) et nous avons étudié quantitativement la précipitation de ces mélanges d'antigènes par l'antisérum. L'antigène homologue Gz précipite *complètement* en présence d'excès de Pz. Ce dernier reste en solution aussi longtemps que la précipitation de Gz n'est pas complète. Les propriétés remarquables de ce système [analogues à celles du mélange des polysaccharides pneumococciques S III et S VIII avec l'anticorps anti-S VIII ([4])] permettent donc de titrer simultanément les antigènes Gz et Pz dans un mélange quelconque. Grâce à quoi nous avons pu constater que les extraits bruts de bactéries adaptées, extraits fortement actifs au point de vue enzymatique, contiennent simultanément en quantités notables l'antigène Pz et l'antigène Gz. Les extraits de bactéries non adaptées contiennent exclusivement l'antigène Pz.

Ces résultats démontrent que la formation adaptative de la β-galactosidase comporte effectivement l'apparition d'un antigène nouveau (Gz). La réaction croisée très accentuée de Gz et Pz indique en outre qu'il existe dans les cellules non adaptées une protéine présentant une structure très proche de certaines structures de la molécule d'enzyme. L'hypothèse que la protéine Pz est un précurseur de Gz se présente d'elle-même. Si cette hypothèse est exacte, la quantité de Pz dans les cellules doit diminuer au cours de l'élaboration de Gz. De nombreuses expériences nous ont permis de constater qu'il en est bien ainsi. Ces expériences ont été faites avec des bactéries maintenues à taux de croissance constant dans les conditions étroitement contrôlées et stables de la *culture continue* ([5]). Les antigènes Gz et Pz ont été dosés dans des extraits de

---

([3]) J. Monod et A. M. Torriani, *Comptes rendus*, 227, 1948 p. 240; M. Doudoroff et coll., *J. Biol. Chem.*, 179, 1949, p. 921; J. Monod et A. M. Torriani, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 65.

([4]) M. Mayer et M. Heidelberger, *J. Biol. Chem.*, 143, 1942, p. 567.

([5]) J. Monod, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 390.

bactéries cultivées en présence ou en l'absence de substrats inducteurs, lactose ou galactose. La concentration de Pz est invariablement de 30 à 40 % plus faible dans les extraits de bactéries adaptées, contenant la galactosidase, que dans les extraits de bactéries non adaptées qui n'en contiennent pas. En revanche, l'adaptation au maltose (formation d'amylomaltase) ne provoque pas de diminution de Pz. Ces résultats indiquent qu'il existe, outre des rapports de structure, des relations ontogéniques étroites entre les protéines Gz et Pz. Ils ne permettent naturellement pas d'affirmer que Pz soit un précurseur immédiat de l'enzyme, qu'il représente par exemple le *préenzyme* (6) dont l'existence a parfois été postulée. Seule la conversion obtenue *in vitro* autoriserait cette conclusion. Le détail des expériences mentionnées ici sera publié prochainement (7).

ZOOLOGIE. — *Sur la biologie des* Chondracanthidæ (*Crustacés Copépodes*). Note (*) de M. **Claude Delamare-Deboutteville**, présentée par M. Louis Fage.

La présente Note essaye de montrer les relations biologiques qui unissent et différencient les trois sous-familles de *Chondracanthidæ*, Copépodes parasites de Poissons.

Les plus importantes contributions à la taxonomie des *Chondracanthidæ* sont dues à Leigh-Sharpe et Oakley (1927) (1) et Oakley (1930) (2) qui ont créé la sous-famille nouvelle des *Lernentominæ*, pour recevoir certains parasites des *Trigla*. Plus récemment Illg (1948) (3) a instauré la sous-famille des *Pharodinæ* pour recevoir deux espèces : *Pharodes tortugensis* Wilson, parasite du *Scoliodon terræ-novæ* dans le golfe du Mexique et *Pharodes biakensis* Illg sur le *Caracanthus unipinnus* (Gray) de Nouvelle-Guinée. Nous avons retrouvé à Banyuls des *Pharodinæ* incontestables, appartenant au genre *Pharodes* Wilson : *Pharodes banyulensis* n. sp., parasite dans la cavité branchiale de *Gobius quadrimaculatus* Cuv. Val.

Nous rattachons en outre au genre *Pharodes* Wilson un certain nombre d'espèces, mal interprétées jusqu'à ce jour : *Pharodes Ninnii* (Richiardi) (= *Chondracanthus Ninnii* Richiardi), parasite du *Gobius Panizzæ* Verga des côtes de Vénétie, espèce qui n'a été

(6) J. Monod, *Ann. Inst. Pasteur*, 69, 1943, p. 179; *Ibid.*, 71, 1945, p. 37; J. Northrop, *Crystalline Enzymes*, New York, 1948, p. 244.

(7) *Biochim. Biophys. Acta* (en préparation).

(*) Séance du 18 décembre 1950.

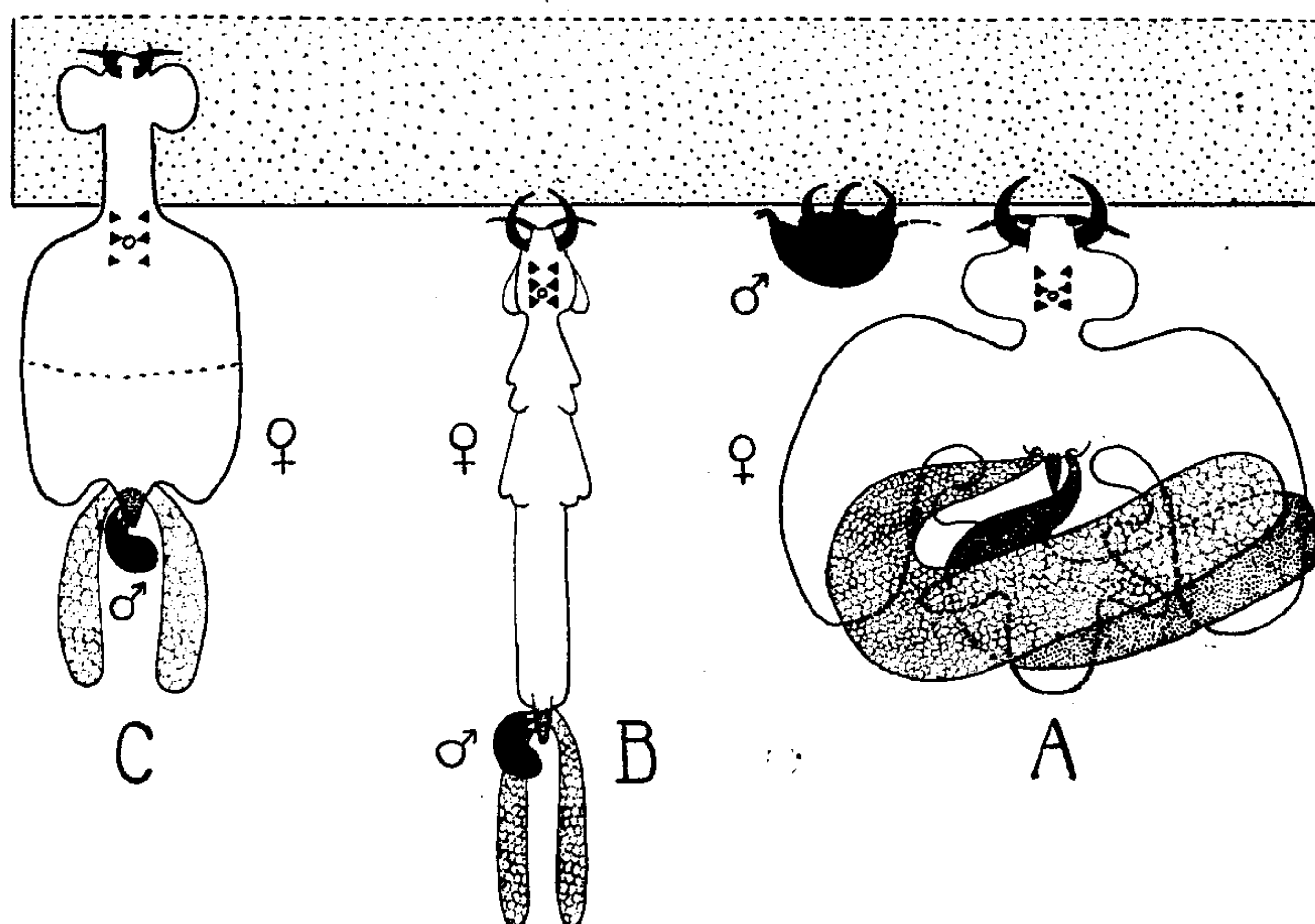
(1) *Parasitology*, 19, p. 455-467.

(2) *Parasitology*, 22, p. 182-201.

(3) *Journ. Washington Acad. Sc.*, 38, n° 12, p. 404-412.

revue que par Valle à Trieste et qu'il est difficile d'interpréter, l'auteur n'ayant décrit que l'aspect extérieur; *Pharodes clini* (Vaney et Conte) (= *Diocus clini* Vaney et Conte), parasite du *Clinus argentatus* Risso de la Rade de Toulon, qui, à en juger par les figures originales, est bien différent de notre espèce; *Pharodes clini* var. *Dieuzeidei* Brian (= *Diocus clini* var. *Dieuzeidei* Brian), parasite de *Crenilabrus ocellatus* Forskal et *Crenilabrus* sp. aux environs d'Alger. Le genre *Diocus* Kröyer, parasite du *Cottus gobio* dans les eaux douces du Grönland, est un genre bien différent mais encore difficile à classer.

L'étude de spécimens vivants permet de mettre en évidence d'importantes différences biologiques entre les trois sous-familles de *Chondracanthidæ*, les *Lernentominæ* Leigh-Sharpe et Oakley, les *Chondracanthinæ* (Milne-Edw.) et les *Pharodinæ* Illg.




Chez les *Pharodinæ* (*fig.* A), qui nous semblent les plus primitifs, le dimorphisme sexuel est encore relativement peu accentué, le mâle ayant gardé sa mobilité et vivant normalement aux dépens de l'hôte ainsi que la femelle. Ce mâle possède trois paires d'appendices en crochets, les antennes, maxilles et maxillipèdes, également développés, servant tant à ses déplacements qu'à sa fixation. L'abdomen et les orifices génitaux de la femelle sont ramenés loin vers l'avant sous la face ventrale. Les cordons ovigères sont de grande taille, contournés, et remplis de nombreuses rangées d'œufs.

Chez les *Chondracanthidæ* (*fig.* B) le dimorphisme sexuel est très accusé, le mâle, de petite taille étant toujours parasite de la femelle et ne pouvant guère se déplacer. Son corps et ses appendices sont moins robustes. Il porte deux péréiopodes courts. L'abdomen et les orifices génitaux de la femelle sont

situés à l'extrémité postérieure du tronc. Les cordons ovigères sont, en général, droits et ne contiennent qu'un petit nombre de rangées d'œufs.

Chez les *Lernentominæ* (*fig.* C), sous-famille strictement inféodée aux diverses espèces de *Trigla*, on trouve des dispositions très particulières. Le dimorphisme sexuel est très accentué, comme chez les *Chondracanthinæ*. La région antérieure de la femelle, contrairement à ce qui s'observe dans les deux autres sous-familles, plonge complètement dans les tissus de l'hôte grâce au développement d'un *cou* céphalique qui disjoint les antennules et les antennes des pièces buccales restées, avec la bouche, extérieures à l'hôte.

La biologie et la morphologie concourent donc à isoler les trois sous-familles de *Chondracanthidæ*. Sous l'angle phylétique il me paraît possible d'affirmer que la sous-famille la plus primitive est celle des *Pharodinæ*, proche des *Sphanchnotrophidæ* parasites de Mollusques, tandis que la plus évoluée serait celle des *Lernentominæ*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le premier stade biochimique de l'ossification.* Note (*) de MM. **Michel Polonovski** et **Pierre Cartier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans la théorie classique de Robison, la minéralisation du tissu osseux est sous la dépendance du déplacement de l'équilibre de solubilité des ions $Ca^{++}$ et $PO_4^{---}$ du milieu intérieur. Ce déséquilibre, qui aboutit à la précipitation de phosphate tricalcique, est déterminé par une élévation locale en ions $PO_4^{---}$ provenant de l'hydrolyse phosphatasique d'esters phosphoriques. Pour vérifier la part qui revient au processus phosphatasique dans les premiers stades de l'ossification, nous avons repris cette étude sur le cartilage ossifiable de l'os long de l'embryon de mouton, selon une technique inspirée de celle de Robison précédemment décrite (1).

En faisant varier, d'une part, la teneur en Ca et en P des solutions de Robison, et d'autre part la nature des combinaisons phosphorées (P minéral ou organique), nous avons, après incubation à 37° pendant 20 heures, obtenu les résultats suivants (rapportés au poids frais).

1° Mis en présence de solutions de Robison renfermant des concentrations croissantes de Ca, sans orthophosphates (I), le cartilage ossifiable fixe progressivement ce Ca, mais cette calcification n'est appréciable que pour des concentrations très supérieures à celles qui se trouvent réalisées *in vivo*, dépassant 0,50 g/l; elle n'intervient donc pas dans les conditions physiologiques. En l'absence de Ca, l'enrichissement du milieu en phosphates (II) ne

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(1) P. Cartier, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 331.

modifie pas la minéralisation du cartilage. La présence simultanée de Ca et de phosphates dans un rapport Ca/P égal à deux et à des concentrations voisines de celles du sang (III) n'entraîne aucun enrichissement du cartilage en phosphate de calcium.

| | Calcium fixé. ($\gamma$ pour 100$^{mg}$) | Phosphore fixé. ($\gamma$ pour 100$^{mg}$) | Rapport Ca/P. |
|---|---|---|---|
| **I. — $Ca^{++}$ *sans* $PO_4^{---}$.** | | | |
| 0/0/0 (*) | 44 | 25 | – |
| 20/0/0 | 72 | 27 | – |
| 50/0/0 | 123 | 27 | – |
| 100/0/0 | 187 | 33 | – |
| 200/0/0 | 256 | 43 | – |
| **II. — $PO_4^{---}$ *sans* $Ca^{++}$.** | | | |
| 0/5/0 | 48 | 32 | – |
| 0/10/0 | 56 | 36 | – |
| 0/20/0 | 44 | 33 | – |
| 0/50/0 | 48 | 40 | – |
| 0/100/0 | 52 | 45 | – |
| **III. — $Ca^{++}$ *et* $PO_4^{---}$.** | | | |
| 10/5/0 | 56 | 46 | – |
| 20/10/0 | 65 | 48 | – |
| **IV. — $Ca^{++}$ *et* P (esters).** | | | |
| 20/0/10 (Cori) | 82 | 65 | – |
| 20/0/10 (Harden-Young) | 93 | 72 | – |
| **V. — $Ca^{++}$ *et* P (A. T. P.).** | | | |
| 10/0/10 | 493 | 418 | 1,18 |
| 20/0/10 | 914 | 734 | 1,25 |
| 40/0/10 | 1050 | 794 | 1,32 |
| 80/0/10 | 1121 | 852 | 1,31 |
| | | Moyenne | 1,26 |
| **VI. — $Ca^{++}$ *et* P (acétylphosphate).** | | | |
| 20/0/10 | 82 | 59 | – |
| **VII. — $Ca^{++}$ *et* P (phosphagène).** | | | |
| 20/0/10 | 91 | 63 | – |

(*) L'abréviation de la formule de composition du liquide 20/0/10 (Cori) par exemple signifie : pour 100$^{cm^3}$, 20$^{mg}$ de Ca, pas d'orthophosphates, 10$^{mg}$ de phosphore sous forme d'ester des Cori.

2° Si l'on substitue aux phosphates des esters phosphoriques (glucose-1-phosphate, fructose 1-6-diphosphate) (IV), contrairement aux conclusions de Robison, le cartilage ne se minéralise pas. Nous avons d'ailleurs vérifié que le test de Kossa était négatif.

3° Au contraire, en remplaçant les esters phosphoriques par l'acide adénosine triphosphorique (A. T. P.), l'enrichissement du cartilage en Ca et en P devient considérable (V). Le degré de minéralisation s'élève avec la teneur en Ca. Cette action de l'A. T. P. est spécifique : ni l'acétylphosphate, ni le phosphagène qui possèdent un même potentiel énergétique de leur liaison phosphoryle que l'A. T. P., ne sont capables de phosphoryler le cartilage.

4° Notons enfin que le rapport Ca/P des coupes minéralisées est très différent de celui du phosphate tricalcique (1,94) et correspond à celui du phosphate bicalcique (1,29). Il ne s'agit cependant pas, comme l'avaient supposé Kramer et Shear ([2]), de formation de brushite, car, d'une part, cette brushite devrait se solubiliser en majeure partie lors des lavages prolongés des coupes à l'eau distillée, d'autre part, l'analyse rœntgenographique de ces coupes ne montre pas les raies caractéristiques de $PO_4CaH, 2H_2O$. Par sa troisième fonction acide, la moins ionisable, $PO_4H_3$ est fixé sur un groupement polaire (vraisemblablement aminé) de la matrice protéique, les deux premières étant liées au calcium.

En conclusion : Le mécanisme phosphatasique de Robison apparaît étranger au premier temps de l'ossification. Ce stade initial est caractérisé par une phosphorylation de la matrice protéique aux dépens de radicaux $PO^{4---}$ à haut potentiel énergétique, fournis par l'A. T. P. Cette transphosphorylation s'accompagne d'une fixation de Ca, réalisant une combinaison phosphoprotéino-calcique $\left[\text{Protéine—PO}\begin{smallmatrix}\diagup O \diagdown \\ \diagdown O \diagup\end{smallmatrix}\text{Ca}\right]$ de rapport Ca/P identique à celui du phosphate bicalcique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les substances fondamentales de la membrane cellulaire végétale au cours de la digestion chez la Brebis.* Note de M[lle] **Andrée Michaux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les matières pectiques et la cellulose étant étroitement associées chez les végétaux puisqu'elles sont les substances fondamentales de la jeune membrane cellulaire et que, d'autre part, les fibres de certaines plantes renferment des pecto-celluloses, nous avons étudié comparativement la digestibilité de chacune de ces substances (matières pectiques et cellulose) afin de déterminer, si, pour une alimentation donnée, il existe une certaine relation entre les quantités respectives de ces corps qui sont transformées dans le tube digestif.

---

([2]) *Journ. Biol. Chem.*, 79, 1928, p. 147.

Des Brebis ont reçu, pendant des périodes de 6 à 10 jours, des foins ou de la paille, ou de la pulpe de betteraves ou du marc de pommes. Sur une même prise initiale, les substances pectiques et la cellulose ont été dosées, les premières, par le procédé indiqué précédemment (1), la seconde, par la méthode de Kurshner et Hofer modifiée (2). Les déterminations ont été faites dans les aliments donnés et refusés (les différences donnant les quantités ingérées) et dans les matières fécales.

| Rations. | Corps pectiques ingérés (g). | Corps pectiques disparus (g). | Cellulose ingérée (g). | Cellulose disparue (g). | Coefficients de digestibilité. Corps pectiques disparus (%). | Coefficients de digestibilité. Cellulose disparue (%). | Coefficients de digestibilité. (C. pect. + cell.) disparus (%). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Foin | 77,42 | 61,79 | 167,65 | 90,97 | 79,80 | 54,26 | 62,35 |
| | 76,27 | 57,46 | 161,29 | 91,84 | 75,33 | 56,94 | 62,84 |
| | 86,30 | 69,36 | 216,52 | 121,16 | 80,37 | 55,96 | 62,91 |
| Foin | 101,65 | 77,01 | 234,52 | 158,21 | 75,75 | 67,47 | 70,0 |
| | 79,88 | 67,86 | 147,15 | 98,64 | 84,95 | 67,03 | 73,30 |
| Foin (agneau). | 42,07 | 27,39 | 73,65 | 39,36 | 65,10 | 53,44 | 57,67 |
| Paille | 19,04 | 7,33 | 147,51 | 85,55 | 38,49 | 58,00 | 55,77 |
| | 18,13 | 12,03 | 142,33 | 98,62 | 66,36 | 69,29 | 68,96 |
| Pulpe de betteraves. | 44,09 | 39,88 | 52,60 | 41,71 | 88,39 | 79,29 | 84,38 |
| | 64,95 | 60,33 | 84,93 | 70,18 | 92,89 | 82,63 | 87,07 |
| Marc de pommes... | 78,98 | 73,44 | 71,33 | 49,07 | 92,98 | 68,79 | 81,50 |
| | 68,81 | 63,12 | 63,40 | 44,96 | 91,72 | 70,91 | 82,48 |

En réservant les résultats recueillis chez un agneau dont la flore bactérienne était peut-être incomplètement développée et qui a reçu un foin et une préparation concentrée et sucrée de lait en poudre, les données obtenues chez les Brebis qui ont consommé et bien supporté les autres foins montrent que les quantités moyennes de cellulose ingérée et disparue, soit respectivement 185g,4 et 112g,2, sont supérieures à celles des matières pectiques, soit respectivement 84g,3 et 66g,7.

La digestion, chez les ruminants, s'effectuant principalement dans la panse (3), le brassage continu auquel sont soumis les aliments pendant leur passage très lent dans cet organe spacieux, doit faciliter l'action des microorganismes. Ainsi s'explique la digestion de quantités relativement importantes de cellulose chez un sujet en bonne santé, convenablement nourri.

Dans le cas des pulpes, les quantités moyennes de cellulose consommée et

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1034.

(2) *Techn. Chem. Papier Zellstoff*, 1919, p. 26-125, 1934, p. 14-31.

(3) R. A. Mc Anally et A. T. Phillipson, *Biol. Rev.*, **19**, 1944, p. 41.

disparue, 68$^g$,8 et 55$^g$,9, sont voisines de celles des corps pectiques, 54$^g$,5 et 50$^g$,1.

Par contre, avec le marc, les poids moyens de matières pectiques ingérées et disparues, 73$^g$,9 et 68$^g$,3 dominent ceux de la cellulose, 67$^g$,4 et 47$^g$,0.

Malgré les teneurs très différentes en corps pectiques des aliments donnés, foins ou marc, les quantités de ces substances qui ont disparu chez les brebis sont donc du même ordre. Elles sont plus faibles dans le cas de la pulpe. Mais, les poids de cellulose ingérée et disparue ont diminué, lorsque les foins ont été remplacés par la pulpe ou par le marc. Il est probable que les troubles graves observés chez les sujets soumis à ces deux dernières rations particulièrement déséquilibrées sont dus, au moins en partie, à l'insuffisance des quantités de cellulose consommée.

D'autre part, l'examen des coefficients de digestibilité de chacune de ces substances indique que, pour une ration donnée, les écarts individuels qui existent entre ces coefficients sont généralement beaucoup moins grands pour la cellulose que pour les corps pectiques.

Ces écarts sont très atténués ou pratiquement supprimés entre les coefficients de *digestibilité globale de l'ensemble de ces corps* (matières pectiques + cellulose). D'après les résultats relativement constants qui ont été ainsi obtenus, pour chaque aliment, la cellulose paraît être un élément régulateur dont l'influence compensatrice ne peut s'exercer que si les ingesta ont des teneurs en cellulose supérieures à celles des corps pectiques. Cette influence a été observée chez les brebis qui ont reçu les foins ou la paille, ou, à un degré plus faible, la pulpe de betteraves.

BACTÉRIOLOGIE. — *Une espèce bactérienne nouvelle isolée du sol :* Endosporus Filamentosus *n. sp.* Note (*) de M. **Jacques Pochon** et Mlle **Marie-Antoinette Chalvignac**, présentée par M. Joseph Magrou.

Une espèce bactérienne aérobie nouvelle a été isolée du sol. Elle est surtout caractérisée par son pouvoir fermentaire très actif sur l'amidon.

Au cours de recherches sur la dégradation bactérienne de l'amidon dans le sol (qui seront publiées ultérieurement), nous avons isolé un germe présentant des caractères très particuliers et méritant une description spéciale.

Le premier isolement a été fait sur plaque de silico-gel imprégné avec la solution saline de Winogradsky (azote nitrique). Le carbone est fourni sous forme de pain azyme. Ensemencement avec des grains de terre et isolement définitif sur gélose à l'amidon.

*Morphologie.* — Dans la culture très jeune le germe se présente sous forme

(*) Séance du 18 décembre 1950.

de bâtonnet de 2 à $3^{\mu}$ de long sur $0^{\mu},5$ de large, mais très rapidement un polymorphisme accentué se manifeste avec des formes longues qui peuvent devenir franchement filamenteuses, traversant un champ microscopique entier, formant une véritable chevelure sur la préparation. Les formes jeunes sont mobiles, péritriches. Le germe ne se colore pas par la méthode de Gram. Des spores clostridiennes apparaissent, toujours sur les formes courtes, dans les cultures âgées. Elles sont rares. L'étude cytologique de ce germe sera donnée ultérieurement (*Annales de l'Institut Pasteur*).

*Caractères culturaux.* — Il s'agit d'un germe aérobie facultatif, mais les cultures sont plus abondantes en aérobiose. La culture est possible à la température de 20°. Les spores résistent 2 minutes à 100°; elles sont tuées à cette température en 10 minutes.

Sur *silico-gel amidon :* colonies muqueuses incolores, transparentes, pouvant atteindre un diamètre de $2^{cm}$ en deux mois, avec $5^{mm}$ d'épaisseur.

Sur *gélose-amidon :* colonies muqueuses, circulaires, à bords réguliers, bombées, brillantes, transparentes, ne s'étirant pas au fil de platine, mais se déplaçant en masse sur la gélose.

En *gélose profonde :* colonies sphériques, petites, à surface lisse, réparties sur toute la hauteur du tube, mais plus abondantes dans les millimètres supérieurs; quelques bulles de gaz.

En *eau peptonée :* trouble uniforme, sans voile, mais avec une légère collerette; léger dégagement gazeux.

Le *lait* est coagulé en 24 heures, sans digestion du caillot. La *gélatine* est liquéfiée en 48 heures, avec formation d'un entonnoir au sommet de la piqûre.

Sur *sérum coagulé :* culture légère sans protéolyse.

Sur *pomme de terre :* culture abondante, brunâtre, avec attaque du substrat.

Il n'y a pas production d'$H_2S$ ni d'*indol:* par contre, il se forme de l'acétylméthylcarbinol en milieu glucosé.

Les nitrates sont réduits en nitrites. L'azote moléculaire n'est pas utilisé.

Le *citrate de sodium* n'est pas utilisé comme source unique de carbone. Le *rouge neutre* est réduit.

L'utilisation des *glucides* a été étudiée en eau peptonée et en milieu salin synthétique. Les sucres et alcools suivants sont fermentés avec acidification et léger dégagement gazeux : glucose, lévulose, galactose, saccharose, maltose, lactose, amidon, glycérol, mannitol; les pentoses (arabinose et xylose) et la cellulose ne sont pas fermentés.

Le type fermentaire a été précisé sur milieu synthétique salin additionné d'extrait de levure et d'amidon, en aérobiose. Il se forme de petites quantités d'alcool et d'aldéhyde et surtout de l'acide acétique. En anaérobiose, le type fermentaire est différent : acides acétique et butyrique dans le rapport d'un butyrique pour deux acétique.

Ce germe, qui par sa morphologie rentre nettement dans le genre *Endosporus*,

est différent de tous les *Endosporus* actuellement bien individualisés. Il se rapproche peut-être d'*Endosporus mucosus* (Klein, 1901), mais la description de ce dernier est insuffisante pour que l'on puisse l'identifier de façon nette. De plus, son habitat (boudin) est tout à fait différent. Aussi proposons-nous de considérer le germe que nous avons isolé comme une espèce nouvelle avec le nom d'*Endosporus filamentosus* n. sp.

BACTÉRIOLOGIE. — *L'exotuberculine saturée allergique.* Note de M. **Guido Finzi**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note publiée en 1930 (1), nous énoncions :

*a.* que dans les milieux de culture convenables, la production d'exotuberculine par des bacilles tuberculeux du type humain et bovin, est très active dans les premiers jours et dans les premières semaines, elle atteint son maximum entre la sixième et la huitième semaine;

*b.* que de la huitième à la vingtième semaine, la production d'exotuberculine est plus limitée;

*c.* que dans n'importe quel milieu de culture, après la vingtième semaine, la production de l'exotuberculine tend à diminuer.

On doit se demander si c'est l'activité excrétoire des bacilles tuberculeux qui s'atténue après avoir atteint un maximum, ou bien si ce sont les principes actifs déjà élaborés par les germes qui eux-mêmes s'atténuent ou se transforment.

En vue d'élucider la question, nous avons entrepris une série de recherches qui seront exposées en détail ailleurs (2). Nous n'en donnerons ici qu'un résumé succinct.

A des flacons d'une contenance d'environ 1000$^{cm^3}$ renfermant des cultures de bacilles tuberculeux humains ou bovins en milieu Sauton à la surface duquel s'est formé un voile après six à huit semaines de séjour à l'étuve à une température comprise entre 38 et 38°,5, on imprime un léger mouvement de rotation jusqu'à faire tomber en gros fragments, le voile au fond du récipient. Quand toute la surface du milieu est parfaitement libre de toute trace de voile, on sème à la surface, suivant la technique habituelle, des fragments, petits et minces, de voile, prélevés sur des cultures sur pomme de terre obtenues avec des souches de bacilles de Koch correspondantes.

Il se constitue alors à partir du fragment déposé à la surface du milieu *ancien* un nouveau voile, sec et fragile d'abord, qui devient bientôt épais, plissé, rugueux, gras humide jusqu'à atteindre, vers la sixième semaine, une

(1) *Rend. del R. Acad. Naz. del Liniei*, 12, 1930, série VI, 2e semestre, p. 145.

(2) G. Finzi, *Bull. Acad. Vétér. France*, 1951 (sous presse).

épaisseur presque toujours supérieure à celle du premier voile que l'on avait fait tomber au fond du récipient.

Les nouveaux germes introduits dans les milieux y trouvent encore un terrain favorable à leur multiplication et ils ajoutent à l'exotuberculine déjà formée, d'autres éléments qui progressivement augmentent leur degré de concentration et par conséquence celui de l'activité de l'exotuberculine.

A ce nouveau type d'exotuberculine nous avons donné le nom d'*exotuberculine saturée allergique*.

L'exotuberculine saturée est donc composée de la somme des produits excrétés par les bacilles tuberculeux à la suite des ensemencements effectués à six ou huit semaines d'intervalle, produits qui s'accumulent ainsi dans le même milieu.

L'exotuberculine saturée utilisée dans le diagnostic de la tuberculose bovine s'est révélée d'une activité de loin supérieure à l'exotuberculine simple obtenue en milieu Sauton, dans les conditions habituelles, avec des souches de bacilles tuberculeux identiques à celles employées pour la préparation de l'exotuberculine saturée.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

L. B.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 13 novembre 1950.)

Note présentée le 30 octobre 1950, de M. *Jacques Valensi*, Sur le calcul élémentaire des coefficients caractéristiques du fonctionnement d'un turboréacteur pour les hauts régimes (sortie sonique) :

Page 1032, 4e ligne, *après* approximations, *ajouter* on trouve que.

» 6e ligne, *au lieu de* d'en déduire, *lire* de déduire de ce résultat.

» 11e ligne, *après* sionnel, *ajouter* et adiabatique.

» 15e ligne, *supprimer* de l'ordre de 0,5 ou.

» 16e ligne, *supprimer* et des pertes de chaleur.

Page 1034, 6e ligne, *après* les paramètres $\sigma$, $k$, $\eta_t$ et $\eta_c$ *supprimer le texte jusqu'à la fin de la Note et remplacer par* . Les valeurs ainsi obtenues sont tout à fait satisfaisantes et permettent d'effectuer ensuite avec une très bonne approximation tous les calculs où interviennent les performances du moteur dans le cas où la sortie est sonique.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1950.

*Chemische Technologie anorganische Technologie II*, von KARL WINNACKER und ERNST WEINGAERTNER. München, Carl Hanser Verlag, 1950; 1 vol. 24$^{cm}$,5.

*Les apports de la mécanique ondulatoire à l'étude de la molécule.* T. I. *Les propriétés chimiques des molécules étudiées à l'aide des méthodes de la mésomérie des orbites moléculaires et des diagrammes moléculaires*, par PASCALINE et RAYMOND DAUDEL. Préface de LINUS PAULING. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1950; 1 vol. 22$^{cm}$,5.

*Statique et résistance des matériaux*, par PAUL MONTEL. Troisième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. reproduction photomécanique, 25$^{cm}$.

Manuels Ouest-africains. Vol. II. *Mollusques testacés marins de la côte occidentale d'Afrique*, par MAURICE NICKLÈS. Paris, Paul Lechevalier, 1950; 1 vol. 25$^{cm}$ (présenté par M. R. Heim).

Pontificiæ academiæ scientiarum scripta Varia 7. *Semaine d'étude sur le problème biologique du cancer.* Citta del Vaticano, 1949; 1 vol. 25$^{cm}$.

*Strain specificity and production of antibiotic substances.* IX. *Bacteriostatic and bactericidal properties of neomycin and development of resistant strains*, by DAVID WEISS, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the national academy of sciences.* Vol. XXXVI, n° 5, 1950; 1 fasc. 25$^{cm}$,5.

*Antimicrobial properties of neomycin*, by SELMAN A. WAKSMAN, EDWARD KATZ, HUBERT LECHEVALIER. Extrait de *The Journal of Laboratory and clinical medicine Saint-Louis.* Vol. XXXVI, n° 1, 1950; 1 fasc. 25$^{cm}$.

*Streptomycin and neomycin an antibiotic approach to tuberculosis*, by SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *British medical Journal.* Vol. ii, 1950; 1 fasc. 21$^{cm}$,5.

*Les inventeurs célèbres. Sciences physiques et applications*, publié sous la direction de LOUIS LEPRINCE-RINGUET. Paris, Les éditions d'art Lucien Mazenod, 1950; 1 vol. 30$^{cm}$.

Institut national de la statistique et des études économiques. Études et Documents. *Pêcheries mondiales et marché du poisson.* T. I, par L. J. LEBRET et J. SAUVÉE. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 vol. 24$^{cm}$.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du parc national Albert. Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fasc. 34. *Coccinellidæ.* II Teil, von L. MADER. Bruxelles, 1950; 1 vol. 26$^{cm}$.

*Chimie et Industrie.* XXIII$^{e}$ *Congrès de chimie industrielle*, VI$^{e}$ *Congrès de chimie pure et appliquée.* Milan, septembre 1950; 1 fasc. 27$^{cm}$,5.

*Bernard creador de la medicina cientifica*, por JOSE JOAQUIN IZQUIERDO. Imprenta Universitaria de Mexico, 1942; 1 vol. 24$^{cm}$.

*Raudon cirujano poblano de* 1810, por JOSE JOAQUIN IZQUIERDO. Mexico, Ediciones ciencia, 1949; 1 vol. 24$^{cm}$.

Académie des sciences de l'U.R.S.S. *Les travaux sur les fondements de la physique statistique*, par N. S. KRYLOV. Moscou, Leningrad, Maison des publications de l'Académie des sciences, 1950; 1 vol. 23$^{cm}$.

Federal security agency. Public health Service *An index of tumor chemotherapy*, by HELEN M. DYER. National Institute of Health, 1949 ; 1 vol. 23$^{cm}$.

*La lèpre*, par R. CHAUSSINAND. Paris, L'Expansion scientifique française, 1950 ; 1 vol. 21$^{cm}$,5 (présenté par M. J. Tréfouël).

Centre national de la recherche scientifique. *L'ozone atmosphérique*, par CHARLES FABRY. Préface de JEAN CABANNES. Paris, Éditions du centre national de la recherche scientifique, 1950 ; 1 vol. 23$^{cm}$,5.

*Contribution à l'étude des silicoflagellidés actuels et fossiles*, par GEORGES DEFLANDRE. Extrait de *Microscopie*. T. II, 1950. Paris, Éditions de la Revue d'optique, 1950; 1 vol. 24$^{cm}$.

*Œuvres scientifiques de Jean Perrin*. Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1950; 1 vol. 24$^{cm}$.

*Annales de l'Institut Pasteur*, publiées par la DIRECTION DE L'INSTITUT PASTEUR avec le concours des chefs de service et des chefs de laboratoire. T. LXXIX, n°5. *Volume jubilaire de Jules Bordet*. Paris, Masson et C$^{ie}$, 1950; 1 vol. 25$^{cm}$.

*Remise de la cravate de Commandeur de la légion d'honneur à M. le doyen Bigot*, 18 février 1950. Caen, Imprimerie Ch. Le Tendre; 1 fasc. 22$^{cm}$.

*Faune de l'empire français*. XIV. *Lépidoptères rhopalocères de l'Océanie française*, par PIERRE VIETTE. Paris, Office de la recherche scientifique Outre-Mer, 1950 ; 1 fasc. 28$^{cm}$,5 (présenté par M. L. Fage).

*Précis de technologie et de chimie industrielle*. T. I. *Les problèmes généraux de l'industrie chimique*, par PIERRE CARRÉ. Cinquième édition. Paris, J.-B. Baillère, 1950 ; 1 vol. 25$^{cm}$,5 (présenté par M. L. Hackspill).

*Le système sanguin rhesus*, par ANDRÉE TÉTRY, in *Sciences d'aujourd'hui*. Paris, Albin-Michel, 1950; 1 vol. 18$^{cm}$,5.

*La genèse et la valeur de la connaissance positive*, par MARCEL GUICHARD, in *Bibliothèque de philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1950; 1 vol. 19$^{cm}$.

*Supplément à la flore générale de l'Indochine*. T. I. Fasc. 9. *Ampélidacées, Sapindacées, Staphyléacées, Hippocastanéacées, Bretschneidéracées, Acéracées*, par F. GAGNEPAIN. Paris, Muséun national d'histoire naturelle. Phanérogamie, 1950; 1 vol. 25$^{cm}$.

International council of scientific Unions. *The fifth general assembly of the International council of scientific Unions held at Copenhagen, september* 14$^{th}$ to 16$^{th}$ 1949. *Reports of Proceedings*, edited by F. J. M. STRATTON. Cambridge, 1950; 1 vol. 24$^{cm}$,5

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 8 JANVIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

### MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Gustavo Colonnetti**, Correspondant de l'Académie, et **François Van den Dungen**, Président de l'Académie Royale de Belgique, qui assistent à la séance.

BOTANIQUE. — *Découvertes récentes de plantes intéressantes dans le Haut-Oubangui.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Depuis l'époque lointaine (1902-1904) où nous faisions la première prospection botanique de l'Oubangui-Chari (Afrique centrale française), la connaissance de la flore de cette vaste contrée a fait de grands progrès, spécialement dans la région du Haut-Oubangui, mais ils sont peu connus. Après nous, il y a 25 ou 30 ans, deux administrateurs : Baudon et G. Le Testu firent déjà dans cette contrée quelques récoltes botaniques. Dans le même temps, dès 1911, un missionnaire qui est un observateur sagace et un collecteur infatigable de plantes de cette région, le R.-P. Charles Tisserant, faisait des récoltes botaniques importantes dans le bassin de l'Oubangui qu'il poursuit depuis bientôt quarante années. Il a recueilli environ 5700 numéros d'herbier qui se trouvent à l'Herbier du Muséum de Paris. Un petit nombre d'espèces seulement ont été décrites, notamment deux genres nouveaux remarquables. Venu en France en congé à quatre reprises seulement, il a profité de courts séjours au Muséum pour nommer et décrire un certain nombre d'espèces qu'il avait découvertes.

Nommé en 1947 chef de la section botanique de la Station centrale de l'Agriculture à Bukoko, il a réuni seul, puis en collaboration avec deux jeunes naturalistes, un herbier de 2000 espèces recueillies surtout dans la forêt dense des environs, située par environ 4° de latitude S. Cette forêt semble d'une richesse extrême. Elle renferme à la fois des espèces de la Côte d'Ivoire, du Cameroun, du Gabon, du Congo belge et même de l'Afrique orientale. Les espèces à bois dur, notamment les Sapotacées y sont très nombreuses. Pour récolter des

spécimens d'herbier en fleurs et en fruits, le R.-P. Tisserant a formé une équipe de récolteurs-grimpeurs appartenant les uns à des familles de Pygmées, les autres à la tribu Lissongo. Ils partent chaque jour dans la forêt et rapportent au P. Tisserant, le soir, une dizaine d'espèces à mettre en herbier, fournissant les noms vernaculaires et indiquant les propriétés que les Noirs attribuent à ces plantes. Pendant notre séjour à Bukoko, le R.-P. Tisserant et son équipe nous ont fourni des spécimens et des renseignements sur des végétaux qui nous intéressent particulièrement. Nous avons vu quatre espèces de *Strophanthus* dans la région : *S. sarmentosus*, *S. hispidus*, *S. gratus* et *S. Preussii*. Chose curieuse, les Africains de ce pays, Pygmées et autres, ne semblent pas connaître les propriétés toxiques des graines de ces *Strophanthus*. Ils ne les utilisent pas pour préparer leurs poisons de flèches. Pour fabriquer ce poison ils se servent exclusivement des fruits (graines et péricarpes) d'une liane Asclépiadée que nous avons nommée autrefois *Periploca wildemani* Chev., mais qui est en réalité un *Omphalogonus* nommé *Mbunga* en lissongo. Les propriétés chimiques de cette plante regardée comme extrêmement toxique par les Pygmées n'ont pas encore été étudiées.

Les recherches que nous poursuivons ont porté aussi sur deux lianes communes dans la forêt de ce pays, appartenant à l'ordre des Gymnospermes, famille des Gnétacées et dont nous faisons l'étude. L'une d'elles observée déjà au Cameroun a été nommée *Gnetum Bucholzianum* Engler (1908); elle est connue à Bangui et dans tous le pays sous le nom de *Koko*. A l'état frais, elle joue un rôle important dans l'alimentation des indigènes et les feuilles hachées se vendent sur tous les marchés. Les Pygmées vont recueillir le *Koko* en grimpant dans les arbres et ils en apportent de grosses bottes dans les villages. Les femmes Lissongo préparent ensuite les feuilles en les découpant en fines lanières; on les mange à l'état cru, ou cuites comme des épinards et l'on en fait une sorte de sauce à laquelle on ajoute du sel et dans laquelle on trempe les boules de manioc au fur et à mesure qu'on les mange. Cette bouillie verte est assez appétissante, mucilagineuse, probablement riche en vitamines, mais elle laisse dans la bouche une sorte d'étoupe que l'on avale aussi.

Le R.-P. Tisserant nous a fait connaître une autre espèce que nous nommons *Gnetum Tisseranti*, très distincte par ses feuilles plus étroites, terminées par un long acumen; les épis, très grêles, ont 3 à $4^{cm}$ de long. Les Lissongo la nomment *Kali*. Elle est moins estimée que l'autre pour préparer la sauce de manioc. La graine ovoïde, apiculée, est fixée sur un épi long et très grêle.

Ces *Gnetum*, lianes de l'Afrique tropicale, nous paraissent constituer un genre spécial bien distinct des *Gnetum* de l'Indo-Malaisie que nous avons observés autrefois à Java. L'étude anatomique de ces lianes africaines nous fixera sur les caractères qui les distinguent des vrais *Gnetum* et dès à présent nous en faisons un genre spécial que nous nommons le G. *Gneto kokotum*, rappelant ses affinités avec les *Gnetum* et son nom vernaculaire dans l'Oubangui.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du rubidium du sang entre le plasma et les globules.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Nous avons démontré la présence normale du rubidium dans le sang du Cheval ([1]), puis dans celui de l'Homme ([2]). La proportion du métal alcalin n'est pas très grande, mais elle est loin d'être négligeable : tandis qu'il y a, par exemple, dans $1^l$ de sang humain environ $500^{mg}$ de fer ([3]), $20^{mg}$ de zinc ([4]), $0^{mg},5$ de cuivre ([5]), $0^{mg},02$ de manganèse ([6]), 20 fois moins encore de nickel et de cobalt, nous y avons dosé de 2 à $5^{mg}$ de rubidium.

Cette notion étant acquise, il était intéressant de rechercher si le rubidium est répandu d'une manière uniforme dans la masse du sang ou s'il présente, au contraire, une concentration différente dans la partie liquide et la partie solide, dans le plasma et les globules.

Pour obtenir une réponse à cette question, nous avons expérimenté sur du sang de Cheval et sur du sang humain.

Le sang est, comme on sait, un liquide très instable qui se coagule peu de temps après sa sortie des vaisseaux, plus ou moins vite selon les espèces et, pour une même espèce, selon les individus dont il provient. On peut retarder cette transformation par divers moyens, mais on n'a pas encore vérifié si ces moyens sont sans action sur la perméabilité des globules quant aux combinaisons minérales qui nous intéressent ici. Nous avons donc essayé tout d'abord de séparer le plasma et les globules mécaniquement, sans aucun autre artifice, par une centrifugation rapide. L'expérience étant bien préparée, nous avons pu réussir une fois avec du sang de Cheval et une fois avec du sang humain à réaliser la séparation du plasma et du culot globulaire assez à temps pour que le plasma soit encore liquide et puisse être mesuré. Encore ferons-nous remarquer que la viscosité du plasma manifestait déjà une augmentation perceptible. La mesure du liquide était de ce fait un peu moins exacte que l'on pouvait désirer, mais les différences constatées par les analyses entre la composition du plasma surnageant et celle du dépôt globulaire étaient si grandes que la réponse à la question envisagée est apparue de la façon la plus nette. Nous avons, en effet, trouvé, en rapportant les chiffres, aussi bien pour le culot globulaire que pour le plasma, au volume d'un litre :

---

(1) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 25.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1815.

(3) D'après Carl Schmidt, dont les résultats à ce sujet, sont rapportés dans G. Bunge : *Cours de Chimie biologique et pathologique*, traduction française, 1891, p. 222 et suiv., Paris.

(4) C. Delézenne, *Ann. Inst. Past.*, **27**, 1913, p. 1-11.

(5) C. A. Elvehjem, H. Steenback et E. B. Hart, *J. Biol. Chem.*, **83**, 1929, p. 21-25.

(6) G. Bertrand et F. Medigreceanu, *Bull. Soc. chim.*, 4e sér., **11**, 1912, p. 665.

| | Sodium (g). | Potassium (g). | Rubidium (mg). |
|---|---|---|---|
| *Avec le sang de Cheval.* | | | |
| Dans le plasma | 1,65 | 1,86 | 1,46 |
| Dans le culot globulaire | 1,36 | 2,36 | 4,08 |
| *Avec le sang d'Homme* n° 38. | | | |
| Dans le plasma | 2,83 | 0,10 | 2,00 |
| Dans le culot globulaire | 0,27 | 3,77 | 5,32 |

Nous avons comparé aussi, ce qui est plus aisément réalisable que l'expérience précédente, le sang entier et le sérum qu'il fournit par coagulation spontanée dans un tube tenu au repos jusqu'au lendemain, en position verticale. Il n'est pas difficile dans ce cas de mesurer exactement comme nous l'avons fait $10^{cm^3}$ de sang entier dans une petite fiole jaugée, puis de transvaser cette prise d'essai dans une capsule de platine, avec les eaux de lavage de la petite fiole (environ 3 à $4^{cm^3}$ en deux fois), sans avoir à craindre une coagulation. Une prise d'essai exacte de sérum est effectuée de la même manière ([7]).

En opérant sur le sang du même cheval et celui du même homme (n° 38) que ci-dessus et sur un second sang humain (n° 35), les résultats suivants ont été obtenus :

| | Sodium (gr). | Potassium (gr). | Rubidium (mg). |
|---|---|---|---|
| *Avec le sang de Cheval.* | | | |
| Dans le sérum | 1,61 | 1,94 | 1,14 |
| Dans le sang entier | 1,45 | 1,85 | 2,14 |
| *Avec le sang d'Homme.* | | | |
| Dans le sérum (n° 38) | 2,93 | 0,128 | 1,14 |
| Dans le sérum (n° 35) | 3,30 | 0,086 | 1,80 |
| Dans le sang entier (n° 38) | 1,62 | 1,77 | 3,45 |
| Dans le sang entier (n° 35) | 1,15 | 2,49 | 2,60 |

La teneur en rubidium beaucoup plus élevée du sang entier que du sérum ne peut tenir, comme dans les expériences précédentes, qu'à la présence des globules dont il y a ordinairement par centimètre cube environ 4 millions chez le Cheval et près de 5 millions chez l'Homme. La numération avait donné : pour le sang de l'homme n° 38 (âgé de 24 ans) 4 millions 200 000 et pour celui de l'homme n° 35 (âgé de 52 ans) 4 millions 400 000.

([7]) Pour la technique des dosages, voir *loc. cit.* en ([2]).

En opérant sur une douzaine de sujets adultes du sexe masculin, nous avions trouvé antérieurement ([8]) des quantités de rubidium allant dans un litre de *sang entier* de $1^{mg},63$ à $4^{mg},95$, soit une quantité moyenne de $3^{mg},15$. Afin d'atteindre un degré d'approximation plus étroit quant à la teneur moyenne du *sérum*, nous avons préparé et analysé six autres échantillons de sérum ayant comme origine de jeunes hommes affectés au service militaire. Les résultats de ces analyses, rapprochés de ceux des sérums n° 35 et n° 38, donnent le Tableau suivant :

| Numéros des sujets. | Sodium (g). | Potassium (g). | Rubidium (mg). |
|---|---|---|---|
| 21 | 3,64 | 0,14 | 1,22 |
| 22 | 3,21 | 0,08 | 0,62 |
| 23 | 3,61 | 0,11 | 1,18 |
| 24 | 3,27 | 0,08 | 0,53 |
| 27 | 3,48 | 0,14 | 1,59 |
| 28 | 3,77 | 0,09 | 1,09 |
| 35 | 3,30 | 0,09 | 1,80 |
| 38 | 2,93 | 0,13 | 1,14 |
| TOTAUX | 27,21 | 0,85 | 9,17 |
| Écarts | 2,93 à 3,77 | 0,08 à 1,14 | 0,53 à 1,80 |
| Moyennes | 3,29 | 0,11 | 1,14 |

En résumé, on peut dire que le rubidium contenu dans le sang, à côté du sodium et du potassium, est réparti d'une manière très inégale entre le plasma et les globules : il y a environ trois fois plus de rubidium dans les globules que dans la partie liquide les tenant en suspension.

Compte tenu des limites d'exactitude des méthodes d'analyse employées, ce rapport ne change pas quand le sang se coagule, de sorte que pour un sang donné, le sérum a très sensiblement la même teneur en rubidium que le plasma. Il en est de même quant aux deux autres métaux alcalins également dosés.

On savait depuis longtemps que le potassium est en proportion plus élevée dans les globules que dans le plasma, alors que le sodium se trouve presque entièrement dans ce dernier ([9]). On est ainsi conduit à penser que le potassium intervient dans les globules comme biocatalyseur alors que le sodium agit surtout comme régulateur de la pression osmotique.

D'après les résultats que nous venons de présenter, le rubidium se placerait donc à côté du potassium aussi bien au point de vue biologique qu'au point de vue chimique.

---

([8]) *Loc. cit.* en ([2]).

([9]) Aussi d'après C. Schmidt [*loc. cit.* en ([3])].

M. **Frédéric Joliot** fait hommage d'un Ouvrage intitulé : *Paul Langevin. La pensée et l'action*, auquel il a donné une Préface.

M. **Henri Besairie** adresse à l'Académie les feuilles : *Iakora*, *Vondrozo*, *Farafangana*, *Ranotsara*, *Midongy du Sud*, *Vangaindrano*, de la *Carte géologique* de Madagascar *au* 1/200000, établies avec le concours de ses collaborateurs, MM. Rakotondramazava, Rajaonarivelo, Andriamampandry, et leurs *Notices explicatives*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Basic refractories. Their Chemistry and Their Performance*, by J. R. Rait.

2° Congrès international de Psychiatrie (Paris, 1950). *Exposition internationale de l'histoire et des progrès de la Psychiatrie au Palais de la Découverte*. — *Histoire et progrès de la Psychiatrie. Résumé de la contribution du Portugal*,

3° Une série de Conférences faites au Palais de la Découverte en 1949 et 1950.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'inversion des transformateurs.* Note de M. **Claude Berge**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Poursuivons l'étude d'une Note antérieure (¹) avec les mêmes notations. *L'inverse* $A^{-1}$ *d'un transformateur* A sera par définition la relation qui fait correspondre à $e$ la somme $A^{-1}e$ des ensembles $E_\lambda$ de $D_A$ tels que $AE_\lambda \neq O$ et $AE_\lambda \subset e$. Si $e \in \Delta_A$, on a $e = AE$, d'où $E \subset A^{-1}e$, d'où enfin

$$e = AE \subset AA^{-1}e.$$

On a donc $AA^{-1} \supset 1$ dans $\Delta_A$, et, pour la même raison, $A^{-1}A \supset 1$ dans $D_A$.

2. Examinons ce que deviennent ces relations dans le cas où le transformateur A est complètement additif, ou *complet*.

Lemme 1. — *Si* A *est un transformateur complet,* $AE \subset e$ *équivaut à* $E \subset A^{-1}e$.

En effet, si $E \subset A^{-1}e$, on peut trouver dans $D_A$ des ensembles $E_\lambda$ tels que $AE_\lambda \subset e$ et $\Sigma E_\lambda \supset E$; d'où

$$AE \subset A(\Sigma E_\lambda) = \Sigma AE_\lambda \subset e.$$

Lemme 2. — *Si* A *est un transformateur complet,* $AA^{-1} = 1$ *dans* $\Delta_A$.

(¹) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1404.

En effet, si $E_i \in D_A$, $AE_i \subset e$, on a

$$AA^{-1}e = A(\Sigma E_i) = \Sigma AE_i \subset e.$$

Mais on a aussi l'inclusion inverse, d'où $AA^{-1}e = e$.

Théorème. — *Si* A *est un transformateur complet et régulier*, $e = AE$ *équivaut à* $E = A^{-1}e$.

En effet, si $AE = e$, on a $E \subset A^{-1}e$. Si $E \neq A^{-1}e$, on pourrait donc trouver un ensemble $\varepsilon (\in D_A)$ non contenu dans E et tel que $E \dotplus \varepsilon \subset A^{-1}e$. Or, d'après le lemme 1,

$$e \dotplus A\varepsilon = AE \dotplus A\varepsilon = A(E \dotplus \varepsilon) \subset e.$$

On aurait donc $A\varepsilon \subset AE$, et l'on a démontré (¹) que, A étant régulier, cela entraîne $\varepsilon \subset E$, ce qui serait absurde.

Inversement, si $E = A^{-1}e$ et $e \in \Delta_A$, on a, d'après le lemme 2,

$$AE = AA^{-1}e = e.$$

De ce théorème, on déduit que, A et B étant des transformateurs complets réguliers,

$$(AB)^{-1} = B^{-1}A^{-1}.$$

Remarquons que si A est un transformateur complet et régulier (pour $D_A$), $A^{-1}$ est un transformateur complet et régulier pour $\Delta_A$. En effet, d'après le lemme 2,

$$A(\Sigma A^{-1}e_i) = \Sigma(AA^{-1}e_i) = \Sigma e_i = A(A^{-1}\Sigma e_i).$$

Comme A est régulier, on a bien $\Sigma A^{-1}e_k = A^{-1}\Sigma e_k$.

En outre, $A^{-1}e_1 = A^{-1}e_2$ entraîne bien $e_1 = AA^{-1}e_1 = AA^{-1}e_2 = e_2$. On peut donc appliquer le théorème à $A^{-1}$, : $e = AE$, qui équivaut à $E = A^{-1}e$, équivaut aussi à $e = (A^{-1})^{-1}E$; d'où

$$(A^{-1})^{-1} = A.$$

3. *Le transformateur associé* $A^*$ *d'une relation* A sera par définition la relation qui fait correspondre à $e$ l'ensemble $A^*e$ des éléments $y$ tels que $e.Ay \neq O$. Son intérêt provient de ce qu'il est un transformateur complet pour toute famille additive d'ensembles. En effet, si $e = O$, aucun élément $y$ ne peut vérifier $e.Ay \neq O$, donc $A^*e = O$. D'autre part, si $y \in A^*(\Sigma e_k)$, on a $(\Sigma e_k).Ay \neq O$, donc $e_k.Ay \neq O$ pour $k$ bien choisi, et $y \in \Sigma A^*e_k$. La démonstration pouvant être faite à rebours,

$$A^*(\Sigma e_i) = \Sigma A^*e_i.$$

On voit aisément que si A est complet dans tout $D_A$,

$$(A^*)^* = A.$$

4. Théorème. — *Si A est un transformateur régulier et isovalent, son transformateur associé* $A^*$ *est régulier et isovalent pour* $\Delta_A$.

En effet, si $A^*e_1 = A^*e_2$, $e_1.Ay \neq O$ équivaut à $e_2.Ay \neq O$. Comme $e_1 = A\varepsilon_1$, $e_2 = A\varepsilon_2$, et A est isovalent, $A(\varepsilon_1.y) \neq O$ équivaut à $A(\varepsilon_2.y) \neq O$, et $y \in \varepsilon_2$ équivaut à $y \in \varepsilon_2$; d'où $e_1 = A\varepsilon_1 = A\varepsilon_2 = e_2$ : $A^*$ est donc régulier.

Si maintenant $y \in A^*e_1 . A^*e_2$, on a $e_1 . Ay \neq O$, $A(\varepsilon_1 . y) \neq O$, et, par suite de la régularité, $y \in \varepsilon_1$. D'où $\varepsilon_1 . \varepsilon_2 . y \neq O$ et

$$A(e_1 . e_2) . Ay = A\varepsilon_1 . A\varepsilon_2 . Ay = A(\varepsilon_1 . \varepsilon_2 . y) \neq O.$$

Donc $A^*e_1 . A^*e_2 \subset A^*(e_1 . e_2)$; mais comme $A^*$ est un transformateur, on a aussi l'inclusion inverse, d'où

$$A^*e_1 . A^*e_2 = A^*(e_1 . e_2). \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Les relations $A^{-1}$ et $A^*$ jouent dans la théorie des transformateurs isovalents les mêmes rôles que l'inverse et l'associé dans la théorie des opérateurs linéaires. Nous appliquerons ces différentes notions à la théorie des jeux alternatifs.

## THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Radstrom.* Note (*) de M. Yves Martin, présentée par M. Paul Montel.

Dans un article récent ([1]), M. H. Radstrom démontrait le théorème suivant :

Soit $f(z) = \sum_0^\infty a_n z^n$ une fonction, soit entière d'ordre supérieur à 1, soit holomorphe seulement pour $|z| < R$. Il est possible de déterminer des nombres $\omega_n$ avec $|\omega_n| = 1$ de telle façon que les dérivées successives de $k(z) = \sum_0^\infty a_n \omega_n z^n$ admettent l'origine pour point d'accumulation de leurs zéros. On peut restreindre le choix des $\omega_n$ à $+1$ ou $-1$ si $f(z)$ est d'ordre supérieur à 2 ou présente une singularité à distance finie.

Théorème 1. — *Soit* $f(z) = \sum_0^\infty \frac{b_n}{n!} z^n$. *Si l'on a*

$$\lim_{n=\infty} \left| \frac{b_{n+1}}{b_n} \right| = +\infty, \tag{1}$$

*on peut déterminer des nombres* $\omega_n$ *prenant les valeurs* 1 *ou* $a$ (*a arbitraire*

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) H. Radstrom, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 35, n° 7, 1949, p. 399-404.

*différent de* 1) *de telle façon que l'origine soit point d'accumulation des zéros des dérivées successives de* $k(z) = \sum_0^\infty \frac{b_n \omega_n z^n}{n!}$.

En particulier, le théorème 1 est vrai pour toutes les fonctions qui présentent un point singulier à distance finie ou qui, entières, sont au moins du type exponentiel maximum. La condition (1) est nécessaire en ce sens que si elle cesse d'être vérifiée, la conclusion du théorème 1 peut être inexacte : c'est le cas pour la fonction $f(z) = e^z$, même si l'on étend le choix des $\omega_n$ non plus seulement à deux valeurs distinctes mais à des valeurs arbitraires, même en nombre infini, astreintes seulement à vérifier $\overline{\lim}_{n=\infty} (|\omega_{n+1}/\omega_n|) < +\infty$. Cette remarque conduit au théorème 2 qui contient le précédent.

THÉORÈME 2. — *Avec les notations du théorème* 1, *si l'on a*

$$\overline{\lim}_{n=\infty} \left| \frac{b_{n-1}}{b_n} \right| = D \qquad (D > 0),$$

*on peut déterminer une fonction* $k(z)$ *dont les zéros des dérivées successives admettent un point d'accumulation dans le cercle* $|z| < K(a)/D$, $K(a)$ *ne dépendant que de la valeur* $a$ *que peut prendre* $\omega_n$ *et étant égale à*

$$\frac{\exp.\left[-i\nu\left(\frac{1}{1-a}\right)\right]}{\nu'\left(\frac{1}{1-a}\right)},$$

$\nu(z)$ *étant la fonction inverse de la fonction modulaire* $\lambda(z)$.

THÉORÈME 3. — *En conservant les mêmes notations, si l'on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{b_{n+1}}{b_n} = 0,$$

*ce qui exige que* $f(z)$ *soit entière au plus du type exponentiel minimum, alors seul le point à l'infini peut être point d'accumulation des zéros des dérivées de* $k(z)$, *quel que soit le choix des* $\omega_n$ *vérifiant seulement la condition* $\lim_{n-\infty}(\omega_{n+1} b_{n+1}/\omega_n b_n) = 0$, *ce qui a lieu en particulier si les valeurs des* $\omega_n$ *ne peuvent être prises qu'à l'intérieur d'une couronne de centre* O *et de rayons* $r_1$ *et* $r_2$ $(0 < r_1 < r_2 < \infty)$.

La démonstration de ces théorèmes repose sur l'utilisation du théorème de Landau qui affirme que les fonctions $f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots$ prennent la valeur zéro ou un ou cessent d'être holomorphes dans le cercle $|z| < (R(a_0)/|a_1|)$, $R(a_0)$ ne dépendant que de $a_0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Domaines non compacts et classification des surfaces de Riemann.* Note (*) de MM. **Roger Bader** et **Michel Parreau**, présentée par M. Paul Montel.

Quelques propriétés des domaines non compacts sur les surfaces de Riemann. Étude des *surfaces singulières* au sens de Nevanlinna. Identité des classes de surfaces de Riemann définies, l'une, à partir des fonctions harmoniques bornées, l'autre, à partir des fonctions harmoniques à moyenne d'ordre 2 bornée.

1. Sur une surface de Riemann ouverte S, soit D, un domaine non compact dont la frontière $\gamma$, qui peut être non compacte, est formée d'un ensemble au plus dénombrable d'arcs analytiques ne s'accumulant qu'à la frontière idéale de la surface.

Nous dirons que le domaine D est de la classe $\mathcal{B}$ (resp. de la classe $\mathcal{D}$) s'il existe dans D une fonction harmonique uniforme $u$ non constante, nulle sur $\gamma$, et bornée dans D (resp. à intégrale de Dirichlet finie dans D) [1].

Si la fonction $u$ existe, on peut toujours la supposer positive, en la remplaçant au besoin par la meilleure majorante harmonique de $u^+$.

Si D' est un domaine contenant D, et si D est de la classe $\mathcal{B}$ ou $\mathcal{D}$, D' est de la même classe.

On voit aisément que, si un domaine n'appartient pas à la classe $\mathcal{B}$ (resp. $\mathcal{D}$), il existe au plus une fonction harmonique uniforme bornée dans D (resp. à intégrale de Dirichlet finie) prenant sur $\gamma$ des valeurs données.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un domaine D soit de la classe $\mathcal{B}$ est que $\int_\gamma \frac{\partial g}{\partial n}\,ds = 2\pi$, $g$ étant la fonction de Green de D, de pôle $\zeta$ quelconque dans D.

Une démonstration analogue à celle de K. I. Virtanen pour les surfaces complètes [2] permet de voir qu'un domaine de la classe $\mathcal{D}$ est nécessairement de la classe $\mathcal{B}$.

2. Considérons les classes de surfaces $\mathfrak{A}_B = \mathcal{C}_{HB} - \mathcal{C}_0$ et $\mathfrak{A}_D = \mathcal{C}_{HD} - \mathcal{C}_0$ [3]; ces classes ne sont pas vides comme l'a montré L. Ahlfors [4]. Soit S, une surface de Riemann, $S_0$ un domaine relativement compact de S, de frontière $\gamma_0$. Un lemme de R. Nevanlinna et L. Sario [4] montre que la condition nécessaire

(*) Séance du 18 décembre 1950.

(1) La classe $\mathcal{B}$ a été étudiée par R. Nevanlinna (*Acta Szeged*, **12**, A, 1950, p. 146).

(2) K. I. Virtanen, *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, A, I, 75, 1950.

(3) Les notations sont celles de M. Parreau, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 679.

(4) *Voir* R. Nevanlinna, *loc. cit.*, et L. Sario, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 42.

et suffisante pour $S \in \mathcal{O}_B$ (resp. $S \in \mathcal{O}_D$) est que toute fonction harmonique uniforme dans $S - \bar{S}_0$, nulle sur $\Gamma_0$ et bornée (resp. à intégrale de Dirichlet finie), soit proportionnelle à la mesure harmonique $\omega$ de la frontière idéale de S par rapport à $S - \bar{S}_0$.

On en déduit le

Théorème 1. — *Si la surface* S *peut être divisée en deux domaines non compacts* D′ *et* D″ *par un ensemble de courbes* $\gamma$, *et si* D′ *et* D″ *appartiennent tous deux à la classe* $\mathcal{B}$ (*resp.* $\mathcal{D}$), S *n'appartient pas à la classe* $\mathcal{C}_{HB}$ (*resp.* $\mathcal{C}_{HD}$).

Soient en effet $u$ et $v$ deux fonctions nulles sur $\gamma$ et bornées ou à intégrale de Dirichlet finie dans D′ et D″ respectivement. Au moyen d'une exhaustion $(S_n)$ de S, $n \geqq 0$, telle que $\bar{S}_0 \subset D''$, on peut définir une fonction $h$ nulle sur $\Gamma_0$, harmonique dans $S - \bar{S}_0$, qui n'est pas proportionnelle à $\omega$ $\left(\text{on prendre } h = \lim_n h_n, \text{ avec } h_n = 0 \text{ sur } \Gamma_0 \text{ et } \Gamma_n \cap D'', \text{ et } h_n = u \text{ sur } \Gamma_n \cap D'\right)$.

On obtient ainsi une condition nécessaire et suffisante, car, réciproquement, toute surface $S \notin \mathcal{C}_{HB}$ (resp. $S \notin \mathcal{C}_{HD}$) peut être partagée en deux domaines de l'espèce indiquée.

3. Soit D un domaine relativement compact d'une surface de Riemann S, C sa frontière, $g$ sa fonction de Green. Soit $u$ une fonction harmonique dans $\bar{D}$, $M(u) = (1/2\pi)\int_C u^2[\partial g(z, a)/\partial n]\,ds$ est le carré d'une norme hermitienne; si $M(u, v)$ est sa forme polaire, on peut démontrer l'existence dans D d'une *fonction noyau* $k(z; a, b)$ ayant la propriété de reproduction $M(u, k) = u(b) - u(a)$, de sorte que $k$ prend sur C les valeurs $\{[\partial g(z, b)/\partial n] - [\partial g(z, a)/\partial n]\}/[\partial g(z, a)/\partial n]$.

Si l'on prend une exhaustion $(S_\nu)$ de S, les fonctions $k_\nu$ correspondantes tendent uniformément sur tout compact, vers o ou vers une fonction $k \not\equiv 0$ selon que $S \in \mathcal{C}_{HM_2}$ ou $S \notin \mathcal{C}_{HM_2}$. Dans le second cas, les $k_\nu$ sont bornées dans leur ensemble, d'après l'expression de leurs valeurs à la frontière, donc $k$ est bornée et n'est pas constante. D'où le :

Théorème 2. — *La classe* $\mathcal{C}_{HM_2}$ *est identique à la classe* $\mathcal{C}_{HB}$.

Soit maintenant K la fonction noyau de D relative à l'intégrale de Dirichlet ([5]). On a, sur C, $k = 2\pi(\partial K/\partial n)/[\partial g(z, a)/\partial n]$; on en déduit que la condition nécessaire et suffisante pour qu'il n'existe aucune fonction harmonique bornée sur une surface de Riemann est que $\lim_{\nu \to \infty}\int_{\Gamma_\nu}(|\partial K_\nu/\partial n|)\,ds = 0$. ($\Gamma_\nu$ est la frontière de $S_\nu$ quels que soient $a$ et $b$.)

Le théorème 2 redonne entre autres le résultat de K. I. Virtanen suivant lequel $\mathcal{C}_{HB} \subset \mathcal{C}_{HD}$.

---

([5]) Cette fonction, définie par S. Bergman, a été utilisée également par L. Ahlfors.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques cas d'intégrabilité par quadratures d'une équation différentielle du premier ordre.* I. Note de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Henri Villat.

A diverses reprises ([1]) M. Mitrinovitch a étudié l'intégrabilité par quadratures de l'équation $y'^2+y^2=f(x)$ que nous écrirons

$$(1)\qquad dy-r\,dx=0,\qquad r=\sqrt{f(x)-y^2}.$$

Il a, en particulier, montré que cette équation pouvait être ramenée à l'équation de la balistique extérieure étudiée par J. Drach ([2]), mais les transformations utilisées ne permettent pas aisément de déduire des résultats de Drach, ceux relatifs à (1). Il est donc intéressant de tenter d'appliquer directement à (1) les méthodes de Drach. La plupart des formes pour $f(x)$ indiquées ci-dessous ont déjà été signalées par M. Mitrinovitch (qui les a obtenues, ainsi que d'autres, par des méthodes variées n'utilisant pas les théories de Drach), mais la méthode utilisée ici, a l'intérêt de donner explicitement les quadratures qui permettent d'intégrer (1).

1. *Solutions* rationnelles. — Il faut que

$$(2)\qquad \frac{\partial z}{\partial x}+r\frac{\partial z}{\partial y}=0$$

admette une solution rationnelle dans le domaine $[x, f(x), y, r]$.

On montre que $z$ considéré comme fonction de $y$ ne peut avoir de pôle, soit $z=P+Qr$ où P et Q sont des polynomes en $y$ à coefficients fonctions de $x$. (2) se scinde alors en deux équations

$$(3)\qquad P'_x-(y^2-f)\,Q'_y-yQ=(y^2-f)\,(Q'_x+P'_y)-\frac{1}{2}f'Q=0.$$

Donnons-nous Q de degré $q$ à coefficients indéterminés, (3) donne alors P et des relations différentielles déterminant $f(x)$ et les coefficients de Q; $f(x)$ est déterminé par une équation différentielle, et pour $f(x)$ fixé, P et Q sont uniques à des constantes sans intérêt près.

*Cas de* $q=2$. — On trouve, C et D étant des constantes arbitraires,

$$(4)\qquad f(x)=C\left(\sin\frac{3x}{2}\right)^{-\frac{2}{3}}+D\left(\cos\frac{3x}{2}\right)^{-\frac{2}{3}},$$

([1]) *Voir* entre autres : *Bull. Acad. Sc. Math. et Nat.*, Section A, Belgrade, 1936, p. 7-19 et 1939, p. 99-120.

([2]) *Ann. Sc. Éc. Nle Sup.*, 37, 1920, p. 1-96.

la solution générale de (1) étant

(5) $$y^3\cos 3x - \frac{3}{2}(f'\sin 3x + 2f\cos 3x)y + r^3\sin 3x = \text{const.}$$

*Cas de* $q=3$. — $f$ s'exprime à l'aide de fonctions hypergéométriques

(6) $$f(x) = \mathrm{CF}\left(\frac{3}{2}, \frac{1}{6}; \frac{4}{3}; \cos^2 2x\right) + \mathrm{D}(\cos 2x)^{-\frac{2}{3}}\mathrm{F}\left(\frac{7}{6}, -\frac{1}{6}; \frac{2}{3}; \cos^2 2x\right),$$

et la solution de (1) est (si $t=\cos^2 2x$)

(7) $$y^4\cos 4x - \left(\frac{3}{4}f\sin 4x - 2f'\cos 4x\right)y^2 + \frac{1}{2}\int f^2(t)\,dt + r^3 y\sin 4x = \text{const.}$$

2. *Facteurs intégrants* $\mathrm{K}^{\frac{1}{n}}$ *à puissance* $n^{\text{ième}}$ *rationnelle* (3). — L'expression K est solution rationnelle de $\partial\mathrm{K}/\partial x + r(\partial\mathrm{K}/\partial y) + n\mathrm{K}(\partial r/\partial y) = 0$. On a encore $\mathrm{K} = \mathrm{P} + \mathrm{Q}r$, P et Q polynomes en $y$, et unicité de la solution pour $q$ et $f(x)$ fixés.

*Cas de* $q=1$. — On trouve

(8) $$f(x) = \mathrm{C}\left(\cos\frac{n+2}{2}x\right)^{\frac{-2n}{n+2}} + \mathrm{D}\left(\sin\frac{n-2}{2}x\right)^{\frac{-2n}{n+2}}$$

et pour (1) le facteur intégrant

(9) $$\left[(y^2 - f)\cos(n+2)x - \frac{1}{2n}f'\sin(n+2)x - yr\sin(n+2)x\right]^{\frac{1}{n}}.$$

3. *Facteur intégrant à dérivée logarithmique rationnelle.* — Nous reviendrons ultérieurement sur ce cas plus compliqué où les fonctions intervenant ne sont plus nécessairement des polynomes. Signalons seulement les fonctions

(10) $$f(x) = e^{kx}$$

et

(11) $$f(x) = \mathrm{A} - \mathrm{Log}\,|\operatorname{tg} x|$$

qui donnent pour (1) les facteurs intégrants

(12) $$\exp\frac{2}{k}\left(x + \operatorname{Arctg}\frac{r}{y}\right),$$

(13) $$\exp\left[y^2\cos 2x - \frac{1}{2}f\cos 2x - \frac{1}{2}\mathrm{Log}\,|\sin 2x| - ry\sin 2x\right].$$

---

(3) $n$ est un entier positif. Les résultats obtenus sont naturellement encore exacts si $n$ est quelconque, mais entrent sous la rubrique 3.

TOPOLOGIE. — *Homologie singulière des espaces fibrés*. III. *Applications homotopiques*. Note de M. **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Jacques Hadamard.

L'objet de cette Note est de montrer comment on peut utiliser l'homologie de l'espace des lacets sur un espace X donné pour étudier les propriétés homotopiques de X. Comme application, on obtient des résultats partiels sur les groupes d'homotopie des sphères ainsi que sur les groupes d'Eilenberg-MacLane.

1. *Groupes d'homotopie*. — Soit X un espace connexe par arcs; on définit une suite d'espaces $(X_n, T_n)$ de la manière suivante :

$X_0 = X$; $T_1$ est le revêtement universel de $X_0$; $X_1$ est l'espace des lacets [1] sur $T_1$; $T_2$ est le revêtement universel de $X_1$; $X_2$ est l'espace des lacets sur $T_2$; etc.

L'espace $X_n$ jouit des propriétés suivantes :

$$\pi_0(X_n) = 0, \quad \pi_1(X_n) = \pi_{n+1}(X), \quad \ldots, \quad \pi_i(X_n) = \pi_{i+n}(X), \quad \ldots.$$

D'où, si $n \geqq 1$ :

$$H_1(X_n, Z) = \pi_{n+1}(X).$$

Ainsi, si l'on pouvait calculer l'homologie des espaces $(X_n, T_n)$ à partir de celle de X, on connaîtrait les groupes d'homotopie de X. Or ce calcul est *partiellement* possible : d'une part, la suite spectrale des revêtements [2] permet le passage de $X_{n-1}$ à $T_n$, et d'autre part, le théorème 1 de la Note [1] permet le passage de $T_n$ à $X_n$. On obtient par cette méthode [3] :

Théorème 1. — *Soit* X *un espace simple en toute dimension dont les groupes d'homologie* $H_i(X, Z)$ *ont un nombre fini de générateurs pour tout* $i \geqq 0$; *alors il en est de même des groupes d'homotopie* $\pi_i(X)$.

Théorème 2. — *Soit* X *un espace vérifiant les conditions du théorème précédent, et soit k un corps commutatif. Si* $H_i(X, k) = 0$ *pour* $0 < i < n$, *alors* $\pi_i(X) \otimes k = 0$ *pour* $i < n$, *et* $\pi_n(X) \otimes k = H_n(X, k)$.

Théorème 3. — *Les groupes d'homotopie des sphères* $\pi_i(S_n)$ *sont finis si* $i > n$, *à la seule exception de* $\pi_{2n-1}(S_n)$ *(n pair) qui est la somme directe de* Z *et d'un groupe fini.*

Théorème 4. — *Désignons par* $Z_p$ *le groupe additif des entiers modulo p, p étant un nombre premier. Alors, si n est impair* $\geqq 3$,

$$\pi_i(S_n) \otimes Z_p = 0 \quad \textit{pour} \quad n < i < n + 2p - 3$$

---

[1] J.-P. Serre, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 31.

[2] H. Cartan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 303.

[3] Le fait suivant est utile dans les calculs : si Y est un espace de lacets et T son revêtement universel, le groupe $\pi_1(Y)$ opère *trivialement* sur les groupes d'homologie et d'homotopie de T. Cela tient à la loi de composition dont est muni Y.

*et*

$$\pi_i(\mathbf{S}_n)\otimes Z_p = Z_p \quad \textit{pour} \quad i = n + 2p - 3.$$

*Si $n$ est pair $\geq 4$, le même résultat est valable, à condition de supposer $i \neq 2n - 1$.*

Par exemple ([4]), $\pi_6(\mathbf{S}_3)\otimes Z_3 = Z_3$ et $\pi_6(\mathbf{S}_3)\otimes Z_p = 0$ pour $p$ premier $> 3$.

*Remarque.* — Soit $\mathbf{W}_{2m-1}$ la variété des vecteurs unitaires tangents à $\mathbf{S}_m$ ($m$ pair). Les résultats énoncés plus haut pour $\pi_i(\mathbf{S}_{2m-1})$ sont valables sans changement pour $\pi_i(\mathbf{W}_{2m-1})$, *sauf ceux relatifs à $p = 2$* (par exemple, ces groupes sont finis et d'ordre d'une puissance de 2 lorsque $i < 2m - 1$ et $i = 2m$, $2m + 1$). En appliquant alors à $\mathbf{W}_{2m-1}$ la suite exacte d'homotopie, on obtient *un isomorphisme des composantes p-primaires de $\pi_i(\mathbf{S}_m)$ et $\pi_{i-1}(\mathbf{S}_{m-1})$ pour $2m - 1 < i < 2m + 2p - 4$, $m$ pair.*

2. *Groupes d'Eilenberg-Mac Lane.* — Soient Q un groupe abélien, $q$ un entier $> 0$, X un espace tel que ([5]) : $\pi_i(X) = 0$ pour $i \neq q + 1$ et $\pi_{q+1}(X) = Q$.

Soit Y l'espace des lacets sur X; si l'on désigne par $H_i(Q; q, G)$ les groupes $H_i[K(Q, q), G]$ de l'article ([6]), on a

$$H_i(X, G) = H_i(Q; q+1, G) \quad \text{et} \quad H_i(Y, G) = H_i(Q; q, G) \quad \text{pour tout } i.$$

D'où en appliquant le théorème 1 de ([1]) :

THÉORÈME 5. — *Il existe une suite spectrale d'homologie* $(E_r)$, *de terme* $E_2 = H[Q; q+1, H(Q; q)]$ *et dont le terme $E_\infty$ est trivial* ([7]).

Ce résultat permet une étude des groupes d'Eilenberg-MacLane $H(Q; q)$ par récurrence sur $q$. Par exemple, en appliquant le corollaire 2 au théorème 1 de ([1]), on retrouve le *théorème de suspension* ([6]). On obtient également :

COROLLAIRE 1. — *Si Q a un nombre fini de générateurs, il en est de même de* $H_i(Q; q, Z)$ *pour tout $i$ et tout $q$* ([8]).

COROLLAIRE 2. — *Si Q est fini, et si $k$ est un corps tel que* $Q \otimes k = 0$, *alors* $H_i(Q; q, k) = 0$ *pour tout $q$ et tout* $i > 0$.

COROLLAIRE 3. — *Si $k$ est un corps de caractéristique nulle, l'algèbre de cohomologie* $H(Z; q, k)$ *où $q$ est pair (resp. impair) est une algèbre de polynomes (resp. une algèbre extérieure) engendrée par un élément de degré $q$.*

---

([4]) Pour $\pi_6(\mathbf{S}_3)$, les résultats suivants étaient connus :

*a.* A. L. Blakers et W. S. Massey : $\pi_6(\mathbf{S}_3)\otimes Z_2 \neq 0$;

*b.* N. E. Steenrod (non publié) : $\pi_6(\mathbf{S}_3)\otimes Z_3 \neq 0$.

([5]) L'existence d'un tel espace est assurée par un théorème plus général de J. H. C. Whitehead (*Annals*, 50, 1949, p. 261-263).

([6]) S. EILENBERG et S. MACLANE, *Proc. of the Nat. Ac. Sc. U. S. A.*, 36, 1950, p. 443-447.

([7]) Une suite analogue existe en cohomologie; c'est elle que l'on utilise pour démontrer le corollaire 3.

([8]) S. Eilenberg et S. MacLane (*loc. cit*, p. 657-663) ont indiqué une méthode de calcul effectif qui (sous réserve de l'exactitude de leur conjecture) entraîne immédiatement ce résultat.

Plus généralement, l'interprétation de $H(Q; q)$ comme l'algèbre de cohomologie d'un espace de lacets Y permet de lui appliquer le théorème 3 de la Note (¹) (du moins, si Q a un nombre fini de générateurs). Autrement dit : *les algèbres* $H(Q; q)$ *vérifient le théorème de Hopf* (et ses compléments mod $p$).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes linéaires de complexes linéaires*
Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Soit, dans l'espace à trois dimensions, un *système* $\Sigma$, à $n$ paramètres, de *complexes linéaires*, d'équation

$$u_0\varphi_0 + u_1\varphi_1 + \ldots + u_n\varphi_n = 0, \tag{1}$$

$\varphi_0 = 0$, $\varphi_1 = 0$, ..., $\varphi_n = 0$ sont les équations, en coordonnées plückériennes, des $n+1$ complexes de *base* de $\Sigma$. Les cas à considérer sont ceux de $n = 1$ (faisceau), de $n = 2$ (réseau) et de $n = 3$ ou $4$. Pour $n = 5$, $\Sigma$ serait l'ensemble des complexes linéaires de l'espace ordinaire, qu'on peut étudier d'une manière plus directe.

A chaque complexe de $\Sigma$ faisons correspondre un point de coordonnées $u_0$, $u_1$, ..., $u_n$ de l'espace projectif $E_n$ à $n$ dimensions. Pour $n = 2, 3, 4$, on a *notamment* les propriétés suivantes, dont la plupart se déduisent de celles des faisceaux [1].

1° Toute droite de $E_n$ représente un faisceau de $\Sigma$. Tout plan de $E_n$ pour $n = 3$ ou tout 1 — plan [2] de $E_n$ pour $n = 4$ représente un réseau de $\Sigma$.

2° Le lieu des points de $E_n$ figuratifs des *complexes spéciaux* de $\Sigma$ est une variété, Q, du second degré, à $n - 1$ dimensions, c'est-à-dire une *conique* pour $n = 2$, une *quadrique* pour $n = 3$, une *hyperquadrique* pour $n = 4$.

3° Une *homographie* ou une *corrélation* effectuée dans l'espace ordinaire renfermant $\Sigma$ ne modifie pas, dans $E_n$, le point figuratif de chaque complexe de $\Sigma$, ni la variété Q, si l'on prend pour nouveaux complexes de base les transformés des premiers et pour équations de ces nouveaux complexes celles que fournit la transformation (sans multiplication ultérieure des premiers membres par des facteurs constants).

4° Dans $E_n$, la variété P *polaire* d'un point $p$ par rapport à Q représente le système linéaire P, à $n - 1$ paramètres, des complexes de $\Sigma$ en *involution* [3]

(¹) André Charrueau, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 712; **228**, 1949, p. 359, 803, 894, 1076; **229**, 1949, p. 334 et 608.

(²) Conformément à la terminologie employée par Guichard (*Les courbes de l'espace à n dimensions*, fasc. **29**, du *Mémorial des Sc. math.*, p. 3).

(³) Deux complexes sont dits ici en involution quand, aucun d'eux n'étant spécial, chacun d'eux est son propre conjugué (polaire réciproque) par rapport à l'autre ou quand, l'un d'eux au moins étant spécial, son axe appartient à l'autre complexe.

avec le complexe $p$ de $\Sigma$ correspondant au point $p$ de $E_n$. Les complexes spéciaux du système P correspondent aux points communs aux variétés P et Q.

Pour $n = 3$, la variété P est un *plan* et le système P est un *réseau*; la *semi-quadratique* formée par les axes des complexes spéciaux du système P appartient au complexe $p$.

Pour $n = 4$, la variété P est un *hyperplan* et la *congruence linéaire* formée par les axes des complexes spéciaux du système P fait partie du complexe $p$.

5° Nous ne traiterons dans ce paragraphe que le cas de $n = 4$, où $E_n$ est un hyperespace. On en déduit facilement ce qui concerne les cas de $n = 2$ et $n = 3$. Soit $P_1$ un hyperplan de $E_4$, d'équation

$$(2) \qquad a_0 u_0 + a_1 u_1 + \ldots + a_4 u_4 = 0,$$

les $a$ étant des constantes. Considérons un complexe non spécial $p$ de $\Sigma$, dont le point figuratif est un point $p$ de $E_4$, de coordonnées $v_0, \ldots, v_4$, non compris dans l'hyperplan $P_1$, et considérons, en outre, le système linéaire $P_1$, contenu dans $\Sigma$, correspondant à l'hyperplan $P_1$.

Le lieu des points figuratifs des complexes conjugués de ceux du système $P_1$ par rapport au complexe $p$ est un *hyperplan* $P'_1$.

Les points figuratifs des complexes conjugués du complexe $p$ par rapport aux complexes non spéciaux du système $P_1$ appartiennent à une *hyperquadrique* $Q_1$ *passant par le point* $p$ *et tangente à l'hyperquadrique* Q *en chaque point de l'intersection de* Q *par l'hyperplan* $P_1$.

Considérons dans $E_4$ une droite passant par le point $p$, dont les points communs avec les hyperplans $P_1$ et $P'_1$ sont respectivement $p_1$ et $p'_1$ et dont les points communs avec les hyperquadriques Q et $Q_1$ sont respectivement $q$, $q'$ et $p$, $q_1$. On suppose que $p_1$ est, comme $p$, distinct de $q$ et $q'$.

*Pour* $q$ *et* $q'$ *distincts*, on a

$$(3) \qquad (q, q', p_1, p) = (q, q', p, p'_1) = (q, q', q_1, p_1).$$

*Pour* $q$ *et* $q'$ *confondus*, on a

$$(4) \qquad (q, p, p_1, p'_1) = -1, \qquad (q, p_1, p, q_1) = -1.$$

Désignons par complexe $q'_1$ le conjugué du complexe $p$ par rapport au complexe $p'_1$. Que les points $q$ et $q'$ soient distincts ou non, toute droite du complexe $p$ a pour conjuguées par rapport aux complexes $p_1$ et $p'_1$ deux droites appartenant respectivement aux complexes $q_1$ et $q'_1$ *et conjuguées par rapport au complexe* $p$.

GÉOMÉTRIE. — *Formes à dérivée covariante nulle sur une variété riemannienne.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'existence d'une forme à dérivée covariante nulle entraîne des conséquences topologiques simples, particulièrement dans le cas où le degré de la forme est 1 ou 2. L'étude d'une Note antérieure se trouve complétée ([1]).

**1.** Soit $V_m$ une variété riemannienne compacte, orientable à $m$ dimensions, F une forme extérieure de degré $k$ à dérivée covariante nulle

$$\nabla_\rho F_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_k} = 0.$$

A la forme F on associe l'opérateur M qui, à toute $p$-forme $\varphi$ de composantes $\varphi_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_p}$ fait correspondre la $(p+k-2)$-forme $M\varphi$ de composantes

$$(M\varphi)_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_{p+k-2}} = \varepsilon^{\alpha_1\ldots\alpha_{k-1}\beta_2\ldots\beta_p}_{\gamma_1\lambda_2\ldots\lambda_{p+k-2}} F^{\rho}{}_{\alpha_1\ldots\alpha_{k-1}} \varphi_{\rho\beta_2\ldots\beta_p}$$

où $\varepsilon$ est le tenseur classique de Kronecker. Les opérateurs $\star$, L, $d$, $\delta$ ayant les mêmes définitions que dans la Note citée, on a encore la relation

$$\delta L \pm L\delta = k_1\, dM + k_2 M\, d,$$

où $k_1$ et $k_2$ sont des constantes convenables. On en déduit comme précédemment :

Théorème. — *S'il existe, sur une variété riemannienne compacte orientable* $V_m$, *une k-forme* F *à dérivée covariante nulle, l'opérateur* L *associé transforme toute forme harmonique en une forme harmonique.*

**2.** *Appliquons ce résultat au cas* $k=1$. Supposons donc que $V_m$ admette un champ de vecteurs $F_\alpha$ à dérivée covariante nulle. Son $ds^2$ est alors localement réductible à la forme

$$ds^2 = (dx^m)^2 + g_{ij}(x^l)\,dx^i\,dx^j \qquad (i, j, l = 1, 2, \ldots, m-1),$$

la forme F s'écrivant localement

$$F = dx^m.$$

Soit

$$\varphi = F \wedge \alpha + \beta$$

une forme harmonique sur $V_m$. La forme $F\wedge\varphi$ est alors aussi harmonique. Il en résulte que $\alpha$ et $\beta$ sont des formes harmoniques qui s'expriment localement au moyen des $(m-1)$ variables $x^i$. On en déduit que le polynome de Poincaré $P(t)$ de $V_m$ est divisible par $(t+1)$. Le raisonnement s'étend par récurrence à une variété riemannienne admettant $q$ champs de vecteurs à

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1413.

dérivée covariante nulle de formes associées $F^{(1)}, F^{(2)}, \ldots, F^{(q)}$; il suffit à cet effet de multiplier une forme harmonique $\varphi$ de $V_m$ successivement par $F^{(1)}$, $F^{(1)} \wedge F^{(2)}, \ldots$.

Théorème. — *Si une variété riemannienne compacte, orientable $V_m$ admet $q$ champs indépendants de vecteurs parallèles, son polynome de Poincaré est divisible par $(t+1)^q$.*

Il en résulte en particulier que si la courbure de Ricci d'une variété $V_m$ est *positive ou nulle* (²), son polynome de Poincaré est divisible par $(t+1)^{b_1}$, où $b_1$ est le premier nombre de Betti de $V_m$.

3. *Revenons sur le cas $k=2$* (³). — Un calcul local montre d'abord que dans ce cas les opérateurs M et $\star M \star$ ne sont pas linéairement distincts. Il résulte alors de la formule (1) et de la formule transformée par l'opérateur $\star$, que si $\varphi$ est harmonique, $M\varphi$ est aussi harmonique.

Supposons $m=2n$, la forme F de rang $2n$ et telle que

$$F_{\alpha\rho} F_{\beta}{}^{\rho} = g_{\alpha\beta},$$

ce qu'il est *toujours possible* de réaliser en modifiant éventuellement la forme F.

Si $\varphi$ est une forme harmonique de degré $p \geqq q$, l'harmonicité de $M^q\varphi$ entraîne l'harmonicité de la forme $M_{(q)}\varphi$ de composantes

$$(2)\qquad (M_{(q)}\varphi)_{\nu_1\nu_2\ldots\nu_p} = \varepsilon^{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_p}_{\nu_1\nu_2\ldots\nu_p} F_{\lambda_1}{}^{\mu_1} F_{\lambda_2}{}^{\mu_2}\ldots F_{\lambda_q}{}^{\mu_q} \varphi_{\mu_1\mu_2\ldots\mu_q\lambda_{q+1}\ldots\lambda_p}.$$

Désignons par $F_{\alpha_1\ldots\alpha_h\beta_1\ldots\beta_h}$ les composantes de $F^h$; si $\varphi$ est une forme harmonique de degré $p \leqq 2h$, la forme $N_{(h)}\varphi = *[\varphi \wedge (*F^h)]$ est aussi harmonique puisque $\star F^h$ est à dérivée covariante nulle. Si $p=h$ impair, la $h$-forme $N_{(h)}\varphi$ admet, à un facteur constant près, les composantes

$$F_{\alpha_1\ldots\alpha_h\beta_1\ldots\beta_h}\varphi^{\beta_1\ldots\beta_h},$$

et n'est nulle que si la forme $\varphi$ est nulle. Cette forme s'exprime d'ailleurs au moyen d'une combinaison des opérateurs L, $\wedge$ et $M_{(q)}$ d'indices $q$ impairs inférieurs à $h$. De plus, $h$ étant impair,

$$(N_{(h)}\varphi)_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_h}\varphi^{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_h} = 0.$$

Il en résulte en particulier que les nombres Betti de rang impair de $V_{2n}$ sont pairs.

4. Dans les mêmes hypothèses, il résulte des identités de Bianchi que la forme quadratique extérieure P de composantes

$$P_{\alpha\beta} = F_{\alpha}{}^{\rho}R_{\rho\beta} - F_{\beta}{}^{\rho}R_{\rho\alpha},$$

est *fermée* ($dP=0$), ce qui généralise un résultat de Kähler (⁴) pour les variété kähleriennes.

---

(²) Bochner, *Bull. Americ. Math. Soc.*, 52, 1946, p. 776-797.

(³) *Voir* la Note citée ci-dessus.

(⁴) Kähler, *Abh. aus dem Math. Sem. der Hamburg. Univ.*, 9, 1933, p. 178.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur certaines propriétés de l'effort qui s'exerce sur une paroi en contact avec un fluide visqueux.* Note (*) M. **Ratip Berker**, présentée par M. Joseph Pérès.

Je me propose d'établir certaines propriétés de l'effort exercé par un fluide visqueux sur une paroi qu'il baigne ([1]). Soient S la paroi, $\vec{n}$ le vecteur unitaire de la normale à S et $\vec{V}$ le champ des vitesses du fluide.

Lemme. — *En tout point de la paroi* S *on a*

$$\vec{n}.\nabla\vec{V} + \vec{n}\wedge\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{V} - \vec{n}.\text{div}\,\vec{V} = 0. \tag{1}$$

On sait que $S_1$ étant une surface ouverte limitée par la courbe fermée $C_1$ et $\vec{a}$ un champ vectoriel, on a la relation

$$\int_{C_1}\vec{ds}\wedge\vec{a} = \int_{S_1}\left(\vec{n}.\nabla\vec{a} + \vec{n}\wedge\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{a} - \vec{n}\,\text{div}\,\vec{a}\right)d\sigma.$$

Cette relation, qui se déduit de la formule de Stokes, est valable dans les mêmes conditions de régularité relatives à $S_1$ et au champ $\vec{a}$ et avec les mêmes conventions relatives au sens de $\vec{n}$ et à celui de $\vec{ds}$ que celles utilisées dans la formule de Stokes. Sur la paroi S on a $\vec{V} = 0$ et par conséquent l'intégrale de surface étendue à une portion quelconque $S_1$ de S de l'expression qui constitue le premier membre de la relation (1) est nulle; il s'ensuit que la relation (1) a lieu en tout point de S.

Si le fluide est incompressible la relation (1) se réduit à la suivante :

$$\vec{n}.\nabla\vec{V} + \vec{n}\wedge\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{V} = 0. \tag{2}$$

Théorème. — *Dans un fluide visqueux incompressible, en tout point d'une paroi* S, 1° *la composante normale de l'effort a pour grandeur la pression* $p$; 2° *la composante tangentielle de l'effort est égale à* $2\mu$ *fois le vecteur tourbillon* $\vec{\omega}$ *tourné de* 90° *dans le plan tangent dans le sens positif autour de* $\vec{n}$.

On voit que la pression $p$ retrouve ainsi pour un fluide visqueux incompressible et sur une paroi la signification qu'elle possède pour un fluide parfait en tout point.

Soient $d\sigma$ un élément de paroi, $\vec{n}$ le vecteur unitaire de la normale à cet

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) Le contenu de cette Note fait partie de la communication que j'ai présentée au Congrès International des Mathématiciens tenu à Cambridge (Mass.) en 1950.

élément dirigée vers le côté opposé à celui où se trouve le fluide, $\vec{E}$ l'effort relatif à l'élément considéré; on sait que $\vec{E}$ s'exprime de la façon suivante :

$$\vec{E} = p.\vec{n} - 2\mu\vec{n}.\nabla\vec{V} - 2\mu(\vec{n} \wedge \vec{\omega}).$$

Si l'on utilise la relation (2) la dernière relation prend la forme

$$\vec{E} = p.\vec{n} + 2\mu(\vec{n} \wedge \vec{\omega}). \tag{3}$$

L'application de la formule de Stokes à une portion quelconque $S_1$ de S permet d'autre part de voir qu'en tout point d'une paroi le tourbillon est tangent à la paroi. Dans ces conditions la relation (3) donne immédiatement les résultats contenus dans l'énoncé du théorème.

*Remarques.* — 1° On peut déduire du lemme ci-dessus la conséquence suivante: dans un fluide visqueux incompressible, au voisinage d'une paroi, la composante normale de la vitesse est un infiniment petit d'ordre supérieur au premier, l'infiniment petit principal étant la distance à la paroi.

2° Dans le cas d'un fluide visqueux compressible la relation (3) est remplacée par une autre qui devient, si l'on adopte l'hypothèse de Stokes $(3\lambda + 2\mu = 0)$

$$\vec{E} = \left(p - \frac{4}{3}\mu\theta\right)\vec{n} + 2\mu(\vec{n} \wedge \vec{\omega}) \qquad (\theta = \operatorname{div}\vec{V}).$$

Le résultat relatif à la composante tangentielle subsiste; dans celui relatif à la composante normale il faut simplement remplacer $p$ par $p - (4/3)\mu\theta$.

HYDRAULIQUE. — *Barrages déversoirs à dépression.*
Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

L'emploi judicieux de seuils Creager fonctionnant en dépression, permet d'obtenir une lame déversante stable, à coefficient de débit élevé.

L'existence d'une dépression notable, sur certains seuils déversants, donne une valeur particulièrement élevée au coefficient de débit, sans que la régularité et la stabilité de l'écoulement en soient affectées. Nous avons constaté que d'excellents résultats peuvent être obtenus, dans cette voie, par l'adoption d'un profil type Creager, tracé pour une charge H et fonctionnant sous une charge $h$ nettement supérieure à H.

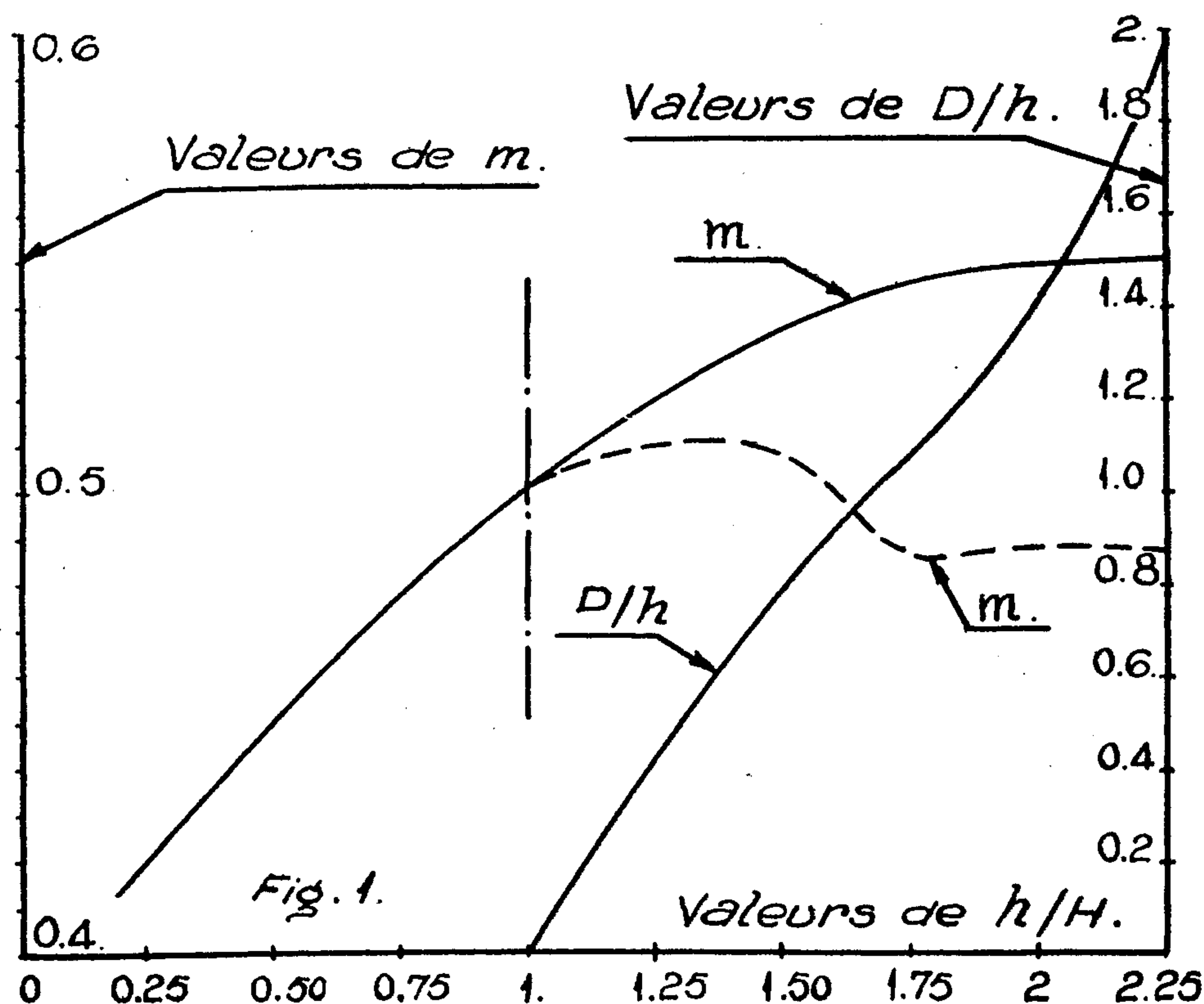
Le modèle étudié, d'une largeur de $1^{m}$, correspond à $H = 0^{m},14$.

Le coefficient de débit est donné, en fonction de $h$, par la courbe en trait plein de la figure 1. Lorsqu'on maintient en communication la partie inférieure de la lame déversante avec l'atmosphère, la veine décolle et le coefficient $m$ est fourni par la courbe en trait discontinu.

Nous avons déterminé le tracé de la surface libre et la répartition des pressions sur le seuil pour les neuf valeurs suivantes de la charge $h$ :

| | | |
|---|---|---|
| $0^{m},036$ | $0^{m},141$ | $0^{m},245$ |
| 0,0705 | 0,177 | 0,281 |
| 0,106 | 0,2105 | 0,315 |

Les dépressions apparaissent dès que $h$ dépasse H. La courbe correspondante de la figure 1 donne, en fonction de $h$, les dépressions maxima D, qui correspondent toujours au point anguleux du profil Creager.

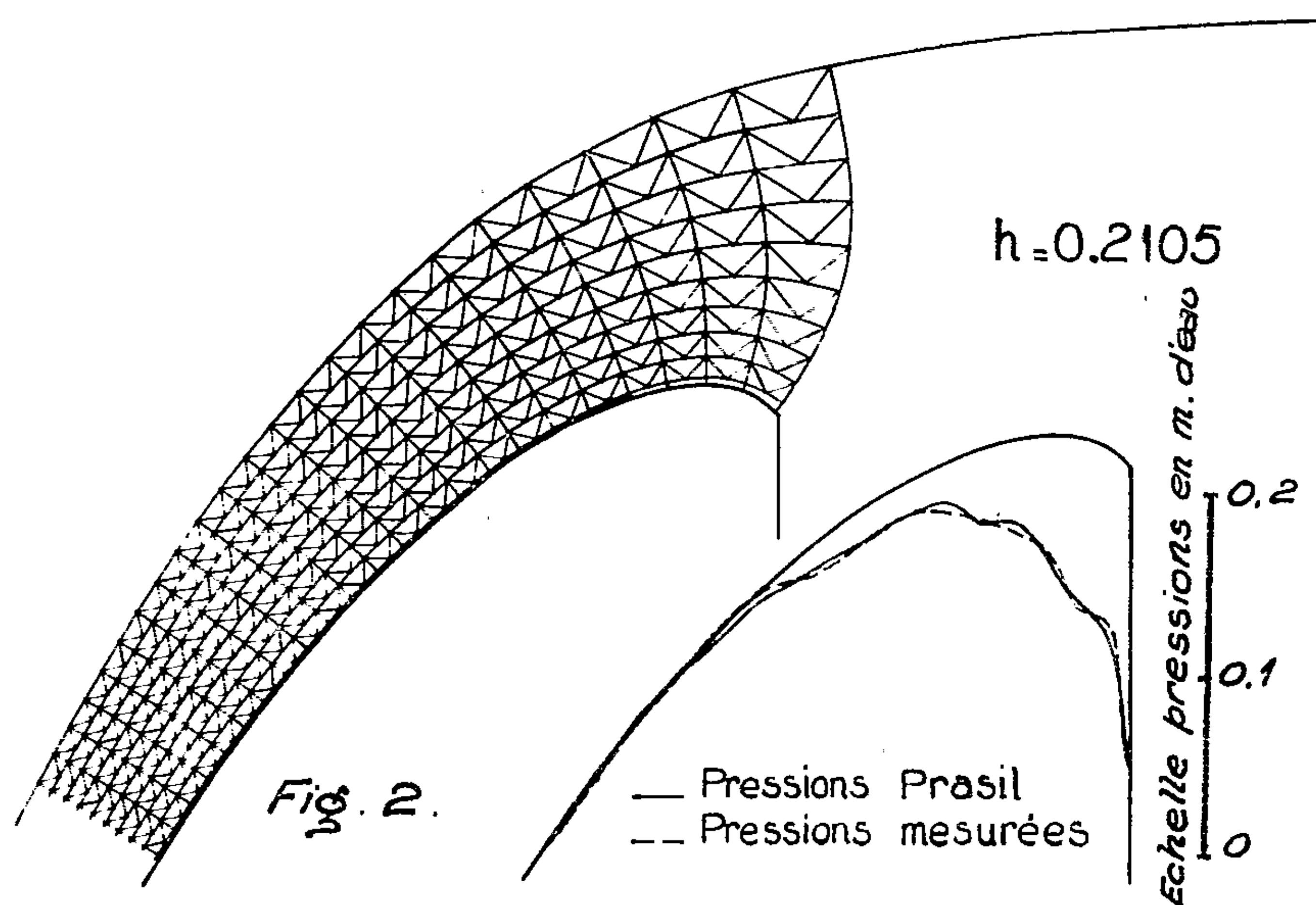



La figure 2 représente la construction de Prasil relative à $a = 1,5$ H. Elle montre également la bonne coïncidence entre les courbes de dépressions déduites, soit de la construction graphique, les pressions étant calculées à partir des vitesses fournies elles-mêmes par le réseau quadratique, soit des mesures directes. La même concordance existe entre le débit mesuré (228 l/sec/m) et le débit calculé (230 l/sec/m).

L'application de la construction de Prasil au cas où $h = $ H, fournit des résultats aussi précis, tant en ce qui concerne les pressions que les débits.

Nous avons enfin examiné la stabilité de l'écoulement. Pour toutes les

valeurs de $h$ étudiées, aucune entrée d'air ne se produit spontanément. Si l'on essaie de perturber l'écoulement en introduisant dans la lame déversante des obstacles, on ne peut arriver à provoquer le décollement tant que $h$ demeure inférieur à 1,65 H. Pour des valeurs supérieures de $h$, l'introduction des obstacles permet de produire, dans certains cas, une entrée d'air, mais encore faut-il, pour obtenir ce résultat, se placer dans des conditions qui ne se rencontrent jamais dans la pratique industrielle.




Ces divers résultats nous conduisent à retenir comme particulièrement intéressant, pour le fonctionnement sous une charge maxima $h$, le profil Creager dont le tracé est établi pour une charge

$$H \# \frac{h}{1,65} \# 0,60h.$$

La dépression maxima est de l'ordre de $h$, de telle sorte que les cavitations ne prennent pas naissance si $h$ ne dépasse pas 10 mètres. On peut compter sur un coefficient de débit $m = 0,54$ donnant un gain de 8 % sur le seuil Creager normal ($H = h$).

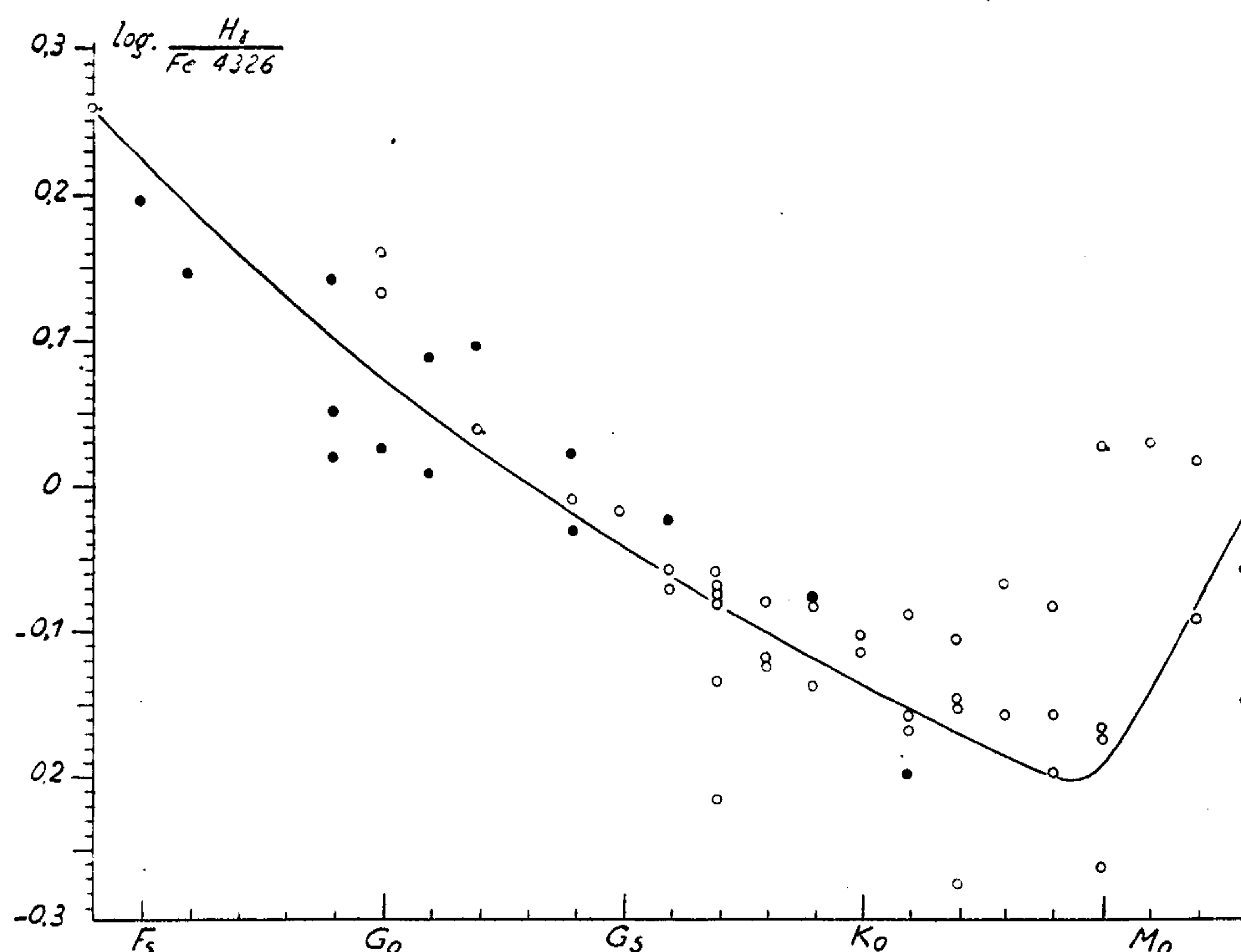
ASTROPHYSIQUE. — *Sur la classification des étoiles des classes* F, G, K *et* M. Note (*) de M. **Tcheng-Kien**, présentée par M. André Danjon.

Le rapport des intensités des raies voisines H$\gamma$ (4340 Å) et Fe I 4326 Å est l'un des critères les plus objectifs utilisés à Harvard et au Mont Wilson pour

(*) Séance du 3 janvier 1951.

classer les étoiles des types F5 à K5 ([1]), mais on se contente le plus souvent d'évaluer ce rapport *à l'estime*.

J'ai mesuré le rapport des intensités des deux raies dans les spectres des 58 étoiles utilisées récemment pour l'étude de la bande CH 4300 Å ([2]). La méthode photométrique a été indiquée dans une Note précédente ([2]). La différence des densités optiques de l'atmosphère de l'étoile mesurées respectivement à 4340 et 4326 Å peut servir à caractériser le rapport R de l'intensité des raies. En portant en abscisse le type spectral du Mont Wilson, en ordonnée log R, on obtient la figure ci-contre, où les étoiles géantes sont représentées par des cercles blancs, et les naines par des points noirs. Elle montre que le rapport R peut effectivement servir avec avantage à déterminer les types spectraux de F4 à K4.




De F4 à G2, la raie Hγ est plus forte que celle du fer. Les deux raies ont même intensité dans le type G3, ensuite Hγ devient plus faible que Fe I 4326 Å. Les points sont moins bien groupés à partir du type K3 et la remontée apparente de la courbe, dans les types plus avancés, correspond au fait bien

([1]) *Transactions of the International Astronomical Union*, 5, 1935, p. 180.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 40-42.

connu que les raies de l'hydrogène sont anormalement intenses, par rapport aux raies métalliques, chez les géantes de la classe M ([3]).

Les différences de densités optiques mesurées ci-dessus diffèrent bien entendu profondément des *rapports d'intensité* estimés à Harvard, sauf au voisinage de l'égalité des raies. Ainsi j'obtiens, en passant des logarithmes aux nombres, les rapports d'intensité 1,67 au type F5, 1,18 au type G0 et 0,73 au type K0, tandis que les rapports estimés à Harvard pour ces mêmes types sont respectivement 10, 1,5 et 0,5.

Lorsqu'on examine séparément les variations, en fonction du type spectral, des densités optiques mesurées à 4340 et 4326 Å, on constate que, l'intensité de la raie H$\gamma$ reste à peu près constante, et que celle de la raie FeI 4326 Å augmente de F4 à K5, puis décroît dans la classe M.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie du bremsstrahlung électromagnétique*
Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul de la section efficace différentielle de l'émission du bremsstrahlung électromagnétique dans le cas du choc de deux corpuscules chargés, discernables, en tenant compte des reculs et de l'émission par les deux corpuscules.

Le calcul de la section efficace d'émission du bremsstrahlung ou rayonnement de freinage électromagnétique dans le choc de deux corpuscules électriquement chargés a déjà été effectué par divers auteurs ([1]) en supposant la masse de l'un des corpuscules infiniment plus grande que celle de l'autre. Nous nous proposons ici de généraliser ces résultats en tenant compte du recul et de l'émission du rayonnement par les deux corpuscules. Toutefois, nous supposerons les deux corpuscules restant discernables au cours du processus et nos résultats ne s'appliqueront pas au cas des corpuscules identiques pour lequel des termes d'échanges supplémentaires devront être considérés.

Suivant le schéma général de la représentation quantique du bremsstrahlung que nous avons précisée et appliquée au cas du champ pseudoscalaire dans une Note précédente ([2]), nous considérons deux corpuscules (1) et (2) représentés initialement et finalement par des ondes planes à énergie positive, d'énergies et impulsions réduites, initiales et finales $K_1$, $\mathbf{K}_1$, $K_2$, $\mathbf{K}_2$, $K_{1'}$, $\mathbf{K}_{1'}$, $K_{2'}$, $\mathbf{K}_{2'}$, de masses réduites, $\mu_1$, $\mu_2$ ($\mu_{1'} = \mu_1$, $\mu_{2'} = \mu_2$), de charges électriques $e_1$, $e_2$.

Ces corpuscules entrent en interaction dans un processus de choc au cours

---

([1]) F. Sauter, *Ann. Physik*, 20, 1934, p. 404; G. Racah, *Nuovo Cimento*, 11, 1934, p. 467; H. Bethe et W. Heitler, *P. R. S.*, A 146, 1934, p. 83; C. Møller, *P. R. S.*, A 152, 1935, p. 481.

([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1038-1040.

duquel, d'une part, ils sont liés par un couplage coulombien électromagnétique et, d'autre part, ils émettent un photon $k$, $\mathbf{k}$, $\mu_0 \approx 0$ avec le vecteur polarisation $\mathbf{n}_0$ $[(\mathbf{n}_0 . \mathbf{k}) = 0]$.

Pour calculer la section efficace d'émission du bremsstrahlung, nous utiliserons le schéma classique de la méthode des perturbations dans lequel l'élément de matrice $H_{Br}^{\prime(1)}$ est du troisième ordre.

Nous n'effectuerons aucune des corrections que certaines théories actuelles proposent de faire intervenir dans les processus d'interactions entre matière et rayonnement afin d'en améliorer la convergence.

L'énergie et la quantité de mouvement se conservant dans le processus global, nous avons $K_1 + K_2 = K_{1'} + K_{2'} + k$, $\mathbf{K}_1 + \mathbf{K}_2 = \mathbf{K}_{1'} + \mathbf{K}_{2'} + \mathbf{k}$.

Nous introduirons les notations

$$K_{mn} = -K_m K_n + (\mathbf{K}_m . \mathbf{K}_n); \qquad q_{mn} = K_{mn} + \mu_m \mu_n; \qquad q_{0m} = K_{0m} = -k K_m + (\mathbf{k} . \mathbf{K}_m),$$
$$G_{mn} = (K_m - K_n)^2 - (\mathbf{K}_m - \mathbf{K}_n)^2 - \mu_0^2 = 2 q_{mn} + (\mu_m - \mu_n)^2 - \mu_0^2.$$

Nous désignerons par $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\overline{1'}$, $\overline{2'}$, les états intermédiaires suivant ou précédant l'émission du photon $\mathbf{k}$. Les éléments de matrice d'émission du photon, $H_{i\bar{j}}^{(1)+}$ ou $H_{\bar{i}j}^{(1)+}$ et les éléments de matrice de l'interaction coulombienne

$$\mathcal{H}_{\bar{i}j, m'n'}, \quad \mathcal{H}_{ij, \bar{m}'n'} \qquad (i, j, m', n' = 1, 2)$$

(éléments de matrices de Møller) s'écriront par exemple

$$H_{i\bar{j}}^{(1)+} = |e_i| \left(\frac{\hbar c}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} (\Omega_0)_{i\bar{j}} = |e_i| \left(\frac{hc}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} (n_0^{\mu} \gamma_{\mu})_{i\bar{j}},$$
$$(\mathcal{H})_{\bar{i}j, m'n'} = e_i e_j (G_{jn'})^{-1} (\gamma^{\lambda})_{\bar{i}m'} (\gamma_{\lambda})_{jn'}.$$

Nous poserons

$$S_{\bar{j}} = (K_j^{\mu} - k^{\mu}) \gamma_{\mu} - i \mu_j, \qquad S_{\bar{j}'} = (K_{j'}^{\mu} + k^{\mu}) \gamma_{\mu} - i \mu_{j'}.$$

L'élément de matrice du processus global s'écrira selon la formule générale de la Note citée

$$H_{Br}^{\prime(1)} = \frac{e_1 e_2}{\sqrt{2 \hbar c k}} \left\{ \left[ \frac{|e_1|}{4 q_{01} q_{22'}} (\Omega_0 S_{\bar{1}} \gamma_{\lambda})_{11'} - \frac{|e_1|}{4 q_{01'} q_{22'}} (\gamma^{\lambda} S_{\bar{1}'} \Omega_0)_{11'} \right] (\gamma_{\lambda})_{22'} \right.$$
$$\left. + \left[ \frac{|e_2|}{4 q_{02} q_{11'}} (\Omega_0 S_{\bar{2}} \gamma^{\lambda})_{22'} - \frac{|e_2|}{4 q_{02'} q_{11'}} (\gamma^{\lambda} S_{\bar{2}'} \Omega_0)_{22'} \right] (\gamma_{\lambda})_{11'} \right\},$$

que nous écrirons encore

$$H_{Br}^{\prime(1)} = e_1 e_2 (2 \hbar c k)^{-\frac{1}{2}} \{ [\lambda_1 (\Omega_0 S_{\bar{1}} \gamma^{\lambda})_{11'} + \lambda_{1'} (\gamma^{\lambda} S_{\bar{1}'} \Omega_0)_{11'}] (\gamma_{\lambda})_{22'}$$
$$+ [\lambda_2 (\Omega_0 S_{\bar{2}} \gamma^{\lambda})_{22'} + \lambda_{2'} (\gamma^{\lambda} S_{\bar{2}'} \Omega_0)_{22'}] (\gamma_{\lambda})_{11'} \}.$$

Pour obtenir la section efficace, nous calculerons $| H'^{(1)} |^2$ par la méthode des traces de Casimir.

---

(3) W. S. ADAMS et A. KOHLSCHÜTTER, *Astrophys. J.*, **40**, 1914, p. 385.

Nous avons alors

$$|H'^{(1)}|^2 = (2\hbar c k)^{-1} e_1^2 e_2^2 (K_1 K_2 K_{1'} K_{2'})^{-1} |S|^2$$

avec

$$|S|^2 = |e_1|^2 A(11'; 22') + |e_2|^2 A(22'; 11') + 2|e_1||e_2| B(1, 2; 1', 2')$$

en posant

$$\begin{aligned} A(11'; 22') = {} & 8\Lambda^2 (K_{12'} K_{21'} + K_{12} K_{1'2'} - K_{11'} q_{22'} - K_{22'} q_{11'} + 2 q_{11'} q_{22'}) \\ & - 4\lambda_1 [2\Lambda(n_0 K_1) + q_{01}(\lambda_1 + \lambda_{1'})][q_{02} K_{1'2'} + q_{02'} K_{21'} + \mu_2 \mu_{2'} q_{01'}] \\ & + 4\lambda_{1'}[2\Lambda(n_0 K_{1'}) - q_{01'}(\lambda_1 + \lambda_{1'})][q_{02} K_{12'} + q_{02'} K_{12} + \mu_2 \mu_{2'} q_{01}] \\ & + 8\Lambda q_{01} \lambda_1 [(n_0 K_{2'}) K_{21'} + (n_0 K_2) K_{1'2'} + \mu_2 \mu_{2'} (n_0 K_{1'})] \\ & - 8\Lambda q_{01'} \lambda_{1'} [(n_0 K_{2'}) K_{12} + (n_0 K_2) K_{12'} + \mu_2 \mu_{2'} (n_0 K_1)] \\ & + 8\lambda_1 \lambda_{1'} [(n_0 K_1) q_{01'} + (n_0 K_{1'}) q_{01}][(n_0 K_2) q_{02'} + (n_0 K_{2'}) q_{02}] \\ & - q_{02} q_{02'} [2(n_0 K_1)(n_0 K_{1'}) - q_{11'}) - q_{01} q_{01'} [2(n_0 K_2)(n_0 K_{2'}) - q_{22'}] \end{aligned}$$

avec

$$\Lambda = \lambda_1 (n_0 K_1) + \lambda_{1'} (n_0 K_{1'}).$$

$A(22'; 11')$ se déduit de $A(11', 22')$ par permutation des indices 12, 1'2'.

Pour $B(1, 2; 1', 2')$ nous obtenons

$$\begin{aligned} B = {} & \lambda_1 \lambda_2 \varphi(11'; 22') + \lambda_{1'} \lambda_{2'} \varphi(1'1; 2'2) + \lambda_1 \lambda_{2'} \varphi(11'; 2'2) + \lambda_{1'} \lambda_2 \varphi(1'1; 22') \\ & + \lambda_1 \lambda_2 \psi(11'; 22') + \lambda_{1'} \lambda_{2'} \psi(1'1; 2'2) - \lambda_1 \lambda_{2'} \psi(11'; 2'2) - \lambda_{1'} \lambda_2 \psi(1'1; 22') \\ & - \lambda_1 \lambda_2 [\chi(11'; 22') + \chi(22'; 11')] + \lambda_{1'} \lambda_{2'} [\chi(1'1; 2'2) + \chi(2'2; 1'1)] \\ & + \lambda_1 \lambda_{2'} [\chi(2'2; 11') - \chi(11'; 2'2)] + \lambda_{1'} \lambda_2 [\chi(22'; 1'1) - \chi(1'1; 22')] \end{aligned}$$

avec

$$\begin{aligned} \varphi(11'; 22') = {} & 8(n_0 K_1)(n_0 K_2)[K_{12} K_{1'2'} + K_{12'} K_{21'} + \mu_1 \mu_{1'} q_{22'} + \mu_2 \mu_{2'} q_{11'}] \\ \psi(11'; 22') = {} & 4[q_{01} q_{02} (n_0 K_{1'})(n_0 K_{2'}) + q_{01'} q_{02'} (n_0 K_1)(n_0 K_2) \\ & - q_{01} q_{01'} (n_0 K_2)(n_0 K_{2'}) - q_{02} q_{02'} (n_0 K_1)(n_0 K_{1'})] \\ & + 2[q_{01} q_{02} K_{1'2'} - q_{01'} q_{02'} K_{12} + q_{01} q_{01'} q_{22'} + q_{02} q_{02'} q_{11'}] \\ \chi(11'; 22') = {} & 4(n_0 K_1)(n_0 K_2)[q_{02} K_{1'2'} + q_{02'} K_{21'} + \mu_2 \mu_{2'} q_{01'}] \\ & - 4 q_{01} (n_0 K_2)[(n_0 K_2) K_{1'2'} + (n_0 K_{2'}) K_{21'}] - 4(n_0 K_2)(n_0 K_{1'}) q_{01} \mu_2 \mu_{2'} \end{aligned}$$

les autres termes se déduisant de ceux-ci par la permutation des indices correspondants.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie des modifications ordre-désordre dans les alliages binaires.* Note (*) de M. **Gérard Fournet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Application, à partir d'hypothèses nouvelles, de la théorie générale d'Yvon. Les résultats théoriques sont en bon accord avec les faits expérimentaux dans le cas d'alliages de composition équiatomique et dont le réseau est cubique centré.

M. Yvon ([1]) a établi l'équation générale exacte de l'ordre à grande distance $s$ en supposant que :

(*) Séance du 3 janvier 1951.

([1]) *Cahiers de Physique*, 28, 1945, p. 1.

1° Le réseau est rigide, indépendant de la température; l'agitation thermique est négligée.

2° L'énergie potentielle totale est la somme des énergies mutuelles $W_{ij}$ des couples d'atomes.

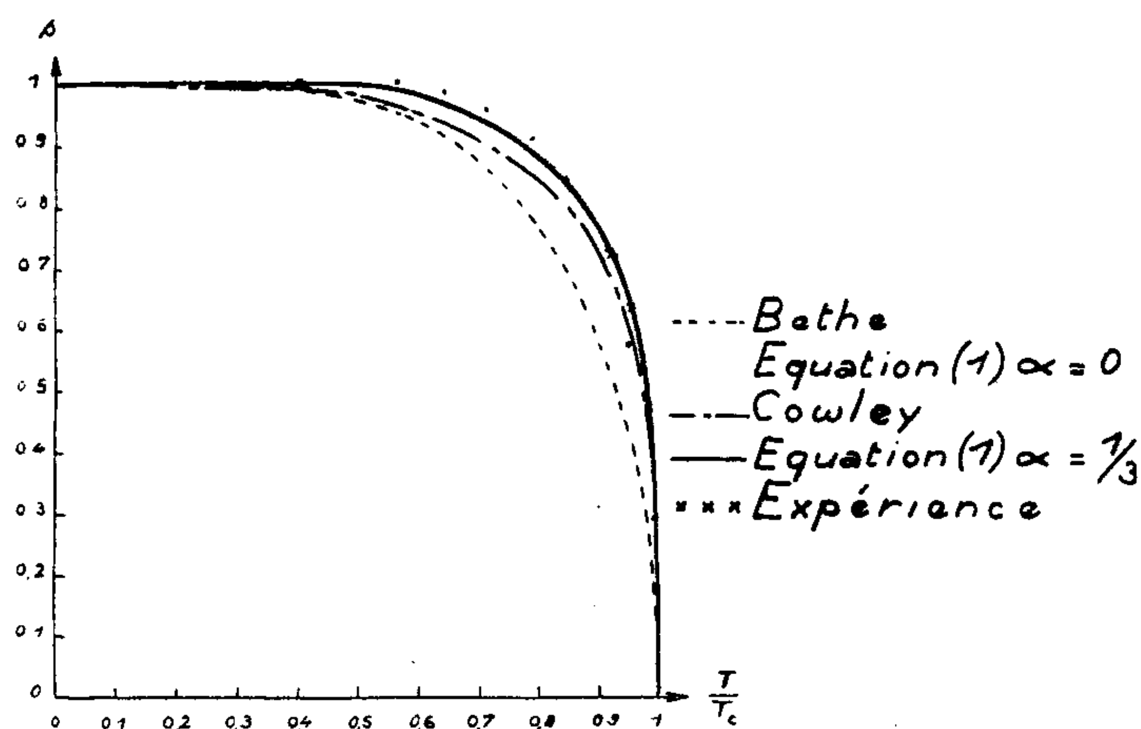
3° On peut appliquer la thermodynamique statistique classique.

La donnée essentielle du problème est alors la connaissance de la fonction

$$W(r) = W_{AA}(r) + W_{BB}(r) - 2W_{AB}(r),$$

où A et B désignent les deux sortes d'atomes et $r$ la distance des deux sites considérés.

L'équation d'Yvon comprend, outre le premier terme relatif à un seul nœud du réseau, une double infinité de termes relatifs aux groupements des atomes deux à deux, trois à trois, etc. La théorie de Bethe (qui contient la théorie de Bragg et Williams) revient (¹) à ne considérer que le premier terme et le terme provenant des couples de nœuds formés des plus proches voisins (nœuds distants de $r_1 = a\sqrt{3}/2$ dans le réseau cubique centré d'arête $a$); la fonction $W(r)$ est donc considérée comme identiquement nulle pour $r > r_1$. En respectant cette hypothèse, Yvon (¹) a perfectionné la théorie en faisant intervenir les groupements des nœuds trois à trois et quatre à quatre.




Nous ne ferons aucune hypothèse sur $W(r)$; nous devons donc tenir compte de tous les couples de nœuds. Dans cette Note, nous nous limiterons aux couples de plus proches voisins et de *seconds voisins* (nœuds distants de $r_2 = a$ dans le réseau cubique centré); l'équation de l'ordre à grande distance est ainsi :

$$(1) \qquad 12\log\frac{1+s}{1-s} - 8\log\frac{\omega_1 s + \sqrt{\omega_1(1-s^2)+\omega_1^2 s^2}}{-\omega_1 s + \sqrt{\omega_1(1-s^2)+\omega_1^2 s^2}} - 6\log\frac{s+\sqrt{\omega_2(1-s^2)+s^2}}{-s+\sqrt{\omega_2(1-s^2)+s^2}} = 0,$$

où

$$\omega_1 = \exp - \frac{W(r_1)}{kT}, \qquad \omega_2 = \omega_1^\alpha = \exp - \frac{W(r_2)}{kT}, \qquad \alpha = \frac{W(r_2)}{W(r_1)}.$$

La courbe $s = f(T/T_c)$ ne dépend plus que du paramètre $\alpha$. Nous avons déterminé la valeur de ce paramètre de façon à obtenir un bon accord avec les résultats expérimentaux de Chipman et Warren ([2]), ([3]); la valeur de $\alpha$ choisie $[\alpha = (1/3)]$ peut correspondre à une loi en $r^{-7,6}$ pour $W(r)$. La courbe obtenue par Cowley ([2]) est également en bon accord avec l'expérience.

A partir des expressions des *densités simultanées* établies par Yvon ([1]), nous avons calculé l'énergie de configuration par atome, E, avec l'approximation déjà utilisée pour l'établissement de (1) :

$$E = \frac{W(r_1)}{2}\left[8\,\frac{\omega_1 - \sqrt{\omega_1(1-s^2)+\omega_1^2 s^2}}{2(\omega_1 - 1)} + 6\alpha\,\frac{\omega_2 - \sqrt{\omega_2(1-s^2)+s^2}}{2(\omega_2 - 1)}\right].$$

Nous avons ainsi pu calculer la ehaleur spécifique de configuration juste au-dessous du point critique. Nous avons trouvé $C_{T_c-0} = 5,5\,R$ avec $\alpha = 1/3$ alors que la théorie de Bethe fournissait $1,78\,R$ et celle de Cowley une valeur infinie. Le résultat expérimental [*voir* ([2])] est $5,1\,R$. Nous avons ainsi obtenu un ensemble de résultats théoriques cohérents avec les faits expérimentaux. Le choix pour $\alpha$ d'une valeur légèrement inférieure à $1/3$ permettrait de trouver $C_{T_c-0} = 5,1\,R$ alors que la courbe $s = f(T/T_c)$ se rapprocherait très légèrement de celle de Bethe.

RADIOACTIVITÉ. — *Spectre* L *émis dans la transmutation* RaD → RaE. Note (*) de MM. **Marcel Frilley**, **Bhaskar G. Gokhale** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons exposé dans une Note précédente ([1]) les conditions expérimentales dans lesquelles nous avons étudié le spectre L résultant de la conversion interne du rayonnement $\gamma$ émis dans la transmutation RaD → RaE.

Le tableau ci-après permet de comparer les intensités relatives des raies que nous avons observées avec celles des raies du spectre L-83 émis par un tube à anticathode de Bi.

Ces résultats sont en accord avec les valeurs antérieures [*cf.* ([1])] si l'on corrige celles-ci de l'absorption dans la source et compte tenu du pouvoir de résolution plus élevé qui nous permet de séparer certaines raies. D'autre part,

([2]) *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 669.
([3]) *Journ. Appl. Phys.*, **21**, 1950, p. 696.

(*) Séance du 18 décembre 1950.
([1]) Frilley, Gokhale et Valadares, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 50.

le rapport de l'intensité globale du groupe des raies $\beta$ à celle du groupe des raies $\alpha$ a été déterminé avec la méthode d'absorption sélective par Kinsey ([2]) et par Riou ([3]). Ils donnent respectivement les valeurs 1,4 et 1,5 tandis que nous trouvons ce rapport égal à 1. L'incertitude des mesures permet de considérer cet accord comme satisfaisant.

| | | | Intensités | |
|---|---|---|---|---|
| Élément. | Raie. | Niveaux. | RaD → RaE. | Bi (Rayons X). |
| 83 .................... | $L\gamma_3$ | $L_I - N_{III}$ | $\frac{I\gamma_3}{I\gamma_2} \simeq 1$ | $\frac{I\gamma_3}{I\gamma_2} \simeq 1$ |
| 83 .................... | $L\gamma_2$ | $L_I - N_{II}$ | $\frac{I\gamma_2}{I\gamma_1} \simeq 3$ | $\frac{I\gamma_2}{I\gamma_1} \simeq 0,1$ |
| 83 .................... | $L\gamma_1$ | $L_{II} - N_{IV}$ | | |
| 83 .................... | $L\beta_5$ | $L_{III} - O_{IV,V}$ | – | 3 |
| 83 .................... | $L\beta_3$ | $L_I - M_{III}$ | 40 | 6 |
| 83 .................... | $L\beta''_2$ | | | |
| 83 .................... | $L\beta'_2$ | | 80 | |
| 83 .................... | $L\beta_1$ | $L_{II} - M_{IV}$ | | 56 |
| 83 .................... | $L\beta_2$ | $L_{III} - N_V$ | 20 | 24 |
| 83 .................... | $L\beta_4$ | $L_I - M_{II}$ | 25 | 5 |
| 82 .................... | $L\beta_1$ | | 20 | |
| 83 .................... | $L\alpha'_1$ | | 50 (I tot) | 10 (I tot) 3 (I max) |
| 83 .................... | $L\alpha_1$ | $L_{III} - M_V$ | 100 | 100 |
| 83 .................... | $L\alpha'_2$ | | 15 (I tot) | 3 (I tot) 1 (I max) |
| 83 .................... | $L\alpha_2$ | $L_{III} - M_{IV}$ | | 11 |
| 82 .................... | $L\alpha_1$ | | 40 | |

Les données relatives aux intensités des raies dans le spectre L de rayons X du Bi varient sensiblement d'un auteur à l'autre. Leur comparaison avec celles du RaD permet cependant de faire deux observations :

1° Les raies correspondant à un même niveau L excité conservent les mêmes intensités relatives; par exemple $\beta_3$ et $\beta_4$ ($L_I$), $\beta_2$ et $\alpha_1$ ($L_{III}$).

2° Par rapport aux groupes $L_{II}$ et $L_{III}$, le groupe $L_I$ est plus intense dans le spectre émis par RaD que dans le spectre normal de Bi. Ce fait est mis en évidence par la comparaison des intensités relatives des raies $\gamma_2$ et $\gamma_1$, $\beta_3$ et $\beta_1$, $\beta_1$ et $\beta_4$ ([4]).

La répartition, entre les niveaux L, des excitations dues soit à la conversion interne ($L_I : L_{II} : L_{III} \to 92 : 5 : 3$), soit au bombardement électronique ($L_I : L_{II} : L_{III} \to 22 : 23 : 55$), devrait donner à cet effet une importance beaucoup plus grande; mais cette anomalie disparaît si l'on admet, selon

([2]) *Canad. J. of Research*, 26 A, 1948, p. 404 et 421.

([3]) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 185.

([4]) La discontinuité d'absorption K du Br des émulsions photographiques ne permet pas de raccorder d'une façon simple les intensités des raies $L\gamma$ à celles des autres raies.

l'hypothèse de Coster et Kronig, l'existence de passage d'électrons $L_I \rightarrow L_{II}$ et $L_I \rightarrow L_{III}$. Cette hypothèse est confirmée par l'existence des bandes satellites $\alpha'_1$ et $\alpha'_2$ que nous avons observées. Les calculs de Salgueiro et Valadares conduisent au rapport 22 : 50 entre les intensités de $B_4$ et de $\alpha'_1$ pour lesquelles nous trouvons 25 : 50. Toutefois ces calculs, tenant compte des rayonnements émis par des atomes doublement ionisés par effet Auger ($L_{III}$, $M_{IV,V}$), amèneraient à prévoir la disparition des raies $\beta_2$ et $\alpha_1$ dont l'intensité reste pourtant importante dans le spectre du RaD. Mais on peut admettre qu'une partie des atomes doublement ionisés deviennent monoionisés avant l'émission des raies $L_{III}$. D'après la largeur des niveaux $L_{III}$ et M, on peut penser que ce mécanisme intéresse la moitié des atomes doublement ionisés. Il en résulterait, entre les intensités de la bande $\alpha'_1$ et de la raie $\alpha_1$, le rapport 1 : 2 que nous obtenons expérimentalement.

Les calculs de Ramberg et Richtmyer ([5]) prévoient l'existence, dans les spectres de rayons X, de deux bandes satellites : $\alpha'_1$, de $\lambda$ plus courte que $\alpha_1$, et $\alpha'_2$, comprise entre $\alpha_1$ et $\alpha_2$, avec des intensités maxima respectivement égales à 3,3 % et 2 % de celles de $\alpha_1$. Expérimentalement, des mesures de ces intensités ont été faites par Valadares (spectre L de Pb) et par Sarmento ([6]) (spectre L de Au) qui trouve 3 % et 0,8 %. Ces déterminations sont incertaines car les bandes se présentent comme de faibles déformations des raies $\alpha_1$ et $\alpha_2$. Dans le spectre de RaD, la bande $\alpha'_1$, environ 5 fois plus intense que dans le spectre de rayons X, est facilement observable et l'intensité de $\alpha'_2$ devrait être de l'ordre de 30. Or nous trouvons seulement 15 pour l'intensité totale de $\alpha_2$ et $\alpha'_2$. Comme l'analyse des spectres de rayons X, celle du spectre de RaD conduit donc à un rapport entre les intensités des bandes $\alpha'_1$ et $\alpha'_2$ supérieur à celui prévu par le calcul.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des liquides organiques, des nitriles et des alcools.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

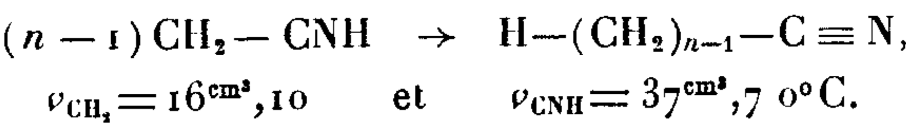
Dans deux Notes précédentes nous avons montré que les atomes d'hydrogène et d'halogènes situés aux extrémités de la chaîne normale, semblaient garder, dans la molécule organique, certaines des propriétés physiques qu'ils ont à l'état libre. On peut étendre cette étude à d'autres composés.

1. *Nitriles.* — Le volume molaire V d'un nitrile normal en $C_n$ peut être calculé avec une bonne approximation si on le considère comme résultant de

([5]) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 913.
([6]) *Portug. Phys.*, 2, 1946, p. 139.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

l'addition pure et simple de $(n-1)$ groupes $CH_2$ et d'une molécule d'acide cyanhydrique (tableau I) :



$$(n-1)\,CH_2 - CNH \rightarrow H-(CH_2)_{n-1}-C\equiv N,$$
$$v_{CH_2} = 16^{cm^3},10 \quad \text{et} \quad v_{CNH} = 37^{cm^3},7 \; 0°C.$$

TABLEAU I.

| Corps. | $(n-1)\,V_{CH_2}$ (cm³). | $v_{CNH}$ (cm³). | $V_0$ calculé. | $V_0$ expérimental. |
|---|---|---|---|---|
| $C_5H_9N$ | 64,4 | 37,7 | 102,1 | 101,7 |
| $C_8H_{15}N$ | 112,7 | 37,7 | 150,4 | 150,8 |
| $C_9H_{17}N$ | 128,8 | 37,7 | 166,5 | 166,8 |
| $C_{10}H_{19}N$ | 144,9 | 37,7 | 182,6 | 182,1 |

Si l'on calcule alors l'accroissement de volume molaire de la molécule de nitrile pour une variation de température $\Delta t = 30°C$, d'une part à partir des densités, d'autre part en appliquant la relation d'additivité dont il a été parlé précédemment, on trouve des valeurs très sensiblement égales, (tableau II) ($\Delta V_{CNH}/\Delta t$ pour $1°C = 0,0707$ et $\Delta V_{CH_2}/\Delta t$ pour $1° = 0,010$).

TABLEAU II.

| Corps. | | ρ. | V. | ΔV (cm³). Expérimental. | ΔV (cm³). Calculé. |
|---|---|---|---|---|---|
| $C_5H_9N$ | 30° | 0,79087 | $v_{30} = 104,95$ | $3,2_7$ | $3,3_2$ |
| | 0° | 0,81625 | $v_0 = 101,68$ | | |
| $C_8H_{15}N$ | 30° | 0,80581 | $v_{30} = 155,12$ | $4,2_7$ | $4,2_2$ |
| | 0° | 0,82862 | $v_0 = 150,85$ | | |
| $C_9H_{17}N$ | 30° | 0,81314 | $v_{30} = 171,36$ | $4,5_2$ | $4,5_2$ |
| | 0° | 0,81314 | $v_0 = 166,84$ | | |
| $C_{10}H_{19}N$ | 30° | 0,81849 | $v_{30} = 186,93$ | $4,8_6$ | $4,8_2$ |
| | 0° | 0,84030 | $v_0 = 182,07$ | | |

Ces résultats laissent donc supposer que la molécule d'acide cyanhydrique garde, dans la molécule de nitrile, son individualité physique.

2. *Alcools*. — Le volume molaire d'un alcool primaire normal peut être calculé à moins de 1/100 près, si l'on considère la molécule comme le résultat de la substitution d'une molécule d'eau ($18^{cm^3}$) aux hydrogènes (1) et (3) (c'est-à-dire $15^{cm^3}3$ et $16,1/2^{cm^3}$) de la molécule de carbure saturé normal (tableau III)

TABLEAU III.

| | Corps. | ρ. | V. Expérimental. | V. Calculé. |
|---|---|---|---|---|
| $t = 0°C$ | $C_5H_{12}O$ | 0,82987 | 106,0 | 105,8 |
| | $C_7H_{16}O$ | 0,83607 | 138,7 | 138 |
| | $C_8H_{18}O$ | 0,84216 | 154,3 | 154,1 |

Si l'on applique au calcul de la variation de volume molaire de ces composés, la règle d'additivité des dilatations, on obtient, pour $\Delta t = 30°C$ avec

$$\Delta v_{CH_2}\big|_0^{30} = 0,1 \times 30; \qquad \Delta v_{H_2O}\big|_0^{30} = 0,07; \qquad \Delta v_H\big|_0^{30} = 0,05 \times 30$$

des valeurs égales aux valeurs expérimentales (tableau IV).

TABLEAU IV.

| Corps. | | ρ. | | V. | ΔV expérimental. | ΔV calculé. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_5H_{12}O$ | 30° | 0,80764 | 30° | 108,96 | $2,9_2$ | $2,9_2$ |
| | 0 | 0,82987 | 0 | 106,04 | | |
| $C_7H_{16}O$ | 30 | 0,81560 | 30 | 142,22 | $3,4_8$ | $3,5_2$ |
| | 0 | 0,83607 | 0 | 138,74 | | |
| $C_8H_{18}O$ | 30 | 0,82192 | 30 | 158,18 | $3,8_1$ | $3,8_2$ |
| | 0 | 0,84216 | 0 | 154,36 | | |

Ici encore, il semble que dans la molécule d'alcool, le couple (H)(OH) garde certaines des propriétés physiques de la molécule d'eau.

3. *Estérification.* — Appliquées à l'estérification, ces règles d'additivité se vérifient avec une grande rigueur.

1° Si $V_A$, $V_a$, $V_E$, $V_{H_2O}$ représentent respectivement les volumes molaires de l'alcool, de l'acide, de l'ester et de l'eau, on a, souvent, à moins de 1/500 près :

$$V_A + V_a = V_{H_2O} + V_E.$$

2° Si $\Delta V_A$, $\Delta V_a$, $\Delta V_E$, $\Delta V_{H_2O}$ représentent les accroissements de volumes molaires de l'alcool, de l'acide, de l'ester, de l'eau pour $\Delta t = 30°C$, on a très sensiblement

$$\Delta V_A + \Delta V_a = \Delta V_E + \Delta V_{H_2O} \quad \text{(tableau V)}.$$

TABLEAU V.

| Corps. | $\lvert \Delta V_A \rvert_0^{30} + \lvert \Delta V_a \rvert_0^{30}$. | $\lvert \Delta V_E \rvert_0^{30} + \lvert \Delta V_{H_2O} \rvert_0^{30}$. |
|---|---|---|
| Octaonate de *n*-heptyle | 3,48 + 3,95 = 7,44 | 7,36 + 0,07 = 7,43 |
| Octaonate de *n*-amyle | 2,92 + 3,95 = 6,87 | 6,76 + 0,07 = 6,83 |
| Pentanoate de *n*-hexyle | 3,12 + 3,10 = 6,22 | 6,12 + 0,07 = 6,19 |

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la détermination des produits de solubilité des chlorures basiques et de l'hydroxyde de plomb.* Note de M. **Pierre Deschamps** et M^lle **Berthe Charreton**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note [1], nous avons précisé le domaine d'existence des chlorures mono ou tribasique de plomb et de l'hydroxyde. Nous nous proposons ici de calculer les produits de solubilité de ces différents corps.

Nous avons déterminé par plusieurs méthodes le produit de solubilité du sel mono. Les produits de solubilité du sel tri et de l'hydroxyde sont alors déterminés à partir des valeurs obtenues pour le sel mono.

I. *Produit de solubilité du sel monobasique* PbClOH :

*a*. Nous dosons potentiométriquement par le nitrate d'argent la concentration en ions chlore de la solution au cours de la précipitation par la soude.

La courbe représentant la variation de la concentration en chlore en fonction de $a$ [1] pour une solution de $Cl_2Pb$ 0,01 M passe par un minimum pour $a = 0,5$. La concentration en chlore est alors 0,0124 M au lieu de 0,01 M, valeur théorique pour un sel monobasique pratiquement insoluble.

Au début de la précipitation ($0 < a < 0,35$) la courbe se confond avec une droite qui passe précisément par le point $a = 0,5$, $(Cl) = 0,01$ M.

Nous obtenons le produit de solubilité $S = (Pb^{++})(Cl^-)(OH^-)$ en calculant $(Cl^-)$ et $(OH^-)$ pour une valeur donnée de $a$ ($a = 0,4$) d'après les courbes de pH et de concentration en chlore. La concentration en plomb nous est alors donnée par l'équation de neutralité électrique. Nous avons tenu compte des corrections de force ionique. Nous trouvons $S_1 = 3,2.10^{-14}$.

Nous avons effectué ce calcul en supposant que la solution de $Cl_2Pb$ est entièrement dissociée en ions $Pb^{++}$ et $Cl^-$. On sait cependant que la dissociation de $Cl_2Pb$ se fait en deux stades et par l'intermédiaire des ions $PbCl^+$. La constante K de la réaction d'équilibre $PbCl^+ \rightleftharpoons Cl^- + Pb^{++}$ a été déterminée par de nombreux auteurs : Fromherz et Kun hou Lih [2]. Näsänen [3] donne $pK = 1,35$ pour une force ionique de 0,1. Il résulte de cette valeur qu'on peut, en solution diluée, faire l'hypothèse simple indiquée ci-dessus.

A partir de ces valeurs on peut aussi effectuer le calcul complet; les résultats sont peu différents de ceux obtenus en faisant l'hypothèse la plus simple.

Le produit $(Pb^{++})(Cl^-)(OH^-)$ s'obtient en multipliant par K le produit $(PbCl^+)(OH^-)$.

*b*. Nous mesurons avec une électrode Ag/ClAg l'activité des ions $Cl^-$ au cours de la précipitation par une base (soude ou di-éthylamine).

Les courbes d'activité en fonction de $a$ passent toutes par un minimum

---

(1) P. Deschamps et B. Charreton, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1228.

(2) *Z. Physik. Chem.*, A **153**, 1931; A **167**, 1933.

(3) *Ann. Acad. Sc. Fennicæ*, A II, 1945, p. 13.

pour $a = 0,5$. Les différences entre les forces électromotrices de la pile Ag-ClAg-$Cl^-$-électrode à calomel, atteignent 7 millivolts entre $a = 0$ et $a = 0,5$ et 13 à 14 millivolts entre $a = 0,5$ et $a = 1$.

Les courbes d'activité ne correspondent pas tout à fait aux courbes de concentration surtout pour $0 < a < 0,5$. Cela s'explique suffisamment par le fait de la dissociation incomplète de $Cl_2Pb$ et de la présence des ions $PbCl^+$.

Pour calculer $S_1$, nous connaissons directement $(Cl^-)$ activité des ions $Cl^-$ que nous déduisons de la force électromotrice de la pile pour une valeur donnée de $a$ (nous avons pris $a = 0,5$). Nous connaissons $(OH^-)$ par la mesure correspondante du pH. Nous ne faisons donc la correction de force ionique que pour la concentration en plomb que nous tirons comme précédemment de l'équation de neutralité électrique. Nous trouvons $S_1 = 1,7.10^{-14}$.

*c*. D'autre part, on peut calculer le produit de solubilité à partir des seules mesures de pH.

Nous donnons deux valeurs, la première $S_1 = 1,9.10^{-14}$ pour une solution de $Cl_2Pb$ 0,1 M, la seconde $S_1 = 9,7.10^{-14}$ pour la même solution de $Cl_2Pb$ mais en présence de chlorure de potassium 0,1 N : dans ce dernier cas les ions $PbCl^+$ sont prépondérants. Nous avons utilisé la valeur de K citée plus haut, mais nous n'avons pu faire les corrections de force ionique, ce qui explique le résultat un peu fort.

II. *Produit de solubilité de sel tribasique* $PbCl_2, 3Pb(OH)_2$ que nous écrirons $PbCl^{1/2}OH^{3/2}$.

Nous avons montré (¹) que le produit de solubilité peut se calculer à partir du pH de la solution en équilibre avec les deux sels : mono et tri.

Pour une solution 0,01 M en $Cl_2Pb$ précipité par la diéthylamine, nous trouvons : $S_2 = (Pb^{++})(Cl^-)^{1/2}(OH^-)^{3/2} = 10^{-17}$.

Nous avons pris pour $S_1$, la valeur moyenne $S_1 = 2.10^{-14}$.

III. *Produit de solubilité de l'hydroxyde* $Pb(OH)_2$.

Nous faisons de même le calcul à partir du produit de solubilité du sel tri. Nous trouvons $S_{II} = (Pb^{++})(OH^-_1)_2 = 3.10^{-20}$.

CONCLUSION. — Lors de la précipitation par une base d'une solution de $Cl_2Pb$, il se forme successivement : $PbClOH$, $PbCl_2, 3Pb(OH)_2$, $Pb(OH)_2$.

D'après les valeurs des produits de solubilité des sels mono et tribasique nous pouvons calculer la concentration initiale $\theta$ en dessous de laquelle le sel mono ne précipite plus. Nous trouvons $\theta = 2,7.10^{-3}$, ce qui correspond approximativement à l'expérience.

De plus, pour $a = 0,5$, $(Pb^{++}) = 0,12.10^{-2}$, ceci pour une concentration initiale 0,01 M. Nous avons donc alors 88 % du plomb qui est précipité.

Pour $a = 0,75$, $(Pb^{++}) = 0,5.10^{-4}$, soit 99,5 % de plomb précipité.

Pour $a = 1$, $(Pb^{++}) = 0,5.10^{-7}$ : la précipitation est pratiquement totale.

(¹) M. GELOSO et P. DESCHAMPS, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 742.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la Kjeldhalisation des hétérocycles azotés.* Note de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

En matière de Kjeldhalisation la plupart des auteurs recommandent de poursuivre le chauffage pendant un temps variable après la décoloration du milieu. Toutefois, comme le signale R. Dolique (1) « la formation d'ammoniac et la disparition du carbone dans le milieu en cours de digestion sulfurique ne sont pas nécessairement des phénomènes concomitants ». C'est pourquoi il distingue, de la notion *after boil* introduite par les analystes américains, celle de *post-Kjeldhalisation*, période de chauffe à proscrire de toute opération où l'on recherche un rendement quantitatif en ammoniac.

Au cours de recherches sur le dosage de composés azotés résistant à la méthode de Kjeldhal, je suis arrivé à des conclusions identiques. On sait que les noyaux azotés hétérocycliques sont particulièrement réfractaires. C'est pourquoi on a essayé des catalyseurs hautement actifs et introduit des substances permettant d'élever la température de la digestion sulfurique.

La plupart des catalyseurs proposés sont des catalyseurs d'oxydation (Se, $Cu^{++}$, etc.) ou de véritables agents d'oxydation, ($S_2O_8K_2$). Quant à l'élévation de température, elle semble n'intervenir que sur la vitesse de réaction suivant les lois classiques.

Par suite, dans cette étude doit-on considérer :

1° la transformation du noyau azoté en ammoniac;

2° la transformation de l'ammoniac.

Compte tenu des remarques antérieures, ces réactions dépendent des principaux facteurs suivants :

la température : les digestions sont poursuivies à température constante et contrôlée (d'une façon précise et non comme dans le mode opératoire classique);

la composition ionique du milieu, qui est aussi maintenue constante, au temps zéro. Le pH est contrôlé au cours de l'opération;

le potentiel Red-ox. du milieu;

la nature et la concentration du catalyseur;

l'influence des parois, qui vient compliquer le problème considérablement dans ce cas particulier;

la nature des produits de désintégration du noyau azoté.

Les premiers résultats obtenus, qui feront l'objet d'une publication ultérieure plus détaillée, indiquent que dans le choix des agents de minéralisation on doit être guidé par :

le potentiel d'oxydo-réduction qui doit être inférieur à un certain seuil

(1) *Bulletin des travaux de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, fasc. III, 1950, p. 121.

($\neq$ 1,30 V) mais inférieur à une limite supérieure ($\neq$ 1,50 V) sous peine d'oxyder en azote l'ammoniac formé.

l'influence du catalyseur sur les vitesses des diverses réactions : en modifiant la nature ou la concentration d'un catalyseur on peut faire apparaître ou disparaître l'oxydation de l'ammoniac. C'est pourquoi il est bon de respecter avec le plus grand soin les proportions indiquées dans les diverses recettes. Ainsi l'oxychlorure de sélénium semble agir d'abord sur la transformation pyridine$\rightarrow NH_3$ dans le même sens qu'une élévation de température; mais si l'on élève la concentration initiale en $SeOCl_2$, on favorise la combustion de l'ammoniac formé. Il y a donc une proportion optima et une durée de chauffe dont il ne faut pas s'écarter.

La présence d'ions $Cu^{++}$ et surtout d'ions $Ag^{+}$, sans élever beaucoup le potentiel Red-ox. entraîne des pertes en azote en modifiant le rapport des vitesses des réactions d'oxydation.

Avec le persulfate et l'acide phosphorique je n'ai pu avoir des résultats constants et interprétables, car la paroi des matras est attaquée; il passe en solution des cations qui modifient les conditions de l'expérience (en agissant surtout sur les vitesses de réaction) et les résultats sont différents, toutes autres choses égales, dans un matras ayant déjà servi (dépoli) et un matras identique mais neuf.

L'étude de la cinétique et du mécanisme de la Kjeldhalisation des bases hétérocycliques s'avère donc délicate, mais doit permettre une mise au point rationnelle des méthodes de minéralisation et de dosage rapides et pratiques.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la construction d'abaques donnant les indices de liaison des hydrocarbures purement conjugués alternants pairs.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

La notion de notation ([1]) permet de réunir en des groupes les liaisons possédant des indices de liaison voisins, mais il n'existe pas une correspondance entièrement univoque entre notation et indice de liaison ([2]).

Le carractère de double liaison de Pauling ([3]) (simple rapport entre le nombre des formules kékuléennes qui rendent double une certaine liaison et leur nombre total) est un paramètre simple qui permet d'établir une telle correspondance au sein de chaque groupe.

---

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) Vroelant et Daudel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1947, p. 217; Chalvet, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 571.

([2]) P. Daudel, R. Daudel et Vroelant, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1033.

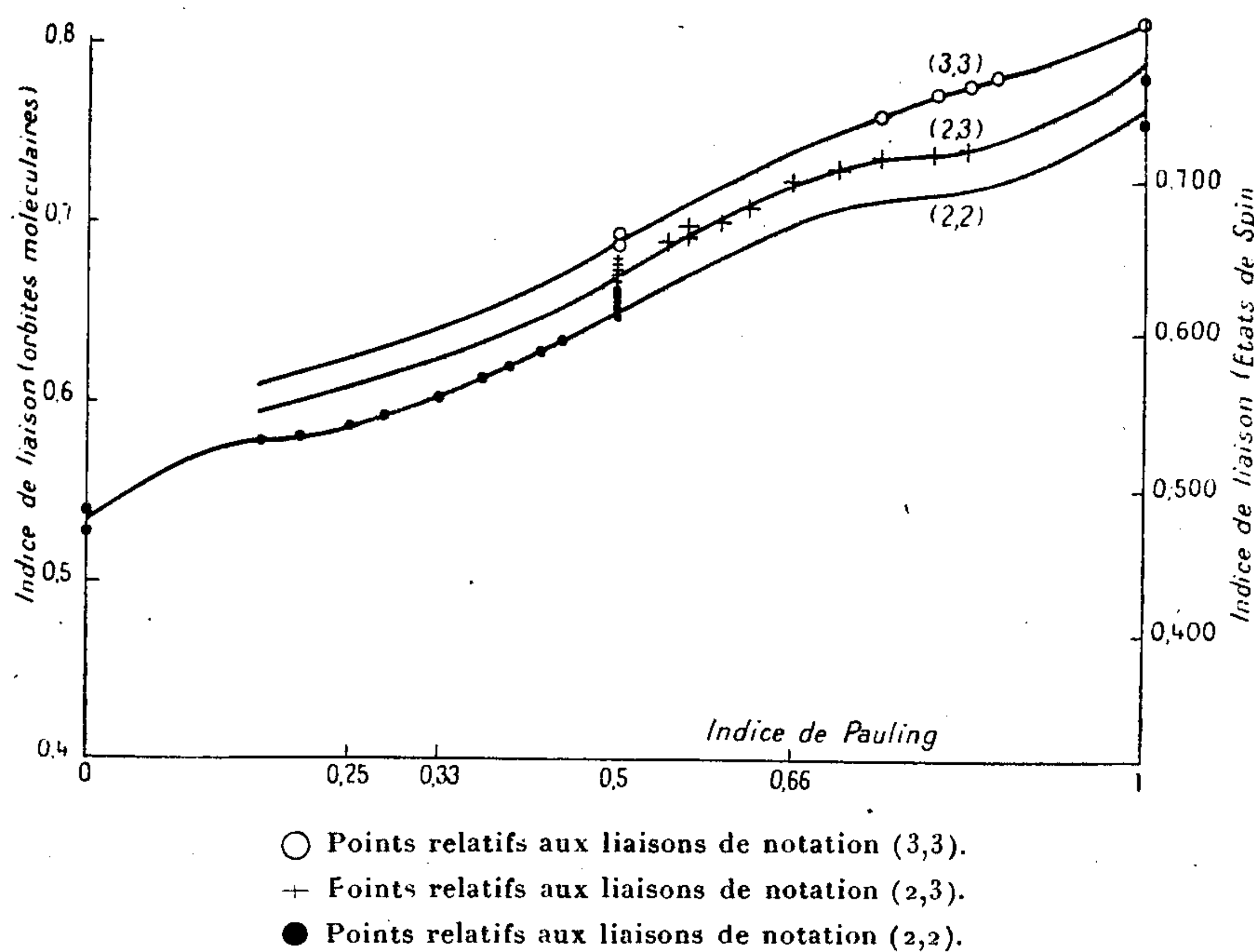
([3]) *The Nature of the Chemical Bond.*

L'exemple de la figure 1 fera comprendre de quelle façon.

Sur cette figure on a représenté pour les liaisons (2,2), les liaisons (2,3) et les liaisons (3,3) la variation de l'indice de liaison rigoureux en fonction de l'indice de Pauling.

On voit que pour chaque notation on obtient une courbe bien définie.

En possession de cette figure pour trouver avec une très bonne approximation l'indice de liaison d'une liaison donnée possédant la notation (2,2), (2,3) ou (3,3), il suffit donc d'évaluer l'indice de Pauling, ce qui demande quelques minutes alors que le calcul direct de l'indice de liaison est très laborieux.




○ Points relatifs aux liaisons de notation (3,3).
+ Points relatifs aux liaisons de notation (2,3).
● Points relatifs aux liaisons de notation (2,2).

Les courbes ont été construites à l'aide des diagrammes classiques de la méthode L.C.A.O. La relation(¹) existant entre les indices de liaison L.C.A.O. et les indices de liaison de Penney a permis de faire figurer sur l'abaque une échelle donnant ces derniers indices.

On se rend aisément compte que la construction de ces courbes est possible pour toutes les notations. Des complications apparaissent dans certains cas, mais la méthode semble particulièrement bonne pour les molécules formées par un grand nombre de cycles hexagonaux.

Nous désignerons sous le nom d'approximation V. D. C. l'emploi de tels abaques.

---

(¹) CHALVET, DAUDEL et ROUX, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propargylamines.* Note de M^lle **Janine Chauvelier** et M. **Marcel Gaudemar**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La littérature ne fait mention, en ce qui concerne les propargylamines, que de sels de l'amine primaire (¹). Il ne semble donc pas que ces amines aient été jusqu'ici préparées en quantités suffisantes pour la détermination de leurs constantes physicochimiques, sauf peut-être dans les laboratoires de l'I. G. Farben Industrie, mais aucune publication ne vient étayer cette supposition.

Nous avons utilisé à cette synthèse la réaction d'Hofmann entre le bromure de propargyle et l'ammoniac; l'opération peut être effectuée dans l'ammoniac liquide sous la pression atmosphérique ou dans l'ammoniac aqueux, sous agitation vers 30°.

Qualitativement les résultats sont les mêmes : mélange en quantités comparables de mono, di et tripropargylamines (accompagnées de leurs bromhydrates et de bromure d'ammonium), et bromure de tétrapropargylammonium.

Le passage du milieu anhydre au milieu aqueux fait seulement évoluer le résultat vers les amines les plus substituées, ce qui s'explique facilement; les propargylamines, moins aquosolubles, et plus liposolubles que l'ammoniac, passent pour une partie importante dans la phase organique (bromure de propargyle), et la réaction s'effectue en grande partie en présence d'un excès de cet agent.

De toute façon, si l'extraction du sel quaternaire n'est pas immédiate, celle des amines ne présente aucune difficulté.

Nous avons rassemblé dans un tableau diverses constantes relatives aux propargylamines et à quelques dérivés :

| Propargylamines. | Éb. | $d_4^{15}$. | $n_D^{15}$. | $R_M$. Mesuré. | $R_M$. Théorie. | Picrates F. | Oxalates F. | K. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mono... | 84° | 0,867 | 1,4495 | 17,04 | 17,07 | 190° | 143° | $1,48.10^{-6}$[1] |
| Di..... | 51°/10^mm | 0,901 | 1,4785 | 29,31 | 29,50 | 135 | 210 | $1,18.10^{-8}$ |
| Tri.... | 76°/10^mm | 0,922 | 1,4875 | 40,91 | 41,70 | 108 | 135 | $1,00.10^{-1}$ |

Le bromure de tétrapropargylammonium s'obtient plus simplement en laissant en contact 24 heures un mélange équimoléculaire de tripropargylamine et de bromure de propargyle. Il cristallise de l'eau ou de l'alcool en magnifiques aiguilles.

On possède donc là un exemple de réaction d'Hofmann particulièrement typique.

(¹) C. Paal et Hermann, *Ber.*, **22**, 1889, p. 3076.

(²) Ch. Prévost, M. Gaudemar et J. Honigberg, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1186.

La possibilité de la transposition propargylique ([2]) permettait de suspecter l'unicité des propargylamines (existence possible d'allénylamines).

A la vérité, cette possibilité semblait assez faible pour les amines primaires et secondaires; en particulier l'allénylamine $CH_2=C=CH-NH_2$ est vraisemblablement desmotrope de l'acroléine-imine $CH_2=CH-CH=NH$, hautement polymérisable en une résine rouge que la chaleur transforme en β-picoline.

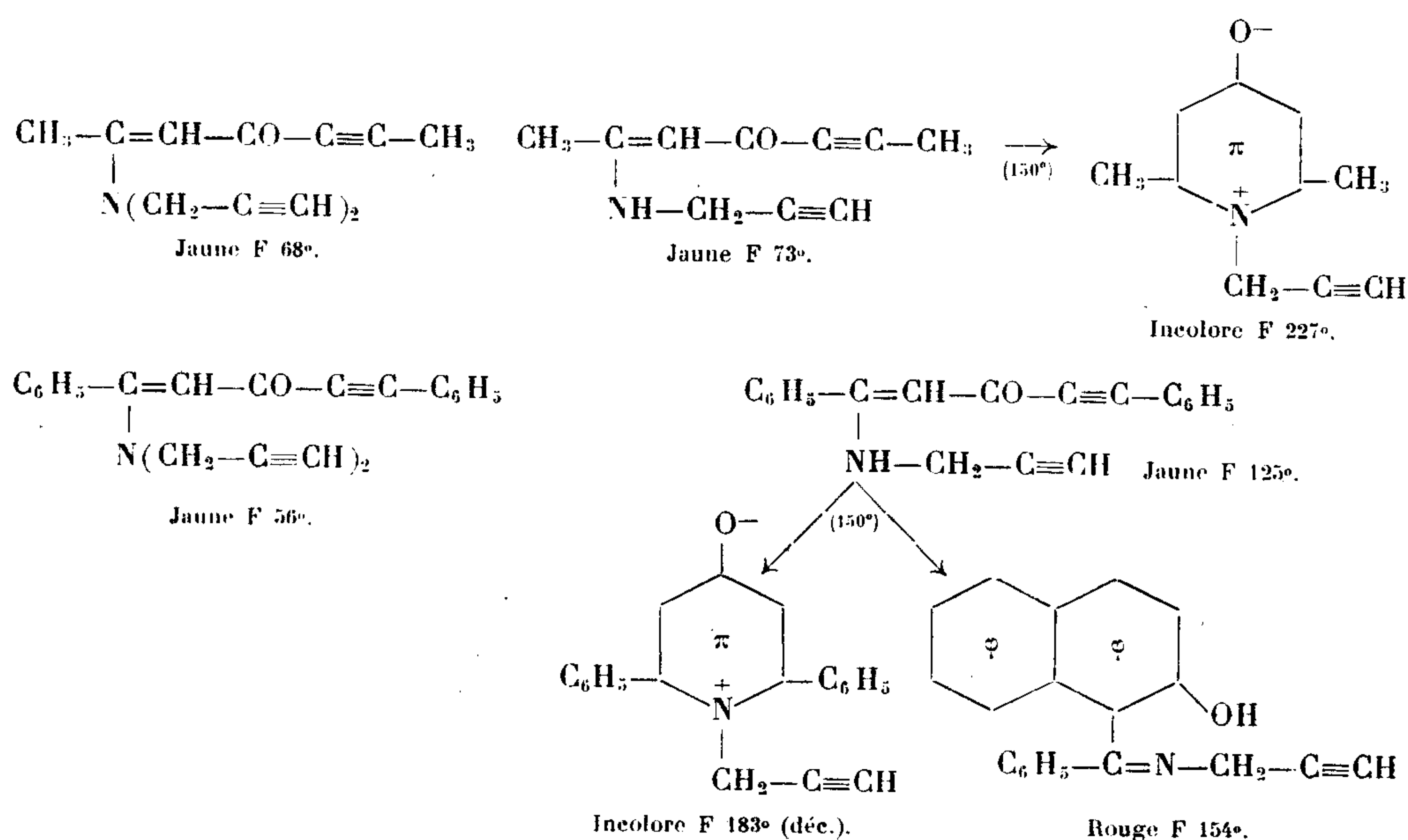
Aussi les allénylamines devaient-elles se manifester sous forme de résines, et non souiller les propargylamines. De fait, certaines préparations n'ont laissé aucun résidu résineux, d'autres n'en ont laissé que des traces et non transformables en β-picoline.

Par contre les propargylamines précipitent en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal limite, et ne présentent, comme raies Raman intenses, que des raies acétyléniques.

Nous avons tenu cependant, en ce qui concerne les amines primaires et secondaires, à préparer, par des réactions quantitatives des dérivés cristallisés, dans une série où l'isomorphisme est moins à craindre que dans celle des sels ammoniacaux, ceci afin d'établir l'unicité des amines par la fixité du point de fusion de dérivés non fractionnés.

Nous avons fait appel aux produits d'addition de cétones $\alpha - \alpha' -$ diacétyléniques ([3]) particulièrement adaptés à cette technique.

Nous avons réussi à préparer la gamme complète des dérivés des cétones acétyléniques les plus accessibles. Voici leurs points de fusion :




([2]) J. Chauvelier, *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 395.

Aucune transposition propargylique n'accompagne donc la réaction d'Hofmann.

On pouvait encore envisager la possibilité d'une transposition propargylique dans la diazotation de la monopropargylamine, cette transposition conduisant à l'énol $CH_2=C=CHOH$, donc à l'acroléine.

Effectuée en milieu faiblement acide, cette diazotation ne conduit qu'à l'alcool propargylique normal, alors que l'on ne voit pas de raison sérieuse pour la destruction intégrale de l'acroléine éventuelle.

Ces résultats confirment donc la rareté de la transposition propargylique décrite par M. Prévost (2).

GÉOLOGIE. — *Découverte de restes d'un grand Dinosaurien sauropode dans le Crétacé du Sud marocain.* Note de M. **René Lavocat**, présentée par M. Paul Fallot.

J'ai signalé (1) l'existence dans le Sud marocain, dans le soubassement de la Hammada du Guir et des Kem Kem (2), de formations à vertébrés remarquables par leur richesse et leur étendue qui atteint 250$^{km}$ de longueur. En 1950, à la suite d'une mission pour le service de la Carte Géologique du Maroc, j'ai pu effectuer une fouille importante dans ces formations, au pied de la Gara Sba, près de l'Oued Bou Haiara. La falaise, haute de 150 à 200$^m$, est couronnée par le calcaire cénomanien marin fossilifère, pouvant avoir 40$^m$ d'épaisseur. Toute la partie inférieure du versant est constituée par le Crétacé continental principalement gréseux. Le Primaire affleure à quelques kilomètres de là, dans la plaine. La fouille, effectuée au tiers inférieur de la hauteur, m'a permis de mettre au jour : un sacrum, huit vertèbres pré ou post sacrales, une omoplate, sept côtes, pièces appartenant certainement toutes au même individu, et dont plusieurs sont d'une conservation remarquable. Les premières observations permettent d'affirmer qu'il s'agit d'un Dinosaurien sauropode d'une taille voisine de celle du Diplodocus, appartenant probablement à un genre nouveau. Le sacrum montre quatre apophyses épineuses soudées. L'omoplate se distingue de celle du *Diplodocus* ou du *Brontosaurus* par sa forme en ovale, très élargie. Les apophyses épineuses sont remarquablement développées.

On peut avoir l'espoir que la reprise des fouilles permettrait la découverte de compléments très importants de ce squelette, peut-être même du crâne. Les éléments trouvés représentent déjà ce que nous possédons actuellement de plus complet et de mieux conservé sur les Dinosauriens du Crétacé d'Afrique

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1291-1292.

(2) *C. R. Soc. géol. France*, 5e série, **19**, 1949, p. 125.

du Nord française. On sait que la même formation, à Baharia (Égypte), a fourni des éléments assez importants de Dinosauriens, étudiés par Stromer, mais dont les crânes ne sont encore connus que très incomplètement.

GÉOLOGIE. — *Sur le Maestrichtien et l'Éocène inférieur de la vallée du Sous (Sud Marocain).* Note (*) de MM. **Robert Ambroggi** et **Camille Arambourg**, présentée par M. Paul Fallot.

En 1930, E. Roch ([1]) signalait la présence de Maestrichtien phosphaté dans la région d'Agadir. En 1938, dans la région de Taroudant, L. Neltner ([2]) assimilait à l'Éocène des calcaires *Ostrea multicostata* et des faciès sableux phosphatés.

L'un de nous (R. A.) découvrit récemment sous des marno-calcaires éocènes à *O. multicostata*, une faune abondante de poissons et reptiles, dans les séries sableuses de l'oued Erguita, qui surmontent en succession normale le Campanien. La coupe s'établit ainsi, de bas en haut :

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Marnes bleues alternant avec des calcaires blancs zoogènes et marno-calcaires à *O. devillei*, *O. semiplana*, *O. aucapitanei* | – |
| 2. | Calcaires et marno-calcaires gris bleu à silex noirs débutant par un conglomérat phosphaté à dents de squales | 10m |
| 3 | Grès jaunes phosphatés à dents de poissons, alternant avec des marnes bitumineuses et des calcaires dolomitiques | 20 |
| 4. | Sables jaunes phosphatés à dents de poissons et de reptiles avec lits conglomératiques phosphatés, deux niveaux à algues et un banc de nodules d'agates | 65 |
| 5. | Calcaires et marno-calcaires à gastéropodes et bivalves | 7 |
| 6. | Sables, grès et conglomérats fins phosphatés à silex noirs et dents de poissons et de reptiles, coupés de quelques marnes bitumineuses | 50 |
| 7. | Calcaires et marno-calcaires blancs à lumachelles | 18 |
| 8. | Sables, grès et marnes phosphatés à dents de poissons et de reptiles coupés de calcaires à bivalves et gastéropodes | 40 |
| 9. | Calcaire dolomitique et marno-calcaires blancs à éléments détritiques et à silex noirs avec quelques petits niveaux de conglomérats phosphatés à dents de poissons. | 20 |
| 10. | Calcaires blancs alternant avec des marnes ou marno-calcaires verts ou jaunes à huîtres plissées et nautiles | 35 |
| 11. | Marnes sableuses rouges et marno-calcaires blancs ou roses à petites huîtres plissées et faune saumâtre | 35 |
| 12. | Grès rouges stériles | – |

L'étude paléontologique met en évidence : d'une part, une série maestrichtienne comprenant les niveaux 2 à 8 inclus, d'autre part une série de l'Éocène inférieur pour les niveaux 9 à 11. La faune de poissons et de reptiles des

(*) Séance du 3 janvier 1951.

([1]) *Notes et Mémoires Service Mines et Carte géol. Maroc*, 9, 1930, p. 447-449.

([2]) *Ibid.*, 42, 1938, p. 204.

niveaux 2, 3, 4, 6, 8, uniformément maestrichtienne, ne permet pas d'établir de subdivisions. Les éléments (étudiés par C. A.), sont les suivants.

*Poissons : Corax Kaupi* Ag., *Scapanorhynchus rapax* Quaas, *Lamna biauriculata* Wan., *L. serrata* Ag., *Rhombodus Binckhorsti* Dames, *Onchosaurus maroccanus* Aramb., *Ctenopristis Nougareti* Aramb., *Schizorhiza Stromeri* Weil., *Enchodus libycus* Weil,, *E. cf. elegans* Dart. et Cas., et quelques formes nouvelles des genres *Rhombodus, Parapalæobates, Rhynchobatus, Scapanorhynchus.*

*Reptiles :* Restes de Chéloniens abondants, mais indéterminables; nombreuses dents de Crocodiliens et, peut-être, de Plésiosauriens; les Mosasauriens sont extrêmement rares. Aucun élément faunique n'évoque particulièrement le Danien.

Le niveau 9 n'a fourni que quelques dents d'*Odontaspis* et de *Myliobatis*, genres apparus au Tertiaire. Le niveau 10, très riche en Nautiles et *O. multicostata* Des. var. *strictiplicata* Raul. et Delb. et le niveau 11 contenant *O. multicostata* Des. associée à une faune saumâtre, représenteraient le Lutétien.

La faune des niveaux 2 à 8, quoique typiquement maestrichtienne, se distingue de celle des gisements des Bassins des Ouled Abdoun et des Ganntour par l'absence de formes telles que : *Corax pristodontus, Lamna biauriculata*, var. *maroccana*, ou l'extrême rareté d'autres comme : *Lamna serrata, Rhombodus Binckhorsti, Enchodus libycus*, Reptiles mosasauriens, et par la prédominance de *Corax Kaupi, Scapanorhynchus rapax, L. biauriculata* (typica), rares ou absentes dans les bassins précités. Seuls, les gisements de la bordure nord de l'Atlas (Imi n'Tanout) offrent des caractères fauniques identiques.

Ainsi, au Maestrichtien, s'installe dans cette région un régime très particulier de sédimentation. La subsidence qui s'est manifestée dès le Sénonien se poursuit durant le Maestrichtien, accumulant plus de 200$^m$ de sédiments phosphatés qui représentent la série maestrichtienne la plus épaisse connue au Maroc [1]. Il semblerait que la région méridionale du *Golfe des phosphates* à l'emplacement de la future chaîne s'est trouvée, vers la fin du Crétacé, dans des conditions océanographiques et biologiques un peu différentes de celles qui prédominaient plus au Nord.

Dès l'Éocène inférieur, les conditions de sédimentation se modifient; seuls quelques lits à dents de poissons rappellent le régime phosphaté. Au Lutétien, la faune marine ne présente plus aucun des caractères de la mer des phosphates. Les faciès lagunaires et détritiques prédominent. A la fin du Lutétien, la mer abandonne définitivement la région.

---

[1] Les teneurs en phosphate tricalcique oscillent entre 10 et 55 %.

GÉOLOGIE. — *Note préliminaire sur la présence du Lias inférieur (Hettangien et Sinémurien) et moyen en Nouvelle-Calédonie.* Note (*) de M. **Jacques Avias**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans le *Courrier des Chercheurs* ([1]), j'annonçais la découverte (remontant à juillet 1947) du Lias en Nouvelle-Calédonie, sous la forme d'un fragment typique d'*Arietitidæ*, sur le versant Nord des collines qui limitent au Sud-Ouest la baie des Moustiques dans l'île Ducos. Les affinités les plus grandes de mon échantillon vont au genre *Vermiceras* Hyatt, de la famille des *Arietitidæ* Hyatt 1874, et placent donc très probablement les formations dont il provient dans le *Sinémurien inférieur.* Dans la présente Note, je donnerai les premiers résultats de mes études paléontologiques, entreprises au Laboratoire de Paléontologie du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, sur différentes autres faunes jurassiques que j'ai découvertes en Nouvelle-Calédonie, et qui, contrairement au fragment d'*Arietitidæ* n'avaient pu être déterminées d'une façon suffisante avant la publication citée ci-dessus.

*Hettangien.* — Au début de 1948, grâce aux indications de R. Pomeyrol, alors chargé de Mission de recherches pétrolières en Nouvelle-Calédonie, je découvris toute une faune d'ammonites à faciès liasique, dont le gisement situé sur les rivages de la *Baie inaccessible* (baie située à 15$^{km}$ environ à l'Est et dans le prolongement des formations à ariétites de l'île Ducos) n'était séparé de ces dernières que par la mer. L'étude de cette faune étant suffisamment avancée, j'en donne ici les premiers résultats : une partie au moins de la formation peut, en effet, être datée comme appartenant à l'*Hettangien supérieur* (*zone à* angulatum), puisque parmi les ammonites déterminées se trouvent un *Schlotheimiidæ* (Spath 1923) du groupe des *angulatum* et plusieurs *Psiloceratidæ* (Hyatt 1868 em. Lange 1924 et 1941) du groupe des *extracostatum.* Elles seront décrites dans ma thèse.

Par ailleurs, de nombreux autres échantillons ayant pu être réunis, après mon départ, dans le même gisement par mon collègue A. Arnould, à l'occasion du lever géologique de l'ensemble de la côte Est de la baie de Saint-Vincent, on peut attendre de lui des précisions et des compléments intéressants, lorsque ces matériaux, récemment arrivés de la colonie, auront pu être déterminés. J'ajouterai aussi que certains des Lamellibranches associés à ces ammonites se trouvent en d'assez nombreux points de la bande côtière externe qui va de la rivière Aymes (près Moindou) à la Baie inaccessible. A citer notamment *Otapiria Marshalli* Trechmann, 1923 et Marwick, 1935 ([2]), que j'ai trouvé :

(*) Séance du 3 janvier 1951.

([1]) *O. R. S. C.*, n° 1, 1949, p. 36.

([2]) *Tr. R. S. N. Z.*, 65, p. 302, *fig.* 10-12, 28-32 et 34-35.

dans le bassin de la rivière Aymes (Mé Chamara), où il est justement associé à des empreintes d'ammonites ayant très bien pu appartenir à des *Schlotheimiidæ* (?); dans un îlot au voisinage de l'embouchure de la Moindou ; à l'île Leprédour, etc. Si l'extension verticale de cette *Otapiria* est analogue à celle des ammonites hettangiennes qui lui sont associées à la Baie inaccessible, toutes les formations correspondantes considérées comme Permotriasiques par Piroutet sont à attribuer à l'*Hettangien*. Elles sont en tous cas à rattacher au *Lias inférieur*.

*Lias moyen.* — Je signalerai enfin la présence, entre autres fossiles, d'un lamellibranche très abondant dans mon secteur de travail (notamment, dans le bassin moyen de la rivière Aymes; au Mé Améoré — pic au Sud-Ouest de l'embouchure de la Moindou —; etc), à savoir *Pseudaucella Marshalli* Trechmann 1923 et Marwick, 1926 ([3]), considéré comme liasique moyen (*antétoarcien*) par les auteurs Néo-Zélandais ([4]). Ce lamellibranche qui avait d'ailleurs déjà été recueilli, mais non déterminé, par Piroutet qui le rapprochait dubitativement d'un *Naïadites* ([5]), a été, après mon départ de Nouvelle-Calédonie, retrouvé par P. Routhier dans les mêmes gisements, et, fait plus intéressant cet auteur l'a également recueilli sur le flanc Ouest du mont Katepouenda ([6]), c'est-à-dire, dans le centre Ouest de la colonie.

La formation où l'on rencontre ce fossile semblant, en Nouvelle-Calédonie comme en Nouvelle-Zélande, supérieure à la formation à *Otapiria Marshalli* et cette dernière étant, comme nous l'avons vu, Hettangienne au moins *pro parte* en Nouvelle-Calédonie, on peut donc la considérer comme *post-Hettangienne*. Comme elle est par ailleurs *antétoarcienne* en Nouvelle-Zélande, l'existence du Lias moyen semble être établie en Nouvelle-Calédonie.

Quant au Lias Supérieur, il est jusqu'ici inconnu en Nouvelle-Calédonie et les seules autres formations jurassiques datées avec certitude y sont post-Bajociennes et anté-Kimméridgiennes, très probablement Callovo-oxfordiennes ([7]). En attendant de publier les résultats complets et les détails de mes études paléontologiques et stratigraphiques, j'indiquerai seulement ici que tous les affleurements de jurassique actuellement reconnus, sont, sauf un (gisement du mont Katepouenda), localisés entre la rivière Aymes d'une part, et les rivages de la Baie inaccessible d'autre part. Entre ces deux points, ils jalonnent une *bande côtière et insulaire de formations jurassiques* ayant près de 80$^{km}$ de long. Au Nord-Ouest et au Sud-Ouest, ces formations sont recouvertes, comme le Permotrias qui les accompagne, par les formations

---

([3]) *Trans. N. Z. Inst.*, 56, p. 305, pl. 71, *fig.* 1-2.
([4]) Finlay et Marwick, *Trans. Roy. Soc. N. Z.*. 70, 1940, p. 98.
([5]) *Thèse*, 1917, p. 110.
([6]) *Cahiers de Thoiry*, 1950, n° 3, p. 30.
([7]) J. Avias, *C. R. S. Soc. Geol. Fr.*, n° 11, 1950, p. 195.

trangressives du Crétacé et du Nummulitique des bassins de Bourail et de Bouloupari. Vers l'intérieur, la tectonique complexe, le manque de fossiles et le changement des faciès (éloignement par rapport aux anciens rivages), rend presque impossible leur identification dans l'état actuel de nos études. Cependant la découverte de P. Routhier, au mont Katépouenda, et des études pétrographiques et paléontologiques en cours de l'auteur, en particulier sur des faunes recueillies au fond du bassin de Poindimié, dans la haute Nounin et ailleurs, semblent devoir permettre d'identifier, voire permettre de suivre, des formations jurassiques dans certaines des séries schisteuses, généralement azoïques, des parties centrales et Est de l'Ile.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Variations phyllotaxiques chez les plantules de quelques espèces de Cyprès.* Note de M. **Henri Camefort**, transmise par M. Joseph Magrou.

Les variations phyllotaxiques observées chez les plantules de diverses espèces de Cyprès ne peuvent s'expliquer que par la présence de centres générateurs de feuilles dans le point végétatif des tiges.

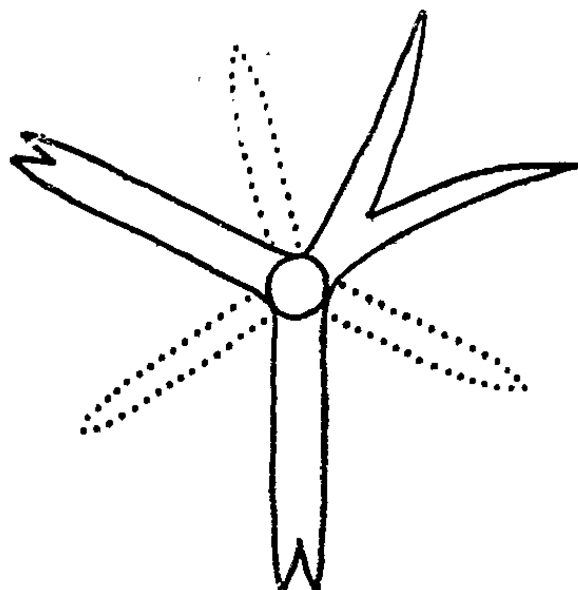
426 plantules appartenant aux espèces suivantes ont été étudiées : *Cupressus sempervirens*, L., *Cupressus torulosa* Don., *Cupressus arizonica* Green, *Cupressus lusitanica* Mill., *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Cupressus goweniana* Gord., *Cupressus benthami* Endl. Les observations ont porté sur l'axe principal; la phyllotaxie des rameaux secondaires ne sera pas abordée ici. Alors que les feuilles des Cyprès adultes sont opposées décussées, celles des plantules sont disposées en verticilles de trois, quatre, cinq ou six feuilles. Le nombre des feuilles par verticille varie très fréquemment, chez un même individu, le long de l'axe épicotylé. Malgré cela, on peut statistiquement déceler un mode de verticillation dominant pour chaque espèce. Ainsi, chez *C. sempervirens*, *C. torulosa*, *C. arizonica*, *C. lusitanica*, *C. macrocarpa*, les verticilles de quatre feuilles dominent. Chez *C. goweniana* et *C. benthami*, les verticilles de trois feuilles sont les plus nombreux.

Les variations phyllotaxiques rencontrées le long des axes épicotylés ont été analysées et classées comme ci-après :

A. *Augmentation* ([1]) *du nombre de feuilles par verticille.* — Cette variation, qui affecte le second verticille postcotylédonaire, est fondamentalement une duplicature du nombre des feuilles verticillées. Par exemple, une plantule de *C. macrocarpa* possédant trois cotylédons, présente ensuite un premier verticille de trois feuilles, puis un second verticille de six feuilles. La présence très fré-

([1]) Les termes augmentation et diminution expriment des variations observées le long de la tige principale, en montant des cotylédons vers le sommet.

quente, de feuilles plus ou moins soudées, à ce niveau, nous fait interpréter la variation comme étant le résultat d'une division des centres générateurs de feuillles qui avaient fourni les cotylédons et les feuilles du premier verticille. La figure illustre, chez une plantule de *C. lusitanica*, l'hypothèse précédente : les six feuilles du second verticille postcotylédonaire sont soudées par paires, témoignant de la division incomplète, avortée, des trois centres générateurs primitifs. Chez certaines des plantules, où la division des centres générateurs a été complète, le nouveau mode de verticillation se maintient, tout au moins pendant la première année. D'autres plantules, par contre, présentent à des niveaux plus ou moins élevés de l'axe épicotylé une diminution du nombre des feuilles par verticille.



Trois paires de feuilles soudées du second verticille postcotylédonaire d'une plantule de *C. lusitanica*. (En pointillé les trois feuilles du premier verticille.)

B. *Diminution du nombre de feuilles par verticille*. — Cette seconde variation peut s'effectuer suivant deux modalités : soit par disparition d'un centre générateur, soit, ce qui est rare, par la fusion de deux centres générateurs de feuilles.

Sur l'axe épicotylé de certaines plantules apparaît, d'une façon inattendue, un verticille incomplet. Par exemple, à un verticille de quatre feuilles succède un verticille de trois feuilles réservant entre deux de celles-ci un vide marquant la place de la quatrième feuille qui ne s'est pas formée ([2]). Cette disparition brutale d'une feuille entraîne chez les verticilles suivants, formés aussi de trois feuilles, des ruptures de verticillation ; mais celles-ci s'atténuent progressivement et disparaissent. Dans ce mode de variation un centre générateur de feuilles a cessé soudainement de fonctionner entraînant un nouveau régime de verticillation et provoquant des perturbations secondaires dans les verticilles qui suivent.

(2) Dans cet espace il fut observé chez trois plantules, un limbe minuscule dépourvu de toute vascularisation.

La diminution du nombre des feuilles verticillées peut être moins brutale. Dans un très petit nombre de plantules le nouveau mode de verticillation est relié à l'ancien par un verticille de transition. Celui-ci présente deux feuilles soudées qui témoignent de la fusion de deux centres générateurs voisins.

Nous insisterons pour conclure, sur deux considérations générales qui nous semblent importantes. Qu'il s'agisse de la disparition d'une feuille ou de la soudure de deux feuilles, ces variations ne sont pas explicables par l'intervention de facteurs extérieurs au point végétatif. Rien, dans la disposition foliaire qui les précède ne permet de les prévoir. Elles sont toujours inattendues, et il faut bien les rattacher à une cause localisée dans le point végétatif. La deuxième considération nous permettra de préciser davantage. Quel que soit le nombre de feuilles groupées dans un verticille, on constate, pour une espèce donnée, que le point végétatif a toujours la même taille. Autrement dit : la base du point végétatif, là où naissent les feuilles, a un diamètre qui demeure constant au travers de toutes les perturbations observées. Ces dernières ne sont donc pas, comme il pourrait être supposé, liées mécaniquement à une dilatation ou à un rétrécissement de l'anneau initial. Elles sont le résultat de variations dans le fonctionnement, la physiologie propre du point végétatif, ce que permet d'exprimer exactement la notion de centres générateurs de feuilles.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Colutea arborescens *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Les lois du développement de l'embryon sont extrêmement variables chez les Galégées. Les *Galega* et les *Psoralea* se rattachent respectivement aux types embryonomiques du *Drosera rotundifolia* et du *Geum urbanum;* c'est à celui du *Trifolium minus* que correspond le *Colutea arborescens* L. Assurément, les caractères habituellement utilisés dans la classification de la tribu n'ont pas plus de valeur que ceux auxquels on fait appel pour le reste de la famille.

L'embryon du *C. arborescens* L. se rattache au type du *Trifolium minus* L., comme ceux du *Genista tinctoria* L., de l'*Ulex europaeus* L., du *Sarothamnus scoparius* Koch, du *Thermopsis fabacea* DC., du *Dorycnium rectum* Ser. et du *Tetragonolobus siliquosus* Roth ([1]). Les lois du développement diffèrent, par contre, profondément chez les *Colutea*, le *Galega officinalis* L. et le *Psoralea bituminosa* L. ([2]) qui appartiennent, les uns et les autres à la même tribu des Galégées.

---

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1018 et 1196; **224**, 1947, p. 79; **225**, 1947, p. 341 et 776; **226**, 1948, p. 761; **229**, 1949, p. 324; **230**, 1950, p. 917.
([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1540; **231**, 1950, p. 429.

La cellule apicale et la cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se cloisonnent à l'aide de parois plus ou moins obliques : la tétrade formée est globuleuse et ses éléments présentent des dimensions inégales (*fig.* 2). L'étage *cb* donne uniquement naissance à un suspenseur massif, où la puissance de division des blastomères est conservée longtemps; à des stades relativement âgés, on observe encore à son niveau un nombre de cellules bien plus important que n'en comporte l'embryon proprement dit (*fig.* 4 à 12). Le suspenseur comprend, en définitive, surtout de gros macromères, mais il s'organise, dans sa partie supérieure, des files de cellules à dimensions beaucoup plus restreintes et qui se raccordent aux éléments de l'hypophyse, également disposés en files (*fig.* 15 et suivantes). On peut cependant affirmer que la cellule basale n'intervient pas dans la construction de l'embryon proprement dit; les éléments qui en sont issus ont un contenu moins plasmatique et les files sont moins nombreuses que celles de l'hypophyse avec lesquelles elles alternent souvent.

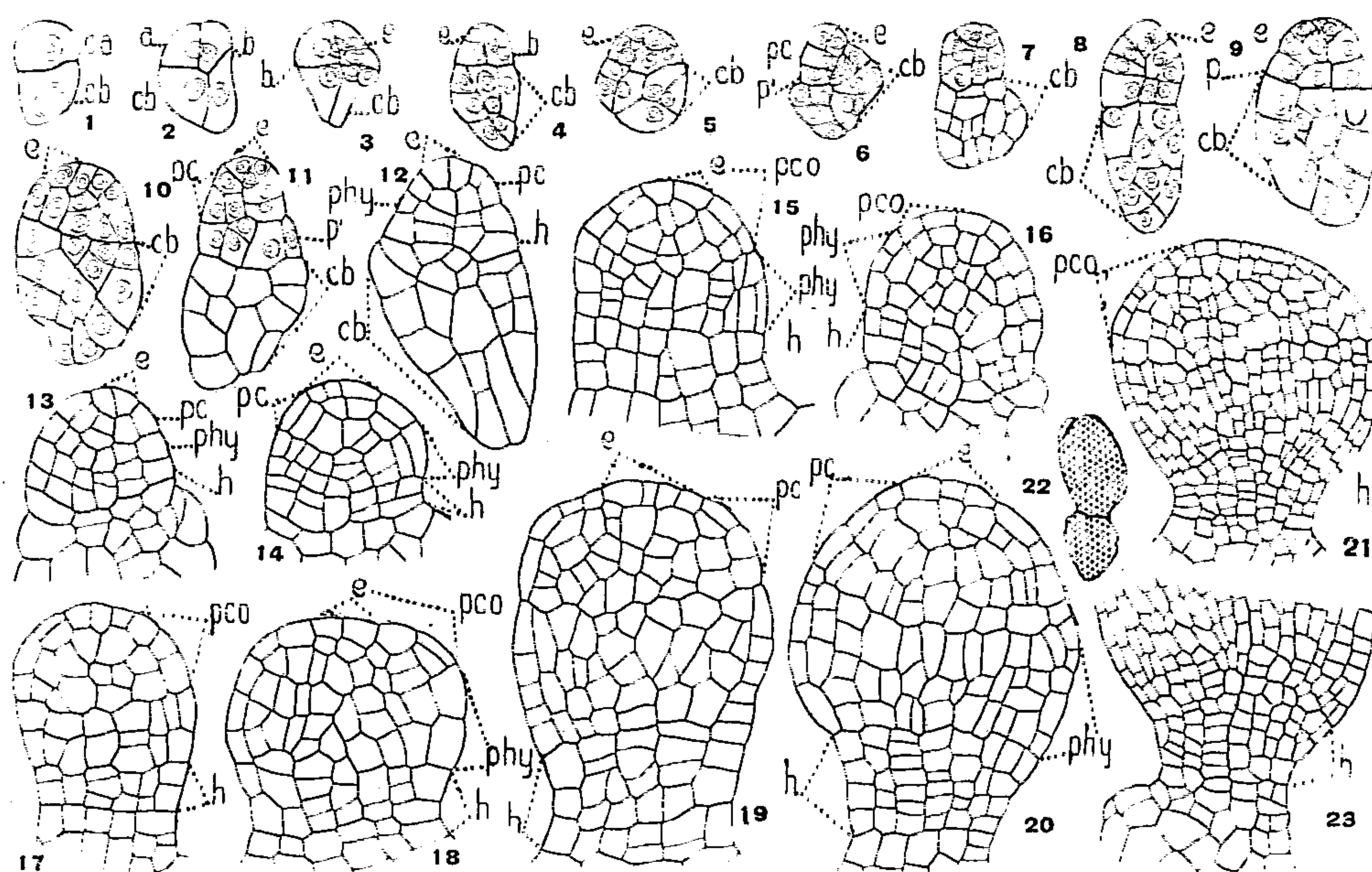



Fig. 1 à 23. — *Colutea arborescens* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *sensu stricto*; *p'* assise engendrant la partie hypocotylée *phy* et l'hypophyse *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*. En 22, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 23. G. = 260; 200 pour les figures 21 et 23; 45 en 22.

Au niveau de l'étage supérieur de la tétrade, l'un des blastomères (*a*) se divise à l'aide d'une cloison oblique, normale à la première paroi, l'autre blastomère (*b*) se segmente à peu près verticalement (*fig.* 3 et 4); les quadrants sont ainsi disposés en tétraèdre dont le sommet est occupé par une cellule à rôle d'épiphyse (*e*, *fig.* 2 à 21). Sous l'épiphyse, les autres quadrants donnent naissance à la partie cotylée, à la partie hypocotylée et à la partie hypophysaire, mais il est impossible de préciser quelle est la participation de chacun d'entre eux à cette édification, en raison des directions variables, souvent obliques, prises par les parois, dès la formation des octants (*fig.* 5 et 6). C'est seulement à des stades relativement âgés que ces étages, qui ont mêmes destinées et même aspect sensiblement que chez le *Trifolium minus*, sont nettement identifiables (*fig.* 12, 13 et 14). Sur

les coupes longitudinales, la région hypophysaire apparaît formée, dans sa partie la plus étroite, proche du suspenseur, de six à sept cellules surmontées chacune d'éléments disposés en files et qui subissent des divisions verticales seulement aux abords de l'axe hypocotylé (*fig.* 21 et 23). Les files périphériques donnent naissance aux parties latérales de la coiffe, le groupe médian fournit vers le haut les initiales de l'écorce de la racine, vers le bas les premiers éléments de l'assise calyptrogène. L'hypophyse, dans son ensemble, contribue à la construction de la coiffe et n'intervient pas dans la formation de la portion supérieure du suspenseur; certains éléments issus de la cellule basale assurent comme on l'a vu, le raccord des macromères et du col hypophysaire.

Les différences constatées dès maintenant dans l'embryogénie des Galégées nous autorisent à douter des critères généralement admis pour délimiter ce groupe. C'est ainsi que l'un des caractères fondamentaux de la sous-tribu des Colutéinées consiste en la présence, chez ses représentants, d'un style barbu sur son bord supérieur : cette particularité se retrouve également chez des Galégées appartenant à d'autres sous-tribus. On pourrait étendre à l'ensemble des Papilionacées cette remarque de Baillon ([3]) sur la *série* des Viciées, qui : « est des plus naturelles : ce que montre le peu de valeur des caractères employés à distinguer les genres entre eux et qui seraient considérés comme insuffisants dans un grand nombre de familles ». L'étude des lois du développement de l'embryon, si diverses chez les Papilionacées, devrait nous conduire à une compréhension bien nette de la phylogénie de ses représentants. Ce sera une œuvre de longue haleine, car l'étude embryogénique de cette famille est extrêmement délicate et nécessite, pour chaque espèce, l'examen de centaines de coupes dont nous reproduisons seulement quelques-unes des plus typiques.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure des noyaux du sac embryonnaire chez trois espèces de Graminées :* Triticum monococcum, *L.*, Hordeum vulgare *L. et* Secale cereale *L.* Note de M. **Bernard Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Les sacs embryonnaires des trois espèces présentent certaines analogies quant à la disposition des cellules reproductrices et à la structure des noyaux ♀. Ceux-ci ont une organisation propre, différente de celle des noyaux somatiques, mais conditionnée par elle, particulière à chaque catégorie et variable selon l'espèce. Ils ont divers caractères communs, tels leur grande taille et leur nucléole unique et vacuolisé.

Poursuivant l'étude des phénomènes intimes de la fécondation, nous avons examiné, en détail, la structure des noyaux du sac embryonnaire, entre autres chez *Triticum monococcum* L., *Hordeum vulgare* L. et *Secale cereale* L., ceci en utilisant plus spécialement la technique de Feulgen.

---

([3]) *Histoire des plantes*, 2, Paris, 1870, p. 203.

Les noyaux somatiques de ces plantes appartiennent tous au type réticulé et diffèrent l'un de l'autre par les particularités suivantes. Chez *T. monococcum*, la substance chromatique forme un réseau simple, régulier et uniformément réparti dans l'espace intranucléaire; chez *H. vulgare* et *S. cereale*, elle présente, de plus, une certaine polarité qui se traduit par l'existence d'une calotte. Chez *S. cereale* on note, en outre, la présence de chromocentres.

Le sac embryonnaire parvient à maturité peu de temps avant la pollinisation. On remarque, alors, dans sa région basale, une grande cellule ovoïde, l'oosphère, flanquée de deux cellules uninucléées en languettes, qui débordent dans la région micropylaire et laissent entre elles un étroit passage : ce sont les synergides. Ces trois cellules sont pourvues d'un chapeau constitué par une masse cytoplasmique conique étroitement appliquée contre elles. Elle contient les deux noyaux polaires et paraît en relation avec une masse importante de cellules antipodiales, masse qui remplit des deux tiers à la moitié du sac. Cette liaison est assurée par un cordon de cytoplasme qui permet aux noyaux de se déplacer après la fécondation. Chez *Hordeum* on compte une soixantaine d'antipodes. Chez les deux autres espèces, leur nombre ne semble pas dépasser la cinquantaine. Chez *H. vulgare* et *T. monococcum*, les antipodes se présentent en position chalaziale, tandis que chez *S. cereale*, elles sont en position latérale.

Les noyaux antipodiaux et les noyaux reproducteurs, tous de très grande taille, offrent, dans leur chromaticité et leur structure, des différences considérables. Les premiers sont très colorables par le réactif de Feulgen et ont une constitution analogue à celle des noyaux somatiques; les seconds le sont peu et possèdent une structure caractéristique, variant néanmoins d'une espèce à l'autre.

Les antipodes, accolées en une masse compacte, contiennent chacune un noyau uninucléolé d'un diamètre de 11 à 15$^{\mu}$. Chez l'Orge, la chromatine est sous la forme d'un réseau dense fait de filaments répartis irrégulièrement. On distingue, en effet, un certain nombre d'écheveaux paraissant correspondre chacun à un chromosome. Le nucléole, fortement vacuolisé et plus ou moins difforme, occupe une position légèrement excentrique. Dans la région opposée, le réseau dessine un enchevêtrement plus condensé. Chez le Seigle, 5 ou 6 gros chromocentres très colorés, et 7 ou 8 autres, beaucoup plus petits, sont dispersés à la périphérie du noyau. Ils sont aussi nombreux dans les autres régions que dans la calotte. Chez le Blé, la substance chromatique régulièrement répartie, principalement contre la membrane nucléaire, laisse une zone moins dense dans la partie centrale occupée par un nucléole vacuolisé comme chez l'Orge et le Seigle.

Chez les trois espèces, l'oosphère, sphérique ou subovoïde, mesure de 30 à 40$^{\mu}$; son cytoplasme, peu dense, est fortement vacuolisé; elle renferme un gros noyau central uninucléolé arrondi chez *T. monococcum* et *S. cereale*, d'un diamètre de 12 à 13$^{\mu}$, fréquemment ovoïde chez *H. vulgare* (11 à 15$^{\mu}$).

La chromatine a l'aspect d'un réseau très lâche dans les régions internes du noyau, plus resserré dans la zone superficielle. Chez *Triticum* et *Secale*, la disposition de ces filaments est quelconque; chez *Hordeum*, ils montrent une organisation spéciale. Un premier lacis enserre le nucléole et émet des filaments rayonnants qui le relient à un second filet appliqué contre la membrane. En coupe, le nucléole paraît ainsi serti d'une chaîne de nodules qui lui confère, par réfraction, une teinte rosée. Celui des autres espèces est absolument dépourvu de toute résille; il apparaît néanmois coloré en rose très pâle. Chez *Secale*, on retrouve, de plus, 2 ou 3 chromocentres moins volumineux que chez les noyaux antipodiaux, fort visibles cependant.

Dans la partie basale de la cellule qui coiffe l'oosphère deux noyaux polaires hémisphériques sont accolés l'un à l'autre. Ils sont sensiblement de même taille que celui de l'oosphère ou légèrement plus grands. Chacun renferme un gros nucléole (6 à $7^{\mu}$) déporté vers la surface de contact. Chez le Seigle et le Blé, les nucléoles sont vacuolisés de façon variable. Chez l'Orge, on observe habituellement une grande vacuole centrale entourée de 6 ou 7 plus petites. Les noyaux sont peu différents d'une espèce à l'autre. Tous présentent un réseau peu chromatique et très lâche. Seuls apparaissent bien colorés les endroits où les filaments sont coupés, donnant l'illusion d'un petit nodule plus réfringent. Le réticulum, réparti d'une manière quelconque, est toujours plus dense dans les régions périphériques où il forme une sorte de filet comme dans l'oosphère. Chez *Hordeum*, les filaments sont plus ramassés dans la partie située entre le nucléole et la surface de contact des deux noyaux polaires. Chez *Secale*, quelques petits chromocentres sont épars à la surface du noyau. Signalons, enfin, que ces noyaux, tant avant qu'après la fécondation, subissent des déplacements différents suivant l'espèce.

Les noyaux des synergides, ovoïdes, sont plus petits (8 à $11^{\mu}$). Leur nucléole, également réduit ($2^{\mu}$,5), est moins vacuolisé que celui des noyaux polaires. Il est coloré en gris pâle. La chromatine, plus granuleuse, est très peu abondante, formant par endroits quelques amas noduleux. Son allure générale se rapproche de celle des noyaux somatiques. Il semble qu'à ce stade ces noyaux soient déjà en voie de dégénérescence.

ANTHROPOLOGIE. — *A propos du gisement des Pics* (Saint-Yvoine, Puy-de-Dôme). Note de M^lle^ **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le gisement des Pics met en évidence que les Sarrasins, fuyant en Narbonaise, après la bataille de Poitiers, en 732, traversèrent l'Auvergne par la vallée de l'Allier.

Le *gisement des Pics*, situé dans la commune de Saint-Yvoine (Puy-de-Dôme), servit de nécropole durant des millénaires, comme les fouilles

de M. Pierre Millon permettent de l'établir. La présente Note n'a trait qu'aux ossements d'une trentaine d'individus dont l'intérêt historique est considérable. Ils nous révèlent :

1° Des *Nègres* (*fig.* 1), caractérisés par une dolichocéphalie modérée ou une mésocéphalie (indice crânien : 71 à 80), la projection de la partie postérieure du crâne vers l'arrière, l'extroversion du bord inférieur de l'orbite, un progna-

Jeune Négresse, de 18 ans environ, ayant, à peu près, $1^{m},65$ de taille. Nécropole des Pics, Saint-Yvoine (Puy-de-Dôme). Crâne (sectionné à l'épée longue, du côté gauche), vu par sa face latérale droite. Collections, du Musée de Sauvagnat Sainte-Marthe. Diamètre céphalique antéro-postérieur maximum : $175^{mm}$.

tisme très net, surtout au niveau de l'arcade alvéolaire supérieure, la profondeur de la voûte palatine, l'aspect massif du maxillaire inférieur et la largeur de sa branche montante, la morphologie du fémur : gracilité de la diaphyse, indice pilastrique élevé, tête petite et arrondie. Certains de ces Nègres étaient de haute stature. Le crâne d'une adolescente montre une entaille latérale faite à l'épée longue, ainsi que M. E. Salin a bien voulu me le confirmer : une telle mutilation n'est pas rare au Moyen-Age, notamment au VIII[e] siècle (Tournai).

2° Des sujets de petite race, représentés surtout par des têtes dont la région faciale n'existe plus. Ils possèdent une dolichocéphalie modérée, des bosses pariétales saillantes, postérieurement situées, un occipital globuleux, en chignon : ces caractères sont ceux des *Arabes*.

L'anatomie nous fait donc affirmer la présence de Nègres et d'Arabes d'âge historique. La mutilation d'un crâne de Négresse prouve que ces squelettes sont antérieurs au XII[e] siècle (E. Salin). Tout permet donc de penser qu'il s'agit là d'Arabes de l'invasion *sarrasine* qui auraient converti et emmené avec eux des éléments de la race noire, lors de leur traversée du Continent africain. Certains Nègres sont, peut-être, des métis, mais dans l'ensemble, ils ont conservé les principaux critères des Nègres.

La seule époque à laquelle les Maures aient pu se trouver dans la vallée de l'Allier, à $30^{km}$ environ, au Sud de Clermont-Ferrand (où est situé Saint-Yvoine), c'est lorsque, vaincus à la bataille de Poitiers, en octobre 732, ils *s'enfuirent en Narbonaise* (F. Lot, 1937). Les têtes coupées des Arabes et la

mutilation du crâne de Négresse montrent que leur armée fut, alors, vigoureusement combattue et sans doute, décimée.

Notre nécropole est importante, au point de vue historique : elle révèle que la majeure partie des Maures en déroute traversa l'Auvergne par la vallée de l'Allier. On ne connaissait, jusqu'ici, que l'itinéraire de quelques troupes qui, ayant parcouru la Marche et une région du Limousin, avaient détruit l'Abbaye de Solignac. Cette découverte met aussi en évidence la véracité des chroniques arabes, les seules à affirmer que *les Sarrasins furent poursuivis par les Chrétiens jusque sous les murs de Narbonne* (Maccary, manuscrit du XVII<sup>e</sup> siècle, cité par Reinaud, 1836).

Sur le gisement de Saint-Yvoine, qui comporte aussi des ossements préhistoriques, un Mémoire détaillé paraîtra ultérieurement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les acides aminés libres et les substances fluorescentes du sang et du tube de Malpighi de la chenille de* Bombyx Mori *L.* Note de M<sup>me</sup> ANDRÉE DRILHON et M. RENÉ GUY BUSNEL, présentée par M. Paul Portier.

Nous avions montré dans nos recherches antérieures l'accumulation de riboflavine, de substances fluorescentes du type ptérinique et d'enzymes dans le tube de Malpighi des insectes, recherches qui nous avaient amenés à réviser la conception classique du rôle physiologique de cet organe ([1]).

L'analyse chromatographique nous permet maintenant de mettre en évidence des éléments qui par leur quantité infime échappaient à l'analyse chimique : ce sont d'abord la discrimination d'acides aminés libres et la présence de plusieurs substances fluorescentes autres que la riboflavine. Ce sont ces résultats que nous discutons dans cette Note.

Ils concernent le sang et les tubes de Malpighi de la chenille du *Bombyx Mori* au quatrième âge. Nous avons pu comparer des races de pigmentation variée, différences atteignant soit la larve, soit l'imago.

Les techniques utilisées sont les techniques classiques de la chromatographie de partage, à une ou deux dimensions, en utilisant divers solvants : phénol ammoniacal, mélange de Partridge, alcools divers qui, employés successivement ou simultanément, permettent une identification sûre des taches obtenues.

L'examen de ces papiers séchés à basse température et examinés en lumière de Wood permet la mise en évidence de plusieurs substances fluorescentes.

Il ressort de ces travaux :

1° que quelles que soient la coloration du cocon, la pigmentation du papillon, la race du ver à soie, la nature des acides aminés libres et des

([1]) A. DRILHON et R. G. BUSNEL, *Bull. Soc. Zool. France*, 70, 1945, p. 40-47.

composés fluorescents du sang et du tube de Malpighi reste rigoureusement la même;

2° que dans le sang (où le taux global des acides aminés libres chez la larve du quatrième âge atteint la valeur moyenne de 3g,50 °/oo), on peut mettre en évidence à ce stade un acide aminé dominant, le glycocolle, puis par ordre quantitativement décroissant : l'acide glutanique, la valine, l'alanine, la tyrosine et des traces de cystine.

A ce stade on ne trouve pas encore les acides aminés basiques qui n'apparaîtront qu'aux premiers remaniements de la métamorphose. Il est curieux qu'à l'approche du filage du cocon on ne puisse pas déceler dans le sang de quantités importantes de sérine.

Par contre on retrouve les mêmes aminoacides en quantité moindre dans le contenu des tubes de Malpighi. La présence de ceux-ci dans les organes d'excrétion laissent envisager deux hypothèses :

Ils peuvent être comparés à des substances de déchet, les fonctions digestives chez les insectes étant fort incomplètes. Ou ne sont-ils pas plutôt le témoin de la richesse du sang en ces composés, la paroi de certaines portions du tube de Malpighi ayant une perméabilité peu sélective?

Des extraits spécialement préparés pour l'étude des substances fluorescentes nous ont permis de mettre en évidence une faible quantité de riboflavine dans le sang et une accumulation considérable de celle-ci dans le tube de Malpighi, ainsi que nous l'avions trouvé en 1938 ([2]). A côté de la riboflavine il existe dans le tube de Malpighi et dans le sang deux autres ptérines, l'acide ptéroylglutamique (acide folique), et la fluorescyanine que l'un de nous a déjà mise en évidence dans l'œuf de *Bombyx mori;* cette substance est donc présente dès les premiers stades du développement ([3]).

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les coefficients de partage dans deux solvants principaux, avec, à titre de référence, les valeurs de la Xanthoptérine synthétique.

| | Solvants. | | |
|---|---|---|---|
| Substances fluorescentes. | Phénol ammoniacal + HCN. | Mélange de Partridge. | Couleur de la fluorescence. |
| Acide folique | Rf. 0,28 | Rf. 0,05 | Bleu violet |
| Fluorescyanine | Rf. 0,48 à 0,50 | Rf. 0,21 | Bleu violet intense |
| Flavine | Rf. 0,78 à 0,83 | Rf. 0,30 à 0,35 | Vert jaune |
| Xanthoptérine synthétique | — | Rf. 0,27<br>Rf. 0,30 à 0,32 | Pourpre<br>Vert jaune |
| Leucoptérine | Rf. 0,35 | Rf. 0,12 | Blanc bleuâtre |

([2]) A. Drilhon et R. G. Busnel, *Arch. Zoo. Exp.*, **82**, 1942, p. 321-356.

([3]) R. G. Busnel, G. Lévy et M. Polonowski, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 334.

L'étude des substances fluorescentes ptériniques (acide folique, xanthoptérine, leucoptérine, fluorescyanine) nécessite pour leurs recherches chromatographiques des précautions spécifiques pour chacune d'elles. Il pourrait sans cela se glisser des confusions.

Les auteurs japonais ([4]), ([5]) n'ont pu déceler la présence de ptérines dans le tube de Malpighi du *Bombyx mori* et décrivent par contre la présence de xanthoptérine dans les hypodermes de vers à soie de race jaune. Nous n'avons jamais pu mettre en évidence les cristaux de xanthoptérine décrits par les auteurs. Il faut se souvenir que l'acide folique et la fluorescyanine sont des ptérines spécifiquement hydrosolubles, alors que la xanthoptérine n'est soluble que dans les solutions alcalines. D'autre part elle se chromatographie dans le liquide de Partridge, avec une intense fluorescence jaune, verte à pH 7, avec un Rf. de 0,32; la riboflavine donne dans les mêmes conditions une même fluorescence et un Rf. compris de 0,30 à 0,35. D'autre part l'acide folique très abondant dans les tubes de Malpighi, se décompose en des temps très courts à la lumière et en ultraviolet (de l'ordre de 1 à 10 minutes) en donnant des dérivés fluorescents; c'est pourquoi il était indispensable de caractériser celui-ci, après le prélèvement des taches fluorescentes, par le test de croissance du *Streptococcus fæcalis* ([3]).

En outre, une concordance absolue, avec les substances témoins doit être obtenue dans plusieurs solvants avant d'apporter une conclusion.

TOXICOLOGIE. — *Sur la toxicologie de la ricine dans le cadre de l'agressologie. Ses capacités clastogènes sur les tissus normaux et le sarcome expérimental du Rat. Effets neuro-endocriniens.* Note (*) de M. **Michel Mosinger**, présentée par M. Robert Courrier.

Le 3 juillet 1950 ([1]), et en septembre 1950 ([2]), nous avons attiré l'attention sur les grandes capacités cytoclastiques que présente la ricine, toxalbumine végétale, sur le système réticulo-endothélial et les tissus lymphoïdes et myéloïdes, et proposé l'utilisation de ce toxique dans les réticulo-endothélioses malignes et les leucoses. Nous avions montré aussi qu'à petites doses, le même principe détermine rapidement, chez le Cobaye, des réactions prolifératives des mêmes éléments cellulaires.

En raison des capacités clastogènes et de ses effets neuro-endocriniens et

---

([4]) Tadao Hama, Yutaka Maki et Hisao Aruga, *Bioch. Gen.*, **24**, 1949, p. 219-222.
([5]) Y. Hirata, K. Nakanisky et Kikkawa, *Science*, **2892**, 1950, p. 508.

(*) Séance du 18 décembre 1950.
([1]) *Conférence à la Faculté de Médecine de l'Université de Coimbra.*
([2]) *Congrès international du Cancer*, Paris.

blasto-stimulatrices, la ricine présente un grand intérêt dans la science des chocs (que nous avons proposé d'appeler agressologie) et en cancérologie.

Nous avons préparé la ricine par le procédé de Cruz avec élimination des graisses par le chloroforme et précipitations successives à l'alcool absolu. La poudre blanche obtenue donne avec l'eau saline une solution lactescente caractéristique.

1° Notre produit (imparfaitement purifié) détermine la mort chez le Cobaye, le Rat et le Lapin, à raison de $2^{mg}$ pour $500^{g}$ environ de poids d'animal. L'administration répétée de petites doses du toxique augmente rapidement la résistance des animaux d'expériences, ainsi qu'une sensibilisation avec production d'intenses réactions hémorragiques au point d'injection. On observe aussi, chez les animaux sensibilisés, la production de follicules réactionnels avec nombreuses cellules géantes.

2° Des doses supérieures à $2^{mg}$ peuvent déterminer des nécroses massives de certains viscères (viscéroclasie ou organoclasie) par deux mécanismes distincts : 1° un mécanisme d'allure vasculo-œdémateuse avec trois phases : *a.* une phase de distension des vaisseaux hilaires et intra-viscéraux; *b.* une phase d'infiltration séro-hématique conférant à l'organe frappé un aspect hémorragique caractéristique; *c.* une phase de clasie massive. 2° un mécanisme de clasie diffuse sans phénomènes vasculo-hématiques. Le premier type s'observe au niveau des ganglions lymphatiques, des plaques de Peyer, de la rate, des testicules et des ovaires, où les follicules de Graaf sont atteints; le second au niveau de la glande hépatique.

3° Du point de vue cyto-pathologique, la ricine détermine des pycnoses intercinétiques avec un enrichissement marqué du noyau en basichromatine et caryorrhexie massive, ou bien un appauvrissement en basichromatine avec nucléolyse consécutive. Elle détermine aussi la disparition rapide des substances basophiles cytoplasmiques. Dans les cellules en voie de mitose, elle produit des phénomènes de pycnose chromosomiale, des retards de migration et des aberrations chromosomiales (poison nucléoprotéidique, kalymnatique, fusorial et cytoplasmique).

4° Il faut signaler la grande capacité cytoclastique que présente la ricine sur le mésenchyme en général (mésenchymoclasie). On observe des réactions clastiques non seulement au niveau du système réticulo-endothélial, du tissu lymphoïde et du tissu myéloïde, mais également au niveau de cellules conjonctives fixes différenciées (fibroblastes, endothélium cardio-vasculaire, cellules adipeuses).

5° C'est pourquoi nous avons injecté de faibles doses de ricine (2 à $3^{mg}$) à des rats porteurs de sarcomes implantés provenant d'un sarcome obtenu avec le 1.2.5.6-dibenzanthracène. Sur une série de six rats porteurs de sarcomes fuso-cellulaires jeunes, en pleine croissance, sans cellules cytolytiques spontanées et capables de donner de nouvelles greffes évolutives, deux animaux ont servi

de témoin et les quatre autres ont été injectés avec le toxique. Dans ces 4 cas, les sarcomes ont subi le type de clasie diffuse comportant des phénomènes vasculo-hématiques préalables et conférant aux tumeurs malignes le même aspect hémorragique que présentent, chez ces animaux, les ganglions lymphatiques. Ce parallélisme réactionnel entre les sarcomes et les ganglions lymphatiques particulièrement sensibles à l'action de la ricine, mérite toute l'attention. La ricine semble la première substance, capable de réaliser une carcinoclastie (sarcomatoclastie) de cette intensité. Il faut noter que le sarcome traité est un sarcome différencié. La nature protidique et l'origine végétale de la ricine sont également à souligner. Ce toxique, qui est également une substance agressive réputée, peut ainsi constituer le chef de file d'une nouvelle série de substances anti-cancéreuses.

6° La ricine détermine aussi des modifications neuro-endocriniennes et génitales, caractérisées par des lésions profondes des centres végétatifs de l'hypothalamus, des formations végétatives périphériques (avec parfois nécrose du plexus d'Auerbach), de l'hypophyse et des surrénales qui peuvent subir la nécrose complète, des testicules et des follicules ovariens; ceux-ci peuvent présenter, avant la dégénérescence complète, chez la lapine, une allure hémorragique simulant une réaction de Friedman. L'injection de très petites doses de ricine dans l'hypothalamus produit le même effet. Le mode d'action de la ricine sur l'organisme apparaît ainsi complexe avec des effets directs (que nous appelons arelatifs) et des effets indirects, d'origine neuro-endocrinienne (que nous appelons corrélatifs).

7° Enfin, nous rappelons que l'administration répétée de petites quantités de ricine détermine, au bout de quelques semaines, des effets prolifératifs réticulo-endothéliaux et lymphoïdes. Cette notion semble en accord avec une loi générale en cancérologie, loi d'après laquelle les substances fortement carcinolytiques sont également fortement blastostimulatrices. Ces réactions prolifératives peuvent être dues tant à des effets arelatifs qu'à des processus corrélatifs.

La séance est levée à 15h45m.

R. C.

**BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.**

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1950.

*Œuvres mathématiques d'Évariste Galois*, publiées en 1897, suivies d'une Notice sur *Évariste Galois et la théorie des équations algébriques*, par G. VERRIEST. Deuxième édition revue et corrigée. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 fasc. 25cm.

*The second Law* 1850-1950, par SVEN SVANTESSON. Stockholm, 1950; 1 fasc. 21cm,5.

*Les stations françaises de biologie marine*, par MAURICE CAULLERY. Extrait de *Notes and Records of the Royal Society of London*. Vol. VIII, n° 1, 1950; 1 fasc. 25cm

*Das Wesen des Organischen*, von ALBERT RIEDER; 1 fasc. 21cm.

*Soil Conditions and Plant Growt*, by Sir E. JOHN RUSSELL. Eight edition recast and rewritten by E. WALTER RUSSELL. London, New York, Toronto, Longmans, Green and C°, 1950; 1 vol. 24cm,5.

*The danish ingolf-expedition*. Vol. IV. Part. 14. Contents : ELISE WESENBERG-LUND : *Polychœta*. Published at the cost of the government by the Direction of the zoological Museum of the University. Copenhaguen, H. Hagerup, 1950; 1 fasc. 32cm,5.

*Les prix Nobel en* 1949. Stockholm, Imprimerie royale P. A. Norstedt and Söner, 1950; 1 vol. 22cm,5.

*Revue de mycologie. Le champignon de couche. Culture. Obtention du blanc. Parasites*, par LÉON LOIREAU. Préface de ROGER HEIM. Paris, Laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, 1950; 1 fasc. 24cm (présenté par M. R. Heim).

*Œuvres complètes de Christiaan Huyghens*, publiées par la SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES. T. XXII. *Supplément à la correspondance Varia. Biographie de Chr. Huyghens. Catalogue de vente*. La Haye, Martinus Nÿhoff, 1950; 1 vol. 29cm.

Université de Toulouse. *Statique graphique et Résistance des matériaux*, par LOUIS ROY. Deuxième édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 25cm.

*Traité du calcul des probabilités et de ses applications*, par ÉMILE BOREL. T. I. *Les principes de la théorie des probabilités*. Fasc. 3. *Recherches théoriques modernes sur le calcul des probabilités*. Premier livre. *Généralités sur les probabilités, éléments aléatoires*, par MAURICE FRÉCHET, avec une note de PAUL LÉVY. Deuxième édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 25cm.

Haut Commissariat de la République française à Madagascar et Dépendances. Publication du service météorologique de Madagascar. N° 19. Octobre 1949. *L'inversion de rayonnement au sol à Tuléar*, par JEAN EMON. Tananarive, Pitot de la Beaujardière, 1949; 1 fasc. 24cm (présenté par M. Ch. Maurain).

Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique. XXV. *Constantes fondamentales de l'astronomie*. Paris, 27 mars-1er avril 1950. Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1950; 1 fasc. 24cm.

*La vie émouvante et noble de Gay-Lussac*, par EDMOND BLANC et LÉON DELHOUME. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 22cm,5.

*Nueva teoria sobre la gravitacion universal y transformaciones que produce en la fisica*, par A. ESCUDERO RUIZ. Prima parte. Estudiós especiales, 1 fasc. 31cm.

*Valoarea teoriei ciclice clasice a motoarelor cu ardere internà*, de GH. NIGOLAU. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare române, 1949; 1 fasc. 24cm.

*American industry and the Colleges of engineering. Presenting the results of a study of opinion among executives in American industry made* by RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE. Troy, N. Y., *Rensselaer Polytechnic Institute*, 1949; 1 fasc 22cm,5.

*The True idea of a Polytechnic Institute*, by BENJAMIN FRANKLIN GREENE. Troy, N. Y., Rensselaer Polytechnic Institute, 1949; 1 fasc. 21cm,5.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 15 JANVIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de l'avis paru au *Journal Officiel de la République française*, annonçant la signature le 8 janvier 1951, du décret qui porte approbation de l'élection faite par l'Académie, de M. **Gaston Dupouy**, pour occuper, parmi les Membres non résidants, la place vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

Sur son invitation, M. **Gaston Dupouy** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Alfred Gillet**, Professeur à l'Université de Liége, et **Georges Kurepa**, Professeur à l'Université de Zagreb, qui assistent à la séance.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères.

Dans la nuit du 7-8 janvier s'est éteint, à Nancy, **Lucien Cuénot**, membre non résidant de notre Compagnie. Le 9 au matin, il gagnait sa dernière demeure, accompagné seulement, selon son vœu, de ceux qui étaient le plus intimement près de lui par le cœur et la pensée. Notre Académie, informée ce même jour, ne put être représentée à ses obsèques; aussi votre Président a-t-il aujourd'hui le douloureux devoir de rendre, de votre part, le premier hommage à la mémoire d'un savant, dont le nom demeurera parmi ceux des Maîtres les plus réputés de la Zoologie et de la Biologie générale.

Et, pour la première fois, je sens vivement combien, en cette place, il est difficile de saluer comme il convient la mémoire d'un Maître de la Pensée scientifique, lorsque celui-ci a consacré sa vie à une discipline autre que celle

en la familiarité de laquelle l'on a soi-même vécu. Mais je suis tranquille pour la mémoire de Lucien Cuénot dont l'œuvre survivra par sa vertu propre et trouvera, parmi nous, des historiographes plus qualifiés.

Lorsque l'on prend contact avec la carrière scientifique de Cuénot, on recueille, dès les premières lignes de son exposé de titres, l'impression qu'il y avait en lui un *Curieux de la Nature*, qui s'intéressait à mille manifestations de la vie, variait à l'infini ses sujets d'études, et, satisfait d'avoir élucidé tel problème, se hâtait vers un autre objectif. Il est vrai que, parmi ces *Curieux* aux rangs desquels il se place lui-même, il cite Alfred Giard. Et l'on est dès cet instant rassuré sur la façon dont il dut obéir à sa curiosité et faire surgir de ses observations de nouvelles doctrines. Ce *Curieux de la Nature* fut un biologiste de premier plan et un philosophe de haute lignée.

Lucien-Claude-Jules-Marie Cuénot est né à Paris le 21 octobre 1866. A 19 ans, il est licencié; à 21, docteur ès sciences naturelles; à 22, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris; à 24, chargé de cours à Nancy; à 32, professeur de Zoologie en la grande Université lorraine. Nancéen durant 60 ans, il a donné un magnifique exemple de fidélité à l'Université qui avait accueilli ses premiers enseignements. Il a grandement contribué à son illustration et celle-ci lui a témoigné sa reconnaissance par l'estime, le respect, la vénération dont elle l'entourait.

L'œuvre de Cuénot est considérable. Il est peu de grands groupes zoologiques sur lesquels il n'ait apporté quelque fait nouveau.

Parmi les Protozoaires, il étudie les *Grégarines*, leur reproduction et évolution.

Chez les *Échinodermes*, il décrit, en des types des diverses Classes, les appareils de défense, l'appareil digestif, le système nerveux, l'appareil lacunaire et les sinus périlacunaires, les organes génitaux. De sa thèse à la remarquable étude publiée dans le Traité de Zoologie que dirige notre Confrère M. P.-P. Grassé, il réserve à cet Embranchement une sympathie particulière.

Il écrit sur un Ordre de Géphyriens, les *Sipunculiens*, une monographie riche en nouveautés : présence dans le liquide cœlomique d'hématies à hémérythrine, existence d'urnes vibratiles agglutinant les particules solides du plasma et en préparant l'évacuation.

Il montre, par une ingénieuse expérience, que les nématocystes des *Eolidiens*, Sous-ordre de Mollusques Opisthobranches, ne sont que des éléments empruntés à leur proie, les Actinies.

Il voit vibrer les cils vibratiles des entonnoirs néphridiens des *Onychophores* ou *Péripates* et établit l'homologie de leurs néphridies avec celles des Annélides, Mollusques et Sipunculiens.

Il reconnaît des espèces nouvelles de *Tardigrades*, leurs habitats et leur dissémination.

Sur les *Insectes* et les *Arachnides*, les *Crustacés* et les *Tuniciers*, les *Poissons* et

les *Mammifères* il rapporte maints faits d'ordre anatomique ou physiologique que je renonce à énoncer. Il se trouve d'ailleurs que le détail importe peu ici ; ce qui compte surtout, ce sont, comme nous allons le voir, les notions générales qu'il a répandues.

Sur *l'évolution et la genèse des espèces,* il a semé des idées assez puissantes et originales pour que son nom s'apparente à ceux de Lamarck et Darwin. La doctrine de l'évolution des êtres, depuis les premiers balbutiements de la vie jusqu'aux espèces actuelles, paraît, certes, incontestable. Mais les voies de cette évolution, les causes qui l'ont provoquée, prêtent encore à maintes discussions. En de nombreuses publications et deux livres essentiels : *La Genèse des Espèces animales* et *L'Adaptation,* Cuénot a été un novateur.

La variation de l'espèce, dit Cuénot, résulte d'une *modification intime* et *d'apparence spontanée* du patrimoine héréditaire, constitué par les cellules germinales, œuf et spermatazoïde, souches d'un individu nouveau. Cette *mutation germinale* se traduit, chez l'animal développé, par des variations fortes ou faibles, visibles ou cachées, mais pouvant avoir une importance physiologique. La mutation apparue se transmet par le mécanisme de l'hérédité mendélienne et n'est pas diminuée par le croisement avec le type normal non muté.

La mutation germinale n'est pas seulement une nouveauté par elle-même; elle est créatrice d'autres nouveautés *par combinaison,* c'est-à-dire par remplacement d'un terme dans tous les patrimoines héréditaires existant dans l'espèce. Comme l'on peut calculer qu'il existe en puissance plus de 12000 types de Souris de formules héréditaires différentes et qu'il suffirait de définir une nouvelle mutation pour que ce nombre soit doublé, on voit que le matériel fourni à l'évolution est immense !

Ce que nous aimerions bien savoir, c'est en quoi peut consister une mutation germinale. Là-dessus Cuénot reste fort discret, mais, à de petits traits, je reconnais qu'il a pensé que la modification intime du patrimoine pourrait bien être d'ordre chimique. Ne doutons pas qu'elle le soit. Le problème de la genèse des espèces est, pour une large part, un problème biochimique et l'on peut dès aujourd'hui suggérer les voies possibles des mutations. Et ceci est tout à fait conforme à la pensée de Pasteur qui, à propos de la dissymétrie, disait que « la constitution des corps... doit avoir une part importante dans la nature des lois les plus intimes de l'organisation des êtres vivants. »

Mais revenons aux idées de Cuénot. *Comment se crée la sélection* entre tous les types possibles? Cuénot montre comment la sélection est avant tout conservatrice du type moyen et, quand il y a substitution d'un mutant au type, c'est surtout par le mécanisme de la *fécondité différentielle.*

La sélection agit autrement lorsqu'il s'agit d'espèces, vivant dans un milieu qui se modifie graduellement, ou envahissant un milieu jusqu'ici inhabité. Ne persistent alors que les espèces capables de s'accommoder aux conditions

nouvelles; *la sélection résulte d'une préadaptation.* Tandis que, dans le Lamarckisme et le Darwinisme, on admet l'inscription dans le patrimoine héréditaire des effets produits chez l'individu par les conditions de vie, Cuénot ne la considère pas comme possible. Le milieu n'a pas, d'après lui, un pouvoir modelant, dont les effets seraient héréditaires. Ce qui importe c'est *une suffisante préadaptation.*

Par l'étude des *coaptations*, c'est-à-dire de ces dispositifs formés par ajustement réciproque de deux parties indépendantes, Cuénot montre qu'aucune théorie n'en peut expliquer la genèse; par l'étude des *organes inutiles ou dysharmoniques*, que l'évolution n'est pas réglée par l'utilité ou l'usage. D'où vient alors que l'évolution ait une direction? qu'il y ait une *orthogenèse*? et comment se développent les adaptations compliquées?

A Cuénot nous devons, en même temps qu'à Bateson, l'énoncé des *règles fondamentales de l'hérédité chez les animaux*, règles que Mendel avait autrefois reconnues chez les végétaux. La Souris fut le matériel d'études utilisé par notre Confrère. Le patrimoine héréditaire, l'œuf fécondé, renferme, dit Cuénot, quelque chose comme des particules figurées, disons des facteurs, que l'on peut symboliser par des lettres. Ces facteurs conditionnent l'apparition chez l'individu de caractères visibles, couleur du pelage ou des yeux, forme ou dimension d'organes, etc. Toute mutation est due à une modification du facteur correspondant.

Le patrimoine héréditaire renferme deux lots complets et symétriques de facteurs, venant l'un du père, l'autre de la mère. Quand les deux lots sont identiques, l'individu représente l'espèce fixe. Quand, dans les deux lots, une paire symétrique de facteurs n'est pas homogène, l'un des facteurs peut prendre le dessus sur l'autre (*c'est la règle de la dominante*). Lorsqu'un parent a un patrimoine hétérogène, ses cellules sexuelles renferment chacune un lot complet de facteurs, un seul, les facteurs se partageant de façon à former toutes combinaisons possibles (*règle de la disjonction des facteurs et de la pureté des gamètes*) et chaque facteur étant indépendant des voisins (*règle de l'indépendance des facteurs*). En poursuivant ses laborieuses expériences, Cuénot montre qu'on peut réaliser toutes les combinaisons possibles, réunir chez un même individu les caractères conditionnés par des facteurs différents existant chez des individus différents. Il arrive d'ailleurs que le changement d'un facteur produise une mutation incompatible avec la vie de l'individu; on parle alors de *facteur léthal.*

*Sélection des espèces* et *facteurs de l'hérédité* sont les deux domaines en lesquels Cuénot a exercé l'action la plus puissante et la plus originale, mais en combien d'autres a-t-il servi la Zoologie générale! J'en cite quelques-uns.

Ses études de *faunistique* dans le bassin d'Arcachon et en Lorraine s'évadent des méthodes ordinaires; il cherche dans la Géologie, la Géographie, l'Hydrologie, les causes de la présence des animaux, sur lesquels il fournit :

précisions spécifiques, détails éthologiques, caractères anatomiques, observations sur les migrations, les commensaux, les parasites. A propos de la faune lorraine, il signale les *reliques* de la période glaciaire et celles de la période chaude qui suivit le refroidissement quaternaire. Dans les mares salées et les mines de fer lorraines, il montre le peuplement régi par une sélection naturelle liée à la préadaptation.

Cuénot fait l'étude du *cancer expérimental de la Souris* et montre la place que, dans son développement, il convient de faire aux facteurs héréditaires.

Sur les phénomènes de *variation, régénération, coaptation;* sur les *processus de défense,* tels que : autotomie caudale chez les Rongeurs, saignée réflexe chez les Insectes, homochromie chez les Mollusques, Insectes, Crustacés et Poissons; sur la *détermination du sexe,* déjà atteinte dans l'œuf, etc., il fait un ensemble impressionnant d'observations.

Ses contributions à la Physiologie générale et comparée sont également nombreuses. Il étudie l'*absorption intestinale* chez les Invertébrés par la méthode des aliments additionnés de couleurs d'aniline ou de saccharate ferrique.

Dans le sang ou le liquide intérieur des Invertébrés il montre les *amibocytes,* dérivés de cellules libres ou agrégées en organes globuligènes, captant, dans leur phase de jeunesse, les particules qui flottent dans le plasma, digérant les protéines, se comportant comme de véritables phagocytes. En dehors de ces phagocytes libres, existent d'ailleurs des *organes phagocytaires* placés sur quelque grand trajet sanguin, de situation et de forme variables.

Chez certains Invertébrés (Mollusques, Siponcles, Synaptes) existent des *organes agglutinants* qui agglomèrent les particules solides flottant dans les liquides internes, les immobilisent, les abandonnent plus tard aux phagocytes.

Cuénot étudie les *voies* et *processus d'excrétion* par la méthode des injections physiologiques et reconnaît quatre types d'organes rénaux. Parmi ceux-ci, les *reins de transformation* (L. C.) ou *athrocytes* (Burian), sont des cellules isolées ou conglomérées en organes, qui prélèvent sur le milieu des substances *dissoutes,* les transforment, les rejettent sous forme moins toxique. Les athro-phagocytes, tels ceux qui revêtent la surface externe de l'intestin du Phascolosome, cumulent les propriétés des athrocytes absorbant des substances dissoutes et des phagocytes capturant des substances solides.

Cet imposant ensemble de travaux, dont je n'ai donné qu'une idée insuffisante et incomplète, ses livres, dont je n'ai cité que deux ([1]) et auxquels

([1]) *La Genèse des Espèces animales* (3 éditions et une quatrième à paraître), Alcan, Paris; *L'adaptation,* Doin, Paris.

plusieurs s'ajoutent ([2]), avaient valu à Lucien Cuénot quatre prix de l'Académie, dont le prix Albert Ier de Monaco en 1930; Correspondant en 1918, il avait été élu Membre non résidant en 1931.

Maintes Académies et Sociétés Savantes françaises et étrangères et plusieurs Universités l'avaient distingué. Membre associé de l'Académie Royale des Sciences de Belgique, Membre de l'Académie Pontificale, Membre de notre Société de Biologie et de l'Académie Stanislas de Nancy, il appartenait à beaucoup d'autres en divers pays (Belgique, Grande-Bretagne, Danemark, Espagne, Portugal, États-Unis, Chine, etc.).

Il avait donné des enseignements suivis ou des conférences à Bruxelles, Louvain, New-York. Il était docteur *honoris causa* de l'Université de Louvain.

Le savant que je devais évoquer devant vous ne doit pas nous voiler l'homme qui portait en lui les plus hautes qualités morales, demeurait simple, modeste, fidèle à ses origines, réservait à chacun toute la bienveillance de son accueil, s'assurait la gratitude affectueuse de ses élèves et de tous ceux qui l'approchaient.

Il ne doit pas nous voiler le lettré qui connaissait intimement toute l'œuvre d'Anatole France, se plaisait à projeter de la lumière dans les poésies maintes fois ténébreuses de Stéphane Mallarmé, enveloppait ses hautes pensées d'une forme littéraire impeccable.

Il ne doit pas non plus nous voiler le philosophe, tourmenté par cette inquiétude humaine, qui tente de comprendre le sens de notre existence et le sens de l'Univers. Le Savant, en Cuénot, ne se limitait pas aux constatations de l'observation et de l'expérience. Il demandait à la Science de l'aider à concevoir, non seulement le comment des choses, mais encore le pourquoi, à entrevoir, au delà du physique, du mesurable et du tangible, des domaines inexplorés et, comme la Science cessait de l'accompagner dans cette envolée, cet expérimentateur précis s'aventurait sur le terrain de la Métaphysique avec tout l'effort de son intelligence et de son sentiment. Il avait acquis « l'assurance — je cite ses paroles devant l'Académie Stanislas ([3]) — que notre inquiétude métaphysique n'est pas une illusion vaine et qu'il y a un autre réel derrière celui que nous touchons et déduisons ». Assuré alors « de la réalité de l'immatériel », « il comprend mieux, dit-il, son inapaisable désir de savoir et d'expliquer, sa nostalgie ardente d'un Éden, dont la Douleur, la Mort et le Temps seraient bannis, et il attend avec sérénité le jour où, son corps éphémère

---

([2]) *L'espèce*, Doin, Paris; *Invention et finalité en Biologie*, Flammarion, Paris. L. Cuénot a rédigé aussi le tome III (Biogéographie) du *Traité de Géographie physique* de E. de Martonne et collaboré (Échinodermes) au *Traité de Zoologie* de P. P. Grassé. Il a écrit avec Jean Rostand une *Introduction à la Génétique*.

([3]) *L'inquiétude métaphysique. Mémoires de l'Académie Stanislas*, 178e An., 6e série, 25, 1928, p. 71, et *Études*, **197**, 1928, p. 124.

étant rentré dans le sein de la Nature, il contemplera face à face la Vérité éternelle ».

Tel est le Savant que notre Compagnie a perdu. Nous nous inclinons devant la grandeur de son œuvre, la noblesse de son caractère, la probité de son esprit, l'élan de son cœur. Il n'est personne qui, quels que soient son domaine de pensée et l'orientation de sa philosophie, lui puisse mesurer son hommage et son respect. Que ses enfants et l'Université nancéenne veuillent bien agréer l'expression de notre profonde sympathie.

M. **André Mayer** dépose sur le Bureau une *Notice* sur la vie et l'œuvre de son prédécesseur, Richard Fosse, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Métrique des ensembles et des fonctions.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

1. Dans le champ indéfiniment recouvert au sens d'une métrique par une famille parfaitement régulière d'ensembles, toute fonction d'ensemble métriquement continue est l'intégrale lebesguienne de sa dérivée, celle-ci existant sur une plénitude. La réciproque est vraie.

2. Sur un intervalle linéaire, construction d'une famille infinie d'ensembles disjoints ayant tous leur longueur extérieure égale à l'intervalle.

1. Dans ma note du 13 novembre 1950 ([1]) j'ai défini le caractère de parfaite régularité d'une famille G d'ensembles $\gamma$. Dans un espace U où une métrique $\varphi(E)$ des ensembles est donnée, on considère une variété $\Delta = \Delta(G)$ formée des points indéfiniment couverts au sens de la métrique-$\varphi$ par les ensembles $\gamma$ (supposés tous mesurables-$\varphi$ et de mesure positive). Si la famille G est parfaitement régulière, et si $\psi(E)$ est une fonction d'ensemble définie dans le champ $\Delta$ (tout au moins sur les ensembles mesurables-$\varphi$ inclus dans $\Delta$), si $\psi(E)$ est bornée, métriquement continue [c'est-à-dire si $\psi(E)$ tend vers o avec la mesure-$\varphi$ de E], $\psi(E)$ possède une dérivée $f(M)$ relative à la famille G en tout point de $\Delta$, exception faite au plus d'un ensemble de mesure-$\varphi$ nulle.

Comme il est démontré que, si un dérivé métrique de $\psi(E)$ est inférieur à A en tout point d'un ensemble mesurable H, il s'ensuit $\psi(H) < A\varphi(H)$, on voit immédiatement que : 1° *toute fonction* $\psi(E)$ *métriquement continue dans le champ* $\Delta$ *est égale à l'intégrale lebesguienne, étendue à* E, *de sa dérivée métrique relative à* G; et réciproquement, *si* $f$ *est sommable sur* $\Delta$, *l'intégrale lebesguienne de* $f$ *sur l'ensemble* E *variable dans* $\Delta$ *est une fonction d'ensemble métriquement continue, admettant* $f$ *pour dérivée métrique relative à* G *sur une plénitude-*$\varphi$ de G.

---

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1013. *Voir* également sur les mêmes sujets mes Notes des pages 560-562, 600-602, 737-739.

On voit que le célèbre théorème de Lebesgue relatif aux fonctions linéaires absolument continues, et qui en principe ne pouvait s'étendre qu'à des espaces où les notions de continuité et de dérivabilité supposaient la définition préalable d'une topologie, se conserve, malgré la disparition de celle-ci, quand il ne subsiste plus qu'une métrique.

Plaçons-nous dans l'espace cartésien $U_3$ à trois dimensions, avec la métrique euclidienne des aires selon Carathéodory. Nous enfermons l'axe des $x$ dans l'aire finie située dans le plan des $xy$ : $|y| < \alpha/(1+x^2)$. Nous pouvons à l'abscisse $x$ faire tourner continûment et parallèlement au plan des $yz$ le segment constituant de cette aire. Nous avons une bande $\omega$ ayant pour axe $Ox$ et dont l'aire peut être supposée finie, proportionnelle à $\alpha$. Les droites parallèles à l'un des axes et dont les deux coordonnées fixes sont rationnelles forment un ensemble d'aire nulle. Dénombrons ces droites. Autour de la $n^{\text{ième}}$, plaçons une bande $\omega_n$ d'aire inférieure à $\varepsilon_n$ de façon que $\Sigma\varepsilon_n < \varepsilon$. La réunion de ces bandes sera un ensemble $\gamma$ constituant de G. Une famille indénombrable d'ensembles $\gamma$ topologiquement équivalents au précédent, ou de toute autre sorte aussi complexe, formera une famille G. Il suffira que celle-ci soit parfaitement régulière, et pour cela, que l'ensemble D(G) simplement couvert par G ait une aire (extérieure) finie, que l'ensemble $\Delta$(G) indéfiniment couvert par G ait une aire (nécessairement déterminée) positive, et que chaque $\gamma$ ait avec les $\gamma'$ qui lui sont joints les relations maintes fois répétées dans les Notes citées, pour que la classe des fonctions d'ensemble métriquement continues dans le champ $\Delta$ et celle des intégrales lebesguiennes de fonctions sommables sur $\Delta$ soient identiques, l'argument de l'intégrale étant la dérivée de la fonction d'ensemble, dérivée prise aux sens des aires et par rapport aux ensembles $\gamma$ composant G.

H étant un ensemble quelconque inclus dans $\Delta$ et $K = \Delta - H$ son complémentaire, désignons par G(H) la famille des $\gamma$ de G joints à H, par G'(H) la famille des $\gamma$ disjoints de K. Posons $\delta(H) = \Delta[G(H)] = H + \sigma(H)$, $\delta'(H) = \Delta[G'(H)] = H - \tau(H)$. Nous avons défini (il suffirait que la famille G fût régulière) les ensembles noyaux et les ensembles enveloppes de $\Delta$ par les conditions respectives $\varphi[\sigma(H)] = 0$, $\varphi[\tau(H)] = 0$. Supposons maintenant G parfaitement régulière.

Quel que soit H mesurable-$\varphi$, on peut lui attacher une famille X(H) d'ensembles $\gamma$ de G de façon que $\theta(H) = \Delta[X(H)]$ ne diffère de H que par un ensemble de mesure-$\varphi$ nulle : $H - H.\theta(H)$ et $\theta(H) - H.\theta(H)$ ont la mesure-$\varphi$ égale à zéro. La famille X(H).X(K) couvre indéfiniment un ensemble de mesure-$\varphi$ nulle, X(H) + X(K) étant identique à G. Les ensembles $\gamma.\Delta$ sont des noyaux, en vertu de la seconde condition des familles G régulières. Tout noyau de mesure-$\varphi$ nulle est aussi une enveloppe. En particulier un point de $\Delta$ est noyau et enveloppe. Une enveloppe qui est une plénitude-$\varphi$ de $\Delta$ est aussi un noyau.

Dans le cas particulier où l'espace U est cartésien, la métrique euclidienne, les ensembles $\gamma$ identiques aux intervalles réguliers (carrés, cubes, etc.), les noyaux sont les ensembles fermés diminués d'un ensemble de mesure nulle, les enveloppes sont les ensembles ouverts accrus d'un ensemble de mesure nulle.

Dans le cas général, noyaux et enveloppes ne donnent pas naissance à une topologie. L'ensemble commun à une infinité dénombrable de noyaux est un noyau, la somme d'une infinité dénombrable d'ensembles enveloppes est une enveloppe. Mais si les collections sont indénombrables, ces conclusions sont fausses, tandis qu'elles restent vraies en topologie générale.

Dans le cas particulier signalé ci-dessus, $H_1 = \delta(H) = H + \sigma(H)$ est l'ensemble de fermeture $\overline{H}$ de H. Or, en général $H_1$ n'est pas un noyau. Car si $\delta^2(H) = \delta(H_1) = H_1 + \sigma(H_1)$, l'ensemble $\sigma^2(H) = \sigma(H_1)$ n'a pas nécessairement la mesure-$\varphi$ nulle. Si H n'est pas un noyau, $H_1$ n'est pas toujours un noyau accru d'un ensemble de mesure-$\varphi$ nulle. Rien ne correspond à l'identité, fondamentale en topologie : $\overline{\overline{H}} = \overline{H}$.

2. Il est souvent utile d'invoquer l'exemple d'une famille infinie d'ensembles linéaires disjoints situés sur le semi-segment $s(0 \leqq x < 1)$ et *dont chacun a la mesure extérieure* 1. Soit $\eta$ l'ensemble des nombres rationnels de $s$ énumérés simplement en $\theta_1, \theta_2, \ldots$ ; $x$ un point quelconque de $s$, $e(x)$ l'ensemble des $x'$ tels que $x' - x$ (pour $x \leqq x' < 1$), $x' - x + 1$ (pour $0 \leqq x' < x$) soit dans $\eta\,[e(x') = e(x)]$, $E_0$ un ensemble contenant un point et un seul de chacun des ensembles distincts $e(x)$, $E_n$ la translation $x + \theta_n (< 1)$ ou $x + \theta_n - 1 (\geqq 0)$ des points $x$ de E. Les $E_n$ sont disjoints; $m_i(E)$, $m_e(E)$, $m(E)$ étant les longueurs intérieure, extérieure, exacte, d'un ensemble E situé sur $s$, $m_i(E_n) = 0$, $m_e(E_n) = \mu > 0$.

Évidemment, $\mu$ n'est pas nécessairement égal à 1; $E_0$ peut être placé en totalité sur un intervalle quelconque inclus dans $s$; $E_0$ n'est pas un ensemble gerbé (de première catégorie). Peut-il exister dans $s - E_0$ un ensemble J partout épais dans $s$? Ou au contraire tout ensemble de cette espèce contient-il nécessairement une infinité indénombrable d'ensembles $e(x)$?

Si $\mu < 1$, soit G un ensemble mesurable contenant $E_0$, avec $m(G) = \mu$. Quel que soit l'ensemble mesurable I inclus dans G, $m_e(I.E_0) = m(I)$. Soit $P = P(0)$ un ensemble parfait totalement discontinu épais en lui-même, inclus dans G, de longueur $l(0 < l < \mu)$, $u_m$ la suite de ses contigus énumérés par longueurs non croissantes et $r(m) = mu_m + \sum_{p>m} u_p$. Si $P(h)$ est l'ensemble P déplacé par translation égale à $h$ (ou à $h - 1$ partiellement, pour rester sur $s$) et si $h < u_m$, $P(0).P(h)$ a une longueur supérieure à $l - r(m)$. Si $\Sigma r(m_p) < l$, les $P(h)$ correspondants auront en commun un ensemble fermé de longueur positive. Pour une suite $n_p$ telle que $\theta_{n_p} < u_{m_p}$, soit $F_p = E_{n_p}$, $P_p = P(\theta_{m_p})$ et Q le noyau épais en lui-même de $\Pi P_p$, Q étant toutefois débarrassé des extrémités droites de ses contigus; $m_e(F_p.Q) = m(Q)$ quel que soit $p$. Si $M(x)$ est la longueur de Q sur l'intervalle $(0, x)$, la transformation $y = m(x)/m(Q)$ change Q en $s$. Les $F_p$ deviennent des ensembles $H_p$ disjoints, situés sur $s$ et vérifiant les conditions $m_e(H_p) = 1$, pour toute valeur de $p$.

## PLIS CACHETÉS.

M. Xavier Séjourné demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 juillet 1950 et enregistré sous le n° 12710.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient deux Mémoires intitulés : I. *Applications de la théorie magnétique à l'étude de divers phénomènes cosmiques*. II. *Brèves indications sur les structures lunaire, mercurienne et martienne*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

## CORRESPONDANCE.

M. Charles Courtot, Correspondant de l'Académie, adresse des condoléances à l'occasion du décès de M. *Lucien Cuénot*.

M. René Audubert adresse des remercîments pour la distinction qui lui a été accordée.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Congrès international d'étude sur le rôle du poisson dans l'alimentation, tenu à Paris les* 26-27-28 *octobre* 1950.

2° *Carta nacional de declinaciones magnéticas*. Hoja especial del Territorio Peninsular. Escala 1 : 1.500.000, par José Cubillo Fluiters. *Texto* et *Laminas*.

3° Käthe K¨mmel. *Die Stellung Südfrankreichs und der Krim im west-und ostmediterranen Vegetationsstufenprofil*.

4° Académie des Sciences de Lisbonne. Une collection de ses Publications de 1940 à 1950.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Deux contributions de Monge à la création de la Géométrie moderne*. Note de M. René Taton, présentée par M. Joseph Pérès.

L'introduction des coordonnées axiales de la droite et celles des notions d'aires et de volumes orientés, attribuées respectivement à Plücker (1846 et 1865) et Cayley (1860 et 1869) et à Möbius (1827) sont dues en fait à Gaspard Monge, qui créa la première notion entre 1771 et 1795 et introduisit l'orientation des aires et des volumes en 1809.

Les historiens des mathématiques reconnaissent que le développement rapide pris par la Géométrie moderne au cours de la première moitié du

XIX[e] siècle est dû en grande partie à l'influence des Ouvrages et de l'enseignement de Monge. Ils se réfèrent pour cela à divers passages de la *Géométrie descriptive* et de l'*Application de l'Analyse à la Géométrie*, où les méthodes et l'orientation nouvelles caractérisant la Géométrie moderne se trouvent plus ou moins explicitement développées ou expliquées, et à de nombreux travaux d'élèves qui semblent tirer leur origine de l'enseignement oral du grand géomètre.

Une étude attentive des divers Mémoires et des éditions successives des Ouvrages de Monge, ainsi que de ses manuscrits et de notes prises par ses élèves nous a permis d'y déceler un certain nombre d'apports originaux jusqu'ici méconnus. Le bilan de l'ensemble de ces recherches sera prochainement publié (1), mais nous voudrions signaler ici deux importantes créations de Monge, ignorées, semble-t-il, de l'ensemble des historiens des mathématiques : l'introduction des coordonnées axiales de la droite et celle des notions d'aire et de volumes orientés.

D'après la version couramment admise, la notation, aujourd'hui classique, des six coordonnées homogènes de la droite, liées entre elles par la relation bilinéaire $l\lambda + m\mu + n\nu = 0$, apparaît dans une Note rédigée en décembre 1865 par J. Plücker (2); mais il est à noter que les premières recherches de Plücker à ce sujet remontent à 1846 (3) et qu'une antériorité partielle doit être accordée à A. Cayley qui, en 1859, avait eu l'idée de cette nouvelle notation, mais n'en avait pas saisi toute l'importance (4).

Mais en réalité, c'est dans divers écrits de Monge que se trouve le fondement très clair de la notation des coordonnées axiales de la droite. Il apparaît tout d'abord dans un fragment de géométrie analytique intercalé dans le célèbre Mémoire sur les développées des courbes de l'espace (5). Monge y définit ces six coordonnées et démontre la relation qui les lie mais, revenant aussitôt à son exposé de géométrie infinitésimale, n'insiste pas sur cette notation nouvelle.

On trouve un emploi plus étendu et plus systématique de ces coordonnées dans un bref exposé de géométrie analytique qui forme le début de la première

---

(1) R. TATON, *L'œuvre scientifique de Monge*, à paraître en 1951, (P. U. F., Paris).

(2) J. PLÜCKER, *On a New Geometry of Space* (*Phil. Trans. of the R. S. of London*, v. 155, 1865, p. 725-791 : *Additionnal Note*, reçue le 11 décembre 1865).

(3) J. PLÜCKER, *System der Geometrie des Raumes*, Dusseldorf, 1846. Voir aussi la partie principale du Mémoire cité précédemment.

(4) A. CAYLEY, *Quart. Journ. of pure and appl. math.*, 3, 1860, p. 225 et suiv. Cayley donna en 1869 une remarquable étude d'ensemble des nouvelles coordonnées dans les *Trans. of the Cambridge Phil. Soc.*, v. 11, 2[e] part.

(5) G. MONGE, *Mém. div. Savants.*, t. X, 1785, p. 511-550 : mémoire présenté le 31 août 1771 (*voir* p. 524-528).

édition de l'*Application de l'Analyse à la Géométrie* (1795) [6]. Les équations des trois projections d'une droite, intersection de deux plans, sont mises sous la forme

$$\left.\begin{array}{l} ly - mx + \nu = 0 \\ mz - ny + \lambda = 0 \\ nx - lz + \mu = 0 \end{array}\right\} \text{ avec la condition } l\lambda + m\mu + n\nu = 0.$$

Et Monge précise : « C'est sous cette forme générale qu'il est plus avantageux de mettre les équations d'une ligne droite donnée dans l'espace. Des six constantes $l$, $m$, $n$, $\lambda$, $\mu$, $\nu$, qui y entrent, il n'y en a que quatre qui soient nécessaires. Une d'entre elles est toujours déterminée par l'équation de condition $l\lambda + m\mu + n\nu = 0$, une autre est arbitraire, et l'on peut en disposer, de manière qu'en égalant à zéro certaines quantités compliquées, les opérations de l'analyse deviennent plus faciles ».

La plupart des problèmes qui suivent sont traités à l'aide de ces coordonnées axiales; signalons en particulier la très élégante recherche de la perpendiculaire commune à deux droites de l'espace. On peut s'étonner qu'une notion si clairement précisée, ait dû être redécouverte 70 ans plus tard, avant d'être réellement diffusée. Ceci s'explique par le fait qu'à partir de la troisième édition de l'*Application de l'Analyse à la Géométrie*, cette méthode se trouve supplantée par un procédé, moins original, mais probablement mieux adapté à une initiation à la géométrie analytique.

Pour préciser la priorité de Monge sur Möbius [7] dans l'introduction des notions d'aire orientée suivant le sens du parcours sur son contour, et de volume orienté, il nous suffira de renvoyer à un Mémoire publié en 1809 dans le *Journal de l'École Polytechnique*, où, en dehors de divers autres apports originaux, ces deux notions se trouvent trop clairement précisées pour être restées ignorées des disciples directs de Monge. Certes, Möbius en systématisa habilement l'emploi, mais on peut penser qu'il n'ignorait pas l'article du grand géomètre français, publié dans l'une des revues scientifiques les plus célèbres de l'époque.

---

(6) Cet exposé se trouve sous sa forme originale dans les deux premières éditions, aujourd'hui assez rares, de ce traité : *Feuilles d'Analyse appliquée à la Géométrie*, 1re éd. in-fol., 1795; 2e éd., in-4°, thermidor au IX (1801). Il existe encore dans la troisième édition de l'ouvrage, publiée sous le titre définitif en 1807, mais les coordonnées axiales de la droite n'y sont plus employées.

(7) Tous les Ouvrages que nous avons consulté attribuent à Möbius l'introduction d'aire orientée (*Der Barycentrische Calcul*, Leipzig, 1827, § 17). *Cf.* TIMERDING, L. LÉVY, *Encycl. des sc. math.*, II, 4, Paris, 1912, p. 20 (note 23).

(8) G. MONGE, *Journ. Ec. Polyt.*, 15e cahier, 1809, p. 68-117, 1 pl.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Ensembles, espèces et logique.*
Note de M. **François Moch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Définition de l'instant logique, des trois valeurs d'une proposition, acceptée, rejetée, en attente. Elle introduit une espèce. L'espèce des espèces est le quotient de l'espèce des propositions par la relation d'équivalence. L'espèce des ensembles est le quotient, par la relation d'équivalence, de l'espèce des propositions soumises à la Logique classique.

*Logique de la Composition.* — Un ensemble E ne peut être formé que d'éléments au moins théoriquement définissables indépendamment de E; moyennant quoi l'on n'a jamais à répondre à la fois oui, et non, à la question : *e* appartient-il à E? Mais le domaine d'indétermination de la Théorie des ensembles n'est pas un ensemble; il doit néanmoins pouvoir faire l'objet d'une étude mathématique. On acceptera donc qu'une *espèces* contienne des *êtres* dont certains ne peuvent être définis sans recourir à l'espèce elle-même; mais l'introduction, toujours possible, d'êtres nouveaux dans l'espèce ne devra jamais entraîner le rejet d'une proposition antérieurement acceptée.

Ceci conduit, dans certains cas, à ne pouvoir répondre (au moins provisoirement) ni oui, ni non, à la question : l'être *e* appartient-il à l'espèce S? Aux deux valeurs *fixes* de la Logique classique (propositions acceptées, A, rejetées, R), il faut alors ajouter une valeur *d'attente* (propositions réservées, T), qui s'introduit d'ailleurs implicitement avec les arguments des ensembles.

Un *instant logique* est défini par la valeur qu'y prend chaque proposition de la théorie; à l'instant où P a une valeur fixe, est déterminée (et fixe) la valeur de toute proposition qu'il faut accepter ou rejeter pour donner cette valeur à P. Si toute proposition qui a une valeur fixe en $t$ a la même valeur en $t'$, $t$ sera *antérieur* à $t'$; $t$ et $t$, sont *sans lien* si aucun d'eux n'est antérieur à l'autre. S'il y a une des deux valeurs fixes que P ne prend à aucun instant aux instants où elle est réservée, elle l'est *par ignorance*. Dire qu'une proposition a une valeur donnée n'a de sens que si l'on précise : à tel instant, ou si l'on sous-entend : à tout instant où elle n'est pas réservée par ignorance.

P *entraîne* P′ si P′ n'est rejetée a aucun instant où P est acceptée, et si, postérieurement à tout instant où P est acceptée et P′ réservée, il y a un instant où elles sont toutes deux acceptées. Elles sont *équivalentes* R si chacune entraîne l'autre. De ces définitions découlent les matrices des principales opérations logiques; la somme et le produit jouissent des mêmes propriétés qu'en Logique classique.

*Théorie des Espèces.* — Toute proposition $P(x)$ *introduit* l'espèce S des êtres qu'elle accepte, dès que l'on pose, par définition, l'équivalence R des deux propositions : $P(x)$ est acceptée à l'instant $t$, et $x$ appartient à S à l'instant $t$.

Par l'application de la Logique de la Composition, l'espèce des espèces échappe aux antinomies qui frappent l'*ensemble des ensembles*.

La *réunion* et l'*intersection* de deux espèces sont introduites par la somme et le produit logiques des propositions qui les introduisent. Si P′ entraîne P, S *comprend* S′; la double relation de compréhension est la relation d'identité. S'il existe une relation d'équivalence R(*e*, *e*′) entre les êtres d'une espèce S, le *quotient* de S par R est l'espèce introduite par P( ) : « Sont équivalentes les propositions R(*e*, *e*′) et, *e* et *e*′ appartiennent à ». *L'espèce des espèces est le quotient de l'espèce des propositions par la relation d'équivalence* R; il en est de même de l'espèce des espèces étudiées par une théorie, et de l'espèce des propositions énoncées par cette théorie.

Une espèce se réduit à un ensemble si l'on peut poser un instant logique où sont définis tous les êtres (éléments) qui lui appartiennent ou lui appartiendront à un instant quelconque. Si non, l'espèce est dite *vraie* (espèce des espèces, des ensembles, des nombres tranfinis...). Une proposition relève de la Logique classique s'il existe un instant de la théorie où elle a une valeur fixe pour toute détermination des arguments qui y figurent. *L'espèce des ensembles est le quotient, par la relation d'équivalence* R, *de l'espèce des propositions soumises à la Logique classique*.

Deux instant logiques sont équivalents R′ si aucune proposition n'est rejetée à l'un et acceptée à l'autre, et si, P n'ayant pas la même valeur aux deux instants, il existe P′ équivalente à P qui y prend la même valeur *fixe*. Le quotient de l'espèce des instants par cette relation est l'espèce des *ères*; toute *ère* est tout entière antérieure, ou postérieure, à la définition d'une espèce quelconque. *Si l'on se borne à considérer, pour chaque espèce, les ères postérieures à sa définition,* on peut faire usage de la Logique classique. Les antinomies connues ont pour origine l'introduction d'espèces dont la définition est implicitement réservée à tout instant de la théorie et auxquelles on applique néanmoins la Logique classique. La Logique de la composition montre que leur introduction ne présente pas d'intérêt, et qu'on peut les négliger en toute sécurité. Mais il ne faut jamais impliquer l'existence d'un instant où tous les êtres d'une espèce vraie seraient définis; la notion de puissance ne s'étend pas à ces espèces, et le théorème de Zermelo est en défaut pour elles.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes linéaires de complexes linéaires.*
Note de (*) M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note est la suite d'une Note récente ([1]) dont nous conservons les notations.

(*) Séance du 8 janvier 1951.

([1]) A. Charrueau, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 144.

5° (*suite*). *Pour $q$ et $q'$ distincts*, on peut obtenir le point $p'_1$ en prenant le conjugué harmonique $\xi$ (lequel appartient à l'hyperplan P) de $p$ par rapport à $q$ et $q'$ et le conjugué harmonique de $p_1$ par rapport à $\xi$ et $p$; et l'on peut obtenir $q_1$ en prenant le conjugué harmonique $\eta$ de $p_1$ par rapport à $q$ et $q'$ et le conjugué harmonique de $p$ par rapport à $\eta$ et $p_1$.

*Quand* $q$ et $q'$ *sont confondus*, $\xi$ et $\eta$ sont également confondus avec eux et l'on retrouve les relations (4).

*L'hyperplan* $\varpi$ *tangent au point* $p$ *à l'hyperquadrique* $Q_1$ *et l'hyperplan* $P'_1$ *passent par l'intersection des hyperplans* P *et* $P_1$. *Les hyperplans* $P_1$ *et* $P'_1$ *sont conjugués harmoniques par rapport aux hyperplans* P *et* $\varpi$. Les intersections de l'hyperquadrique Q par les hyperplans $P_1$ et $P'_1$ appartiennent à une même hypersurface *conique* du second degré ayant pour sommet le point $p$.

Désignons par $A_0$, $B_0$, $C_0$, $D_0$, $E_0$, $F_0$ les coefficients de l'équation $\varphi_0 = 0$; ...; $A_4$, $B_4$, ..., $F_4$ ceux de $\varphi_4 = 0$. Posons

$$A = A_0 u_0 + \ldots + A_4 u_4, \quad \ldots, \quad F = F_0 u_0 + \ldots + F_4 u_4;$$
$$A_v = A_0 v_0 + \ldots + A_4 v_4, \quad \ldots, \quad F_v = F_0 v_0 + \ldots + F_4 v_4;$$
$$\Psi = AD + BE + CF, \qquad \Psi_v = A_v D_v + B_v E_v + C_v F_v;$$
$$\psi = D_v A + A_v D + E_v B + B_v E + F_v C + C_v F.$$

$\Psi = 0$ est l'équation de l'hyperquadrique Q; $\psi = 0$ est celle de l'hyperplan P; les $v$ sont les coordonnées du point fixe $p$ et $u$ sont des variables.

Les *coordonnées* d'un point quelconque de *l'hyperplan* $P'_1$ sont

$$u_0 \Psi_v - v_0 \psi, \quad \ldots, \quad u_4 \Psi_v - v_4 \psi;$$

et les *coordonnées* d'un point quelconque de *l'hyperquadrique* $Q_1$ sont, en général,

$$v_0 \Psi - u_0 \psi, \quad \ldots, \quad v_4 \Psi - u_4 \psi.$$

Dans ces dix expressions, les $v$ sont toujours les coordonnées du point $p$ et les $u$ sont des variables liées par (2).

L'hyperplan $P'_1$ a pour équation

$$(5) \qquad \Psi_v P_1 - P_{1v} \psi = 0$$

$P_1$ désignant le membre de gauche de (2) et $P_{1v}$ la valeur de $P_1$ pour le point $p$. Dans (5) les $u$ ne sont plus liées par (2) et représentent les coordonnées d'un point quelconque de $P'_1$.

L'hyperquadrique $Q_1$ a pour équation

$$(6) \qquad P_{1v}^2 \Psi - \Psi_v P_1^2 = 0,$$

où les $u$ ne sont pas liées par (2) et représentent les coordonnées d'un point quelconque de $Q_1$.

6° Soient $P_2$ un autre hyperplan de l'espace $E_4$ et $Q_2$ l'hyperquadrique qui lui correspond comme $Q_1$ correspond à $P_1$, le point $p$ étant le même que

précédemment et $P_2$ ne comprenant pas $p$. L'intersection de $Q_1$ et de $Q_2$ contient le point $p$. Elle se divise en deux parties $I_1$ et $I_2$ situées respectivement dans deux hyperplans *conjugués harmoniques* par rapport aux hyperplans $P_1$ et $P_2$.

Considérons dans $E_4$ la droite joignant un point *quelconque* de $I_1$ à un point *quelconque* de $I_2$. Elle représente un *faisceau* de $\Sigma$. Dans le cas général, elle rencontre les hyperplans $P_1$ et $P_2$ en deux points, $p_1$ et $p_2$, qui sont *conjugués harmoniques* par rapport aux deux points où elle rencontre l'hyperquadrique Q. *Les deux complexes de $\Sigma$ correspondant aux points $p_1$ et $p_2$ sont en involution.*

L'hyperquadrique $Q'_1$, correspondant au point $p$ et à l'hyperplan $P'_1$ et qui est le lieu des points figuratifs des complexes $q'_1$, est *tangente* à l'hyperquadrique $Q_1$ au point $p$.

7° Dans le cas de $n = 3$, où la variété Q est une quadrique, considérons deux *droites conjuguées par rapport à la quadrique* Q. Elles représentent deux *faisceaux* de $\Sigma$ tels que *chaque* complexe de l'un est en *involution* avec *tous* les complexes de l'autre. Chacun des axes des deux complexes spéciaux d'un des faisceaux *rencontre* les axes des deux complexes spéciaux de l'autre faisceau.

8° Considérons maintenant *l'ensemble* des complexes linéaires de l'espace à trois dimensions. A chaque complexe faisons correspondre un point de l'espace projectif $E_5$, à cinq dimensions, dont les six coordonnées sont proportionnelles aux six coefficients de l'équation du complexe en coordonnées plückériennes. L'hyperquadrique de Klein est le lieu des points figuratifs des complexes spéciaux. On obtient notamment des résultats analogues à ceux des paragraphes 5° et 6°. De plus, on peut interpréter *de nouveau* les résultats des paragraphes précédents.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *A propos d'un critère de stabilité.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les utilisateurs de machines mathématiques électroniques ont souvent recours au critère empirique suivant [1] : une matrice $M = (a_{ij})$ carrée, d'ordre $n$, à éléments réels, est en général définie positive si son déterminant $\| M \|$ est positif et si

$$\min(a_{ii}) > \max |a_{ij}| \qquad (i \neq j;\ i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Devant l'excellence des résultats auxquels il conduit, certains se sont demandé si cette proposition était exacte dans toutes les circonstances; nous nous proposons de montrer qu'il n'en est rien et, en même temps, de justifier l'emploi du critère.

---

(1) Korn, *P. I. R. E.*, 9, 1949, p. 1000; F. H. Raymond, *Annales des Télécommunications*, 5, 1950, p. 1.

Considérons la matrice carrée, d'ordre $n$, à éléments réels

$$M=\begin{pmatrix} a_{11}\,a_{12}\ldots a_{1p} & & \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & [0] & \\ a_{p1}\,a_{p2}\ldots a_{pp} & & \\ & a_{p+1,p+1}\ldots a_{p+1,n} & \\ [0] & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ & a_{n,p+1}\ldots\ldots a_{nn} & \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} M_1 & [0] \\ [0] & M_2 \end{pmatrix}, \qquad (p<n),$$

et supposons que les conditions de l'énoncé soient satisfaites

$$\| M \| > 0, \qquad \min(a_{ii}) > \max |a_{ij}| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

On a

$$\| M \| = \| M_1 \| \cdot \| M_2 \| > 0,$$

et cette inégalité peut être réalisée avec $\| M_1 \| < 0$, $\| M_2 \| < 0$.

Dans ces conditions les matrices $M_1$ et $M_2$ ne sont pas définies positives, leurs chaînes de déterminants mineurs principaux ne comportant pas de termes tous positifs. Comme les valeurs caractéristiques de M sont celles de $M_1$ et $M_2$, il apparaît que M, bien que satisfaisant aux conditions du critère, n'est pas définie positive.

Ainsi, le critère peut être mis en défaut pour des matrices carrées qui, par des mêmes permutations des lignes et des colonnes, se ramènent à la forme précédente.

Les considérations qui précèdent supposent que l'on puisse trouver des déterminants négatifs avec la condition

$$\min(a_{ii}) > \max |a_{ij}| \qquad (i \neq j;\ i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Ceci est possible, comme on le voit facilement.

Remarquons cependant que le théorème est vrai pour $n \leq 3$; la démonstration est immédiate; d'autre part, les matrices $M_1$ et $M_2$ que nous avons considérées sont définies positives.

Donnons maintenant les raisons pour lesquelles le critère conduit dans bien des cas à un fonctionnement stable.

Considérons une matrice réelle d'ordre $n$, définie positive, du type H :

$$\begin{aligned} a_{ii} &> \sum_{j \neq i} |a_{ij}| \\ a_{ii} &> \sum_{i \neq j} |a_{ji}| \end{aligned} \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Une matrice satisfaisant aux conditions du critère peut être du type H, elle est alors nécessairement définie positive; autrement, elle n'est pas de ce type, ses éléments diagonaux principaux ayant des valeurs inférieures à celles que devraient avoir les éléments diagonaux des matrices H définies positives

correspondantes; mais il est facile de voir qu'étant donnée une matrice H définie positive du type précédent, les matrices obtenues en diminuant les éléments diagonaux de cette dernière de mêmes quantités positives inférieures à la plus petite valeur caractéristique de sa partie symétrique, sont définies positives.

De nombreuses matrices définies par le critère rentrant dans ce type de matrices H variées, la règle empirique trouve ainsi une justification.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les problèmes de diagnostic séquentiel.* Note (*) de MM. **Jean Ville** et **Marcel Paul Schützenberger**, présentée par M. Émile Borel.

Faute d'un meilleur terme, nous appellerons *problèmes de diagnostic séquentiel*, les problèmes du type suivant qui ne semblent pas avoir encore été envisagés systématiquement :

Soit une situation expérimentale. A chaque instant les hypothèses incompatibles encore admissibles, $H_1, H_2, \ldots, H_n$, constituent un ensemble $\mathfrak{H}$ contenant l'unique hypothèse $H^*$ qui est vraie. Pour déterminer celle-ci, on décompose $\mathfrak{H}$ en $\nu$ sous ensemble disjoints $\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2, \ldots, \mathfrak{H}_\nu$ et l'on effectue une observation grâce à laquelle est connu celui d'entre eux $\mathfrak{H}^*$ qui contient $H^*$. Nous admettrons qu'il existe toujours au moins une succession d'observations menant à la détermination rigoureuse de $H^*$. Supposant maintenant que le coût de chaque expérience est fixé, ou cherche à définir la succession de celles-ci [la *stratégie* au sens de von Neumann ([1])] qui conduit au résultat avec un coût total moyen minimum pour des valeurs données des probabilités *a priori* $\Pr(H_i)$ de chacune des hypothèses initiales.

Comme exemples d'un tel problème citons :

Un circuit électrique est en dérangement, comment procéder le plus économiquement à la série des vérifications partielles qui permettra d'en retrouver la cause ?

On cherche le seuil de sensibilité d'un sujet à une drogue. Quelle sera la combinaison la plus rapide de tests élémentaires indiquant chacun seulement si telle dose employée est supra ou infra-liminaire ?

Quelle structure donner à un système de clefs dichotomiques pour une flore, un ensemble nosologique, etc., tel que l'identification soit assurée après la recherche d'un nombre minimum de signes ?

Sans prétendre ici à plus qu'à attirer l'attention sur cette question, nous énoncerons divers théorèmes relatifs au cas où le coût de toutes les observations

---

(*) Séance du 27 novembre 1950.

([1]) von Neumann et O. Morgenstern, *Theory of games and economic behaviour*, 1946, p. 79.

est le même et où c'est donc leur nombre moyen qu'on cherche à minimiser. Ces théorèmes sont la généralisation très immédiate et l'application à ce domaine de résultats dus à C. E. Shannon ([2]) dans le problème du codage optimal d'un message aléatoire et reposent sur la théorie de l'information de N. Wiener ([3]).

Supposons que toutes les observations soient possibles; soit $\bar{l}$ le nombre moyen d'observations et I l'information *a priori* définie par

$$\mathrm{I} = \Sigma \mathrm{Pr}(\mathrm{H}_i)\,\mathrm{Log}_2[\mathrm{Pr}(\mathrm{H}_i)].$$

Théorème 1. — *Il existe au moins une stratégie telle que*

$$\bar{l} \leqq 1 - \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{Log}_2 \nu}.$$

Théorème 2. — *Pour toute stratégie*

$$\bar{l} \geqq - \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{Log}_2 \nu}$$

*et l'égalité est atteinte quand et seulement quand les* $\mathrm{Pr}(\mathrm{H}_i)$ *sont telles que chaque observation divise l'ensemble des hypothèses encore admissibles en* $\nu$ *sous-ensembles ayant même somme de probabilité.*

Dans le cas particulièrement important de $\nu = 2$ et de $\mathrm{Pr}(\mathrm{H}_i) = (1/n)$ pour toutes les $n\mathrm{H}_i$ on a :

Théorème 3. — *Il existe au moins une stratégie telle que*

$$\bar{l} = [\mathrm{Log}_2 n] + 2\left(1 - \frac{2^{[\mathrm{Log}_2 n]}}{n}\right).$$

($[\mathrm{Log}_2 n]$ représente le plus grand entier contenu dans le logarithme de base 2 de $n$).

CINÉMATIQUE. — *Vis globique à surface pseudo développable et engrènement par roulement.* Note de M. **Francis Myard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soient, dans l'espace, deux axes X et Y orthogonaux et non concourants, X étant l'axe géométrique d'une vis globique, et Y celui de la roue conjuguée. Il est connu que dans le cas d'une vis globique classique, la surface de celle-ci est engendrée par une génératrice rectiligne $mm'$ (dont les points successifs de $m$ vers $m'$ sont de plus en plus éloignés de Y, et qui est située dans le plan normal à Y et contenant X), cette droite $mm'$ étant liée à l'axe Y, et animée de

([2]) *A mathematical theory of communication. The Bell system technical journal*, 27, 1948, p. 379-423.

([3]) *Cybernetics*, 1948, p. 47.

deux rotations simultanées : l'une, de vitesse angulaire $+\omega$ autour de Y ; et l'autre, de vitesse angulaire $-\Omega$ autour de X ; et dont le rapport $\Omega/\omega$ est égal à $N/n$ si N et $n$ sont les nombres de dents respectifs de la roue et de la vis globique. Et l'on sait que, dans ces conditions, c'est toujours la même génératrice $mm'$ de la roue qui glisse contre la surface réglée de la vis globique.

Tout se passe donc, théoriquement, comme si la denture de la roue était d'épaisseur nulle. Et, par conséquent, l'épaisseur vraie (c'est-à-dire, évidemment, non nulle) de la denture nécessite donc que, pour chaque dent de la roue, la surface soit, de part et d'autre du plan médian qui contient X et la génératrice $mm'$, convenablement dégagée [1] par rapport à cette génératrice $mm'$ correspondante. D'où déjà, une difficulté à vaincre.

Ces considérations se trouvant rappelées, imaginons, maintenant, une nouvelle génération de surface globique qui serait obtenue de la façon que voici : Prenons, cette fois, et encore liée à l'axe Y, une génératrice rectiligne $mm'$ non plus dans le plan médian (passant par X et normal à Y), mais oblique sur ce plan, c'est-à-dire gauche avec les deux axes X et Y.

Si, comme précédemment, cette génératrice $mm'$ est animée d'une double rotation, simultanément autour de Y (vitesse angulaire $+\omega$) et autour de X (vitesse angulaire $-\Omega$), elle crée, ainsi, une certaine surface globique réglée ; et le point $m$ et le point $m'$ balaient, respectivement, deux hélices globiques résultantes H et H'.

Considérons une position *moyenne* de $mm'$, et supposons que le choix originel (en longueur, place, et inclinaison) du segment rectiligne $mm'$ ait été conçu de telle sorte que, pour cette position, la tangente en $m$ à l'hélice H, et la tangente en $m'$ à l'hélice H' soient concourantes, ce choix étant toujours possible et réalisable par une construction récurrentielle [2].

Évidemment, le plan tangent en $m$ à la surface globique réglée est formé, en particulier, par la droite $mm'$ et la tangente en $m$ à H. De même, le plan tangent en $m'$ à la surface globique réglée contient la droite $mm'$ et la tangente en $m'$ à H'. Mais, d'après notre hypothèse de construction, ces deux plans sont confondus. Dans ces conditions, on peut donc dire que, par interpolation, et aux infiniment petits du second ordre près, tout le long de la génératrice $mm'$ (donc, en n'importe quel point de cette dernière), la surface globique réglée possède, sous forme géométrique *approchée*, un seul et même plan tangent.

Or, la chose étant vraie pour la position moyenne de la génératrice $mm'$, on peut dire, également, que, par extrapolation (c'est-à-dire pour toutes les positions intermédiaires de $mm'$ entre ses deux positions extrêmes lesquelles

---

(1) Ce dégagement ne pouvant être, du point de vue purement mathématique qu'approximatif.

(2) L'auteur en donnera la réalisation, ultérieurement, dans une publication scientifique plus détaillée.

sont, pour chacune des deux moitiés symétriques de la vis globique : la position médiane, et la position terminale, d'un côté ou de l'autre), on a une surface globique réglée telle que, pour toutes les génératrices quelles qu'elles soient, et le long des points de chacune d'elles, il existe, *par approximation*, un plan tangent unique correspondant.

On a donc une surface pseudo-développable. Et dès lors, il n'est plus nécessaire que l'engrènement entre elle et chaque dent de la roue conjuguée s'opère par le glissement d'une même et invariable génératrice *mm'* appartenant à ladite dent en prise; mais cet engrènement devient réalisable, pour chaque dent (et sous forme roulante) au moyen d'un cylindre de révolution (lié à la roue, et libre, rotativement, par rapport à celle-ci), les génératrices successives, et constamment renouvelées, du cylindre constituant, à chaque instant, la génératrice *mm'* d'engrènement. Et cela est parfaitement possible puisque le plan tangent *approché* qui existe sur la surface globique tout le long de la génératrice correspondante se confond avec le plan tangent *idéal* présenté par le cylindre le long de ses génératrices successives d'engrènement *mm'*.

Même s'ils ne tendaient pas vers zéro, les effets différentiels infinitésimaux parasites pouvant résulter du fait qu'on admet la confusion géométrique entre un plan tangent *approché* et un plan tangent *idéal* seraient neutralisés par les déformations élastiques élémentaires de la matière. Et au total, une telle conception, d'une réalisation pratique simple, donne la solution de vis globiques à génératrices rectilignes plus allongées (pour un même encombrement), et constamment renouvelées par roulement, c'est-à-dire, à hauts rendements et faibles usures.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la consolidation des sols.*
Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans une Communication antérieure (1), nous avons montré que l'étude de la consolidation, au cours du temps, d'un sol saturé d'eau, dont l'ossature est supposée élastique, se ramène à la solution d'un problème de valeurs propres correspondant aux conditions imposées à la limite, rendues homogènes (problème analogue à la détermination des vibrations propres d'un domaine).

Nous avons pu résoudre ce problème pour une couche plane parallèle au plan $Oxz$, limitée par deux faces perméables : $y=\pm b$. Limitons-nous au cas d'une charge de révolution autour de la verticale $Oy$ et prenons d'abord une couche de rayon limité $a$ autour de $Oy$. La surface latérale de ce cylindre est supposée imperméable et de rayon invariable. Les conditions à la limite,

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 176.

rendues homogènes, sont :

$$t_{yy}=0, \quad t_{yr}=0, \quad q=0, \quad \text{pour } y=\pm b;$$
$$t_{ry}=0, \quad u_r=0, \quad \frac{\partial q}{\partial r}=0, \quad \text{pour } r=a.$$

$q$ désignant la surpression de l'eau, $u_r$ le déplacement suivant le rayon vecteur $r$ en coordonnées cylindriques, $t_{ij}$ une composante de contrainte dont les deux indices correspondent l'un à la normale à la face sur laquelle elle s'exerce, l'autre à la direction sur laquelle la contrainte est projetée.

Les fonctions propres pour la dilatation cubique sont

$$\theta = A\cos(\beta\eta)J_0(\alpha\rho), \qquad \text{avec } \rho=\frac{r}{b}, \qquad \eta=\frac{y}{b},$$

$J_0(X)$, fonction de Bessel d'ordre zéro. Les fonctions propres pour les autres grandeurs se déduisent des précédentes mais ont des expressions compliquées. On trouve que les constantes $\alpha$, $\beta$ doivent satisfaire aux deux conditions ;

$$J_1\left(\alpha\frac{b}{a}\right)=0,$$
$$2\mu\alpha\,\text{sh}\,2\alpha(\alpha\,\text{th}\,\alpha+\beta\,\text{tg}\beta)=(\lambda+2\mu)(\alpha^2+\beta^2)\,\text{th}\,\alpha(\text{sh}\,2\alpha+2\alpha).$$

$J_1(X)$ désignant la fonction de Bessel d'ordre 1, $\lambda$, $\mu$ les coefficients de Lamé de l'ossature. Ces conditions définissent un spectre double de valeurs propres $\alpha$, $\beta$ de sorte que, dans la consolidation du cylindre, $q$ et les déplacements de l'ossature se présentent sous forme de séries doubles.

En faisant tendre $a$ vers l'infini, nous obtenons le cas d'une couche plane infinie. Le spectre des valeurs $\alpha$ devient alors continu et la série correspondante est remplacée par une intégrale. Le spectre des valeurs $\beta$ (pour $\alpha$ donné) restant discontinu, $q$ et les déplacements s'expriment sous forme de séries simples d'intégrales.

Le problème fondamental est celui d'une force concentrée P appliquée à la surface du sol suivant $Oy$ (par superposition on en déduit le cas d'une charge quelconque). Soit $h$ la distance du feuillet moyen de la couche à la surface du sol, T le tassement (déplacement vertical d'un point de la surface du sol) fonction de $\rho$ et $\tau=ct:b^2$ [$t$, temps, $c=K(\lambda+2\mu):\gamma$; K, perméabilité de la couche; $\gamma$, poids spécifique de l'eau]. On trouve

$$T(\rho,\tau)=T(\rho,\infty)-\frac{P}{2\pi\mu b}\int_0^\infty e^{-\alpha\frac{h}{b}}\text{sh}\,\alpha\sum_j\frac{e^{-[\alpha^2+\beta_j^2(\alpha)]\tau}}{U_j(\alpha)-1}J_0(\alpha\rho)\,d\alpha,$$

avec

$$U_j\left(\frac{\lambda}{\mu},\alpha\right)=\frac{\mu}{\lambda+2\mu}\,\frac{\alpha\,\text{ch}^2\alpha(2\beta_j+\sin 2\beta_j)}{\beta_j\cos^2\beta_j(2\alpha+\text{sh}\,2\alpha)},$$

$T(\rho,\infty)$ est donné par la solution classique de Boussinesq.

En faisant tendre $b$ vers l'infini, on obtient le cas d'une couche d'épaisseur infinie et l'on trouve

$$\mathrm{T}(r,\, t) = \mathrm{T}(r,\, \infty) - \frac{\mathrm{P}}{4\pi(\lambda+\mu)} \int_0^\infty e^{-uh' - u^2 ct} \mathrm{J}_0(ur)\, du,$$

$h'$ désignant la distance de la face supérieure de la couche à la surface du sol.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Exposé d'une méthode qui permet d'obtenir la solution générale dans le cas des potentiels $\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(x,\, y)$.

$Oy$ est vertical, $Oxz$ est la surface libre et $y + x\,\mathrm{tg}\,\alpha = 0$ $(x > 0)$ est l'équation de la plage (axe $Ot$).

$\varphi(x, y)$ est la partie réelle d'une fonction monogène $f(z)$ définie dans le secteur $xOt$ qui doit satisfaire $\mathrm{I}m[(df/dz) + if] = 0$ sur $Ox$ et $\mathrm{I}m[e^{-i\alpha}(df/dz)] = 0$ sur $Ot$. Ce problème résolu d'abord par H. Lewy dans le cas $\alpha = (p/2q)\pi$ ($p$ et $q$ entiers, $p$ impair) a été étendu récemment par E. Isaacson ([2]) qui part d'une représentation nouvelle des solutions de H. Lewy. Cette Note a pour objet une méthode directe de recherche.

On cherche pour $f(z)$ une solution de la forme

$$f(z) = \lambda \int_{\mathrm{C}} e^{\zeta z} \frac{g(\zeta)}{\zeta + i}\, d\zeta;$$

$\mathrm{C}'$ est un contour qui part de l'origine dans le premier quadrant, puis passe dans le quatrième quadrant et est asymptote à l'infini à la partie négative de l'axe réel, $\mathrm{C}''$ est le symétrique de $\mathrm{C}'$ par rapport à $x'x$ et nous prenons pour C soit $\mathrm{C}_1 = \mathrm{C}' + \mathrm{C}''$, soit $\mathrm{C}_2 = \mathrm{C}' - \mathrm{C}''$. [On suppose $0 < \alpha < (\pi/2)$]; $g(\zeta)$ est une fonction analytique, sauf en certains points qu'on suppose situés dans le demi-plan de gauche et à l'intérieur d'un cercle de centre O. On a

1°
$$\frac{df}{dz} + if = \lambda \int_{\mathrm{C}} e^{\zeta z} g(\zeta)\, d\zeta.$$

et la première condition aux limites est vérifiée si l'on prend sur $\mathrm{C}_1$ $(\lambda = 1)$, sur $\mathrm{C}_2$ $(\lambda = i)$ et si $\overline{g(\zeta)} = g(\bar{\zeta})$. De même

2°
$$e^{-i\alpha} \frac{df}{dz} = \lambda e^{-i\alpha} \int_{c} e^{\zeta z} \frac{\zeta g(\zeta)}{\zeta + i}\, d\zeta$$

(*) Séance du 8 janvier 1951.

([1]) *Bulletin of the American Mathematical Society*, 52, 1946.

([2]) *Communications in Pure and Applied Mathematics*, March 1950.

et, pour $z = xe^{-i\alpha}$, on obtient après le changement de variables $\zeta e^{-i\alpha} = u$

$$e^{-i\alpha}\frac{df}{dz} = \lambda \int_{\Gamma} e^{uv}\frac{ug(ue^{i\alpha})}{u + ie^{-i\alpha}}du,$$

$\Gamma$ déduit de C par la rotation (O, $-\alpha$).

On peut remplacer $\Gamma$ par C pourvu que C ait été pris assez grand pour ne pas rencontrer des singularités de $g(\zeta)$ au cours de la rotation, et la deuxième condition aux limites est vérifiée si

$$\frac{\bar{u}g(\bar{u}e^{i\alpha})}{\bar{u} + ie^{-i\alpha}} = \overline{\left[\frac{ug(ue^{i\alpha})}{u + ie^{-i\alpha}}\right]}.$$

On est ainsi conduit à chercher les fonctions $g(u)$ telles que

$$1^{\circ} \qquad g(\bar{u}) = \overline{g(u)}; \qquad 2^{\circ} \quad \frac{g(ue^{2i\alpha})}{g(u)} = \frac{u + ie^{-2i\alpha}}{u - i}.$$

Admettant que $g(u)$ n'a pas de zéro dans le demi-plan de droite, on exprime la valeur de la fonction harmonique $L|g(u)|$ au point $u = i\rho e^{-2i\alpha} (\rho > 0)$ en fonction des valeurs prises sur l'axe imaginaire $L|g(is)| = h(s)$.

En tenant compte de 1° et de 2°, on obtient, après avoir posé $s = e^{u}$, $\rho = e^{v}$, $h(e^{u}) = H(u)$ et $h(e^{v}) = H(v)$

$$H(v) - L\frac{e^{v} + 1}{[e^{2v} - 2e^{v}\cos 2\alpha + 1]^{\frac{1}{2}}}$$
$$= \frac{\sin 2\alpha}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\frac{e^{v-u}}{e^{2(v-u)} - 2e^{v-u}\cos 2\alpha + 1} + \frac{e^{v-u}}{e^{2(v-u)} + 2e^{v-u}\cos 2\alpha + 1}\right]H(u)\,du$$

qui s'intègre facilement en posant $\overline{H}(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iwu}H(u)\,du$,

$$\overline{H}(w) = \frac{\pi}{2w}\left[\frac{e^{-\pi w} + 1}{e^{-\pi w} - 1} - \frac{e^{-2\alpha w} + 1}{e^{-2\alpha w} - 1}\right] \qquad \text{d'où} \qquad h(\rho) = L\left\{\frac{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}}}{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}} - 1}\,\frac{\rho^2 - 1}{\rho^2}\right\}^{\frac{1}{2}}.$$

La fonction $g(u)$ est définie dans le demi-plan de droite par :

$$g_1(u) = \exp\left\{\frac{1}{\pi i}\int_{i\infty}^{-i\infty}\frac{L\left\{\frac{|z|^{\frac{\pi}{\alpha}}}{|z|^{\frac{\pi}{\alpha}} - 1}\,\frac{|z|^2 - 1}{|z|^2}\right\}^{\frac{1}{2}}}{z - u}dz\right\},$$

on définit $g(u)$ dans le demi-plan de gauche en prolongeant analytiquement $g_1(u)$.

On obtient ainsi

$$g_2(u) = g_1^{*}(u)\frac{(-u^2)^{\frac{\pi}{\alpha 2}}}{(-u^2)^{\frac{\pi}{\alpha 2}} - 1}\,\frac{u^2 + 1}{u^2},$$

$g_1^*(u)$ a la même expression analytique que $g_1(u)$ et l'on prend la détermination de $(-u^2)^{\pi/2\alpha}$ qui pour $u = \pm i\rho$ est égale à $\rho^{\pi/\alpha}$.

Il y a une coupure suivant la partie négative de l'axe $x'x$ sauf dans le cas où $\alpha = (\pi/2n)$ $n$ entier. Dans ce cas $g(u) = [u^{n-1}(u+i)/P_n(u)]\, P_n(u)$, étant un polynome de degré $n$ dont les zéros sont $e^{i\pi(k/n+1/2)}$ $(k = 1, 2, \ldots, n)$.

## RELATIVITÉ. — *Sur l'impossibilité d'univers stationnaires clos.*

Note (*) de M. **Don Aufenkamp**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il ne peut exister d'univers stationnaires satisfaisant aux équations d'Einstein sans constante cosmologique et qui soient clos dans l'espace.

1. Considérons un univers U satisfaisant aux hypothèses suivantes :

*a*. La métrique de U est régulière ([1]) partout, *stationnaire*, c'est-à-dire admet un groupe d'isométrie à un paramètre dont les trajectoires orientées dans le temps seront appelées lignes de temps ([2]).

*b*. En dehors des domaines balayés par l'énergie, cette métrique satisfait aux équations gravitationnelles du cas extérieur :

$$R_{\alpha\beta} = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4). \tag{1}$$

Dans les domaines, engendrés par des lignes de temps, balayés par l'énergie la métrique satisfait aux équations :

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta}\, R = \chi T_{\alpha\beta} \tag{2}$$

les différentes métriques intérieures ou extérieures se raccordant conformément aux conditions de Schwarzschild.

*c*. Les sections d'espaces S sont des variétés *compactes* à trois dimensions. Au voisinage d'une section d'espace, la variété U est le produit topologique par un segment d'une section d'espace S.

2. Nous nous proposons d'établir le théorème suivant :

Théorème. — *Il ne peut exister d'univers relativistes satisfaisant aux hypothèses a, b* et *c*.

*Preuve*. — Nous utiliserons à cet effet l'extension du théorème de Gauss établi par M. Lichnerowicz ([3]). L'indice 4 désignant la variable temporelle, on a

$$\nabla_\alpha h^\alpha = R_4^4, \tag{3}$$

(*) Séance du 8 janvier 1951.

([1]) Lichnerowicz, *Actual. Scient. et Ind.*, 833, 1939, p. 37.

([2]) Dans le cas purement gravitationnel, cette hypothèse correspond à celui d'un mouvement permanent de la matière.

([3]) Lichnerowicz, *loc. cit.*, p. 64-65.

où $\nabla_\alpha$ est l'opération de dérivation covariante et où

$$h^i = -\Gamma^i_{\alpha\beta} g^{\alpha\beta} = \Gamma^i_{\alpha\beta} g^{\alpha\beta}, \qquad h^4 = 0 \qquad (i=1, 2, 3).$$

Il résulte de plus des équations (1) et (2) que $R^4_4 = 0$ dans le cas extérieur et $R^4_4 > 0$ dans le cas intérieur (présence de masses ou distribution électromagnétique).

Cela posé, soient $x^4 = x^4_0$ et $x^4 = x^4_1$ deux sections d'espace voisines $S_0$ et $S_1$, $V_0$ un volume à trois dimensions de $S_0$ renfermant à son intérieur toutes les distributions énergétiques, $V^*_0$ le volume complémentaire, dans $S_0$. Désignons par W le volume d'univers engendré par les lignes de temps issues des points $V_0$ et limitées à $S_0$ et $S_1$. Ce volume W est limité par $S_0$, $S_1$ et une hypersurface à trois dimensions $\Sigma$ engendrée par les lignes de temps. En appliquant (3) à ce volume et compte tenu de $h^4 = 0$, il vient

$$\text{flux}_\Sigma \vec{h} = \iiiint_W R^4_4 \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4$$

et par suite ce flux est *strictement positif*. Appliquons le même théorème au volume d'univers $W^*$ construit de la même manière à partir de $V^*_0$ qui ne contient aucune distribution d'énergie; $W^*$ est de même limité par $\Sigma$ et les deux sections d'espace et l'on en déduit, $\vec{h}$ étant continu à la traversée de $\Sigma$

$$\text{flux}_\Sigma \vec{h} = \iiiint_{W^*} R^4_4 \sqrt{-g}\, dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4 = 0,$$

ce qui implique contradiction.

Dans un univers clos, il ne peut donc y avoir en particulier de mouvements permanents de la matière.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Définition nouvelle de l'hermiticité du quadri-opérateur* — $(h/2\pi i)\partial^k$. Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une utilisation appropriée du groupe des translations de l'espace-temps et un appel au critère de Bochner étendent et précisent notre définition généralisée et notre preuve antérieures (1). Celles-ci valent en théorie de l'électron de Dirac, et l'on discute de leur extension à la théorie des particules de spin quelconque.

Soit, en théorie de l'électron de Dirac, $\mathcal{E}$ une portion *quelconque* d'hypersurface du genre espace, où *nous n'exigeons pas que* $|\psi|$ *s'annule à la frontière*, et considérons l'expression

$$(1) \qquad F_{\mathcal{E}}(y^i_2 - y^i_1) = [\psi(x^i + y^i_1), \psi(x^i + y^i_2)]_{\mathcal{E}} \qquad (i=1, 2, 3, 4),$$

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 626 231, 1950, p. 1423.

où le second membre est un *produit scalaire hermitien généralisé* pris sur $\mathcal{E}(x^i) = \mathcal{E}$, au sens par nous défini ([1]). *En tant que fonctionnelle de $\mathcal{E}$ et que fonction de $y_2^i - y_1^i$,* F *est invariante par les translations simultanées de $\mathcal{E}$ et de l'origine des $y^i$, qui laissent fixes dans l'espace-temps les deux hypersurfaces $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ décrites par $x_1^i = x^i + y_1^i$ et $x_2^i = x^i + y_2^i$.*

En tant que fonction de $y_2^i - y_1^i$, F satisfait au critère des fonctions caractéristiques de Bochner ([2]) car, $y_p^i$ désignant N quadrivecteurs minkowskiens et $c_p$ N constantes complexes arbitraires, on a

$$(2)\qquad \sum_{p,q} c_p^* c_q F(y_q^i - y_p^i) = \left[\sum_p c_p \psi(x^i + y_p^i),\ \sum_q c_q \psi(x^i + y_q^i)\right],$$

expression qui, *en théorie de Dirac*, est définie positive.

Pour tirer de (1) une définition de F comme fonction d'une seule variable quadrivectorielle $y^i$, il suffit de fixer par exemple $y_1^i$ à une valeur prédéterminée $y_0^i$ et de laisser varier $y_2^i = y^i$; *pour que cette définition de* $F(y^i)$ *soit invariante, il faut, à chaque nouveau choix de $y_0^i$ associer une $\mathcal{E}$ bien définie différente;* par exemple, posant $\Delta y^i = y_2^i - y_1^i$,

$$(3)\qquad F_{\mathcal{E}_1}(\Delta y^i - 0) \neq F_{\mathcal{E}_1}(0 + \Delta y^i), \qquad \text{mais} \qquad F_{\mathcal{E}_1}(\Delta y^i - 0) = F_{\mathcal{E}_2}(0 + \Delta y^i).$$

La manière la plus symétrique de définir $F(y^i)$ est évidemment

$$(4)\qquad F_{\mathcal{E}}(y^i) = F_{\mathcal{E}}\left(\frac{1}{2} y^i + \frac{1}{2} y^i\right) = \left[\psi\left(x^i - \frac{1}{2} y^i\right),\ \psi\left(x^i + \frac{1}{2} y^i\right)\right];$$

en se reportant à l'expression de la *fonction caractéristique* d'Arnous ([3]) et à notre expression de sa définition ([1]), l'on reconnait là la fonction caractéristique du quadriopérateur

$$(5)\qquad P^k \equiv -\frac{h}{4\pi i}[\partial^k] \equiv -\frac{h}{4\pi i}\left[\overrightarrow{\partial^k} - \overleftarrow{\partial^k}\right],$$

qui apparaît, spontanément dans les tenseurs de la théorie de Dirac.

Ainsi, une utilisation un peu subtile du groupe des translations de l'espace-temps et l'appel au critère de Bochner nous ont permis de *définir* et de *prouver*, à l'aide seulement du caractère défini positif du $\psi^+\psi$ de Dirac, l'hermiticité du quadri-opérateur $P^k$ dans des conditions moins restrictives et plus sûres que dans notre premier travail ([1]). Notre définition contient en particulier les deux définitions classiques de l'hermiticité du tri-opérateur $P^0$ (invariance du *produit de composition* par une translation sur lui-même du domaine plan d'intégration tridimensionnel) et de l'hamiltonien H dans le cas où il est conservatif (identité, alors, des spectres de H et de $-h[\partial^t]/4\pi i$, et modifica-

---

([2]) *Vorlesungen über Fouriersche Integrale*, Leipzig, 1932, p. 74.

([3]) *Journal de Physique*, 8, 1947, p. 87.

tion du $\psi$ par un simple facteur de phase par une translation parallèle au temps). *Dans le cas général, l'hermiticité de* $-h[\partial^i]/4\pi i$ *a un sens au même titre que celle de* $H_t$. Par l'intime connexion qu'elle établit entre le spectre du quadri-opérateur $P^k$ relatif à un *état* $\mathcal{E}$ et l'évolution spatio-temporelle du $\psi$, notre théorie transpose en forme covariante la connexion, bien connue par la théorie quantique de la largeur des raies spectrales et par le théorème de Fock et Krylov ([4]), entre le spectre à l'instant $t$ de H et l'évolution temporelle du $\psi$; le théorème de Fock et Krylov est directement généralisé sous forme covariante par nos formules (1) ou (4).

Prenant l'intégrale triple (4) sur un contour fermé $\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 + \mathfrak{T}$ formé de deux *états* de l'électron et d'une hyperparoi du genre temps, transformant en intégrale quadruple étendue au domaine enfermé et tenant compte, dans celle-ci, de l'équation de Dirac et de son associée, il vient ([5]), pour la variation entre $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ de la fonction caractéristique $F(y^i)$,

$$(6)\quad F_2(y^i) - F_1(y^i) = -\left[\psi\left(x^i - \frac{1}{2}y^i\right), \psi\left(x^i + \frac{1}{2}y^i\right)\right]_{\mathfrak{T}} + \iiiint_\Omega i\varepsilon \left\{ A^k\left(x^i + \frac{1}{2}y^i\right) - A^k\left(x^i - \frac{1}{2}y^i\right) \right\} \bar{\psi}\left(x^i - \frac{1}{2}y^i\right)\gamma_k\psi\left(x^i + \frac{1}{2}y^i\right)\delta\omega$$

($\bar{\psi} = \psi^+\gamma^0$); au second membre, l'intégrale triple d'hyperparoi, qui satisfait encore à la formule (2) mais n'est plus définie positive, s'interprète comme un *flux* de fonction caractéristique par éléments de surface et de temps ([6]), et l'intégrale quadruple montre qu'un domaine $\Omega$ où le quadripotentiel $A^k$ varie est une *source* pour la fonction caractéristique ([7]).

Si l'on cherche à étendre la présente théorie aux particules de spin multiple de 1/2, l'égalité (2) reste vraie, mais ne fournit pas une expression définie positive; *en l'absence de quadripotentiel régnant,* aucune difficulté réelle ne suit de là, car le flux de la fonction caractéristique est alors conservatif. Le problème logique qui surgit dans le cas général ne diffère pas essentiellement de celui de l'interprétation d'une densité de présence non définie positive.

---

([4]) *Journal of Physics*, II, 1947, p. 116-120.

([5]) La transformée de Fourier du premier membre donne la variation du poids statistique de chaque valeur possible du quadri-opérateur $P^i$, ainsi que le fait pour l'hamiltonien la méthode de la variation des constantes. Notre formule (6) permet une intéressante comparaison des spectres de $i\partial^i$ et de $H_t$.

([6]) Cette notion interviendrait dans des problèmes de diffraction-hachage tels que celui par nous étudié (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 724 et **227**, 1948, p. 1210).

([7]) Si $A^k$ reste invariable le long des axes parallèles d'une famille $y^i$, l'intégrale quadruple est nulle pour ces $y^i$, et l'on retrouve le théorème connu des intégrales premières de l'impulsion-énergie totale.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie du champ soustractif de Louis de Broglie* (1) *et la fonction d'interaction de R. P. Feynman* (2). Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

On écrit sous forme invariante certaines formules de la théorie du champ soustractif. On montre qu'on pourrait remplacer l'hypothèse de coupure des fréquences hautes de R. P. Feynman par celle du champ soustractif, mais, qu'entre les deux théories subsiste une différence fondamentale.

1. Considérons l'élément de matrice de la théorie du champ soustractif (3) et proposons-nous de l'écrire sous forme invariante au moyen du formalisme de R. P. Feynman (4). Nous arrêtant à l'approximation première et appelant $\psi_{n0}$ la fonction d'onde initiale

$$\psi^1(\mathbf{x}, t) = -i\int K_0(\mathbf{x}, t; \boldsymbol{\xi}, \tau)\,\beta A(\boldsymbol{\xi}, \tau)\,\psi_{n0}(\boldsymbol{\xi}, \tau)\, d^3\boldsymbol{\xi}\, d\tau.$$

L'introduction d'une fonction $\delta$ sous le signe $\int$ indiquerait que A bien que semblant agir sur tous les points de l'espace agit en fait sur le seul point géométrique où se trouve placé l'électron. Dans la théorie du champ soustractif cette fonction $\delta$ est à remplacer par une fonction $\sigma(x)$ du quadrivecteur $x$, généralisant la densité spatiale $\sigma$ de de Broglie (5) on a donc

$$\psi^1(\mathbf{x}, t) = -i\iint K_0(x, \xi^1)\,\sigma(\xi^1 - \xi)\,\beta A(\xi^1)\,\psi_{n0}(\xi)\, d^4\xi\, d^4\xi^1$$

où $x$, $\xi$, $\xi^1$ sont des quadrivecteurs. Si l'on explicite A suivant la méthode employée par M. de Broglie (6), on est amené à prendre la transformée de Fourier de $\sigma(\xi^1 - \xi)$ et il est tout indiqué de prendre pour cette transformée $C(k^2) = k_0^2(k_0^2 - k_\mu k_\mu)^{-1}$ invariant relativiste attaché par M. de Broglie au

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 157, 269, 401, 640; **230**, 1950, p. 1009.

(2) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 769 et 749.

(3) L. de Broglie, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 435, form. (24) ou *Portugaliae Matematica*, 8, 1949, p. 53, form. (60).

(4) *Loc. cit.*, p. 751, form. (9) ou (13). Cette même formule pourrait être facilement rattachée aux résultats des *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 507. Il est d'ailleurs à remarquer que dans le sommaire précédant cette Note, la solution étudiée est qualifiée d'exacte. Il est facile de voir par le détail des calculs (*Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 333) qu'elle n'est qu'approchée : pour un $R(\mathbf{x})$ quelconque l'approximation obtenue est celle du premier ordre de la théorie des perturbations et va en s'améliorant dans la mesure où $R(\mathbf{x})$ est lentement variable. Cette hypothèse est d'ailleurs explicitement utilisée dans le paragraphe **2** de la Note en question.

(5) *J. Phys.*, **11**, p. 482, form. (6).

(6) *Port. Mat.*, *loc. cit.*, p. 53.

système de référence de la transition elle-même. Cette transformation faite, on obtient :

$$\psi^{(1)}(\mathbf{x}, t) = -i\int K_0(x, \xi)\beta \mathbf{A}(\xi) C(k^2)\psi_{n_0}(\xi)\, d^4\xi$$

où A est le quadrivecteur potentiel de la théorie du photon; on peut voir que les probabilités de transition invariantes qu'on en tire coïncident avec celles de M. de Broglie.

2. Dans la théorie du champ soustractif de Louis de Broglie, le potentiel entourant un électron est à un facteur numérique près (7) : $(e^{-\gamma r} - e^{-k_0 r})r^{-1}$ où $\gamma$ et $k_0$ sont respectivement les constantes des champs photoniques et mésoniques. Par analogie avec le procédé de M. Feynmann (8) qui pour étudier le potentiel d'interaction de deux particules remplace le potentiel coulombien par une fonction d'espace-temps $U_F$ : $\square U_F = 4\pi\delta(x)$ (d'où la transformée de Fourier : $[\pi^{-1}(k_\mu k_\mu)$ de $U_F]$; nous généraliserons le potentiel $e^{-\chi r}$ par une fonction $U_B$ : $\square U_B + \chi^2 U_B = 4\pi\delta(x)$ d'où la transformée de Fourier $\pi^{-1}(\chi^2 - k_\mu k_\mu)^{-1}$. Par suite, la transformée de Fourier du potentiel de la théorie du champ soustractif est donc :

$$F_B(k^2) = \pi^{-1}[(\gamma^2 - k_\mu k_\mu)^{-1} - (k_0^2 - k_\nu k_\nu)^{-1}] \approx \pi^{-1}\gamma^{-2} C_\gamma(k^2) C_{k_0}(k^2)$$

car $k_0 \gg \gamma$ et $C_\gamma(k^2)$ est déduit du coefficient d'interaction $C_{k_0}(k^2)$ de de Broglie en remplaçant $k_0$ par $\gamma$. On peut comparer $F_B$ à la fonction $F_+(k^2)$ de R. P. Feynman (9) qui est la transformée de Fourier de la fonction d'interaction de $f_+$. Pour $\lambda \geq k_0$ : $G(\lambda) \approx 0$ et l'on voit immédiatement en utilisant les propriétés de la fonction $G(\lambda)$ [ou en prenant $G(\lambda) = \delta(\lambda - k_0)$] que $F_+(k^2)$ n'est autre que $F_B(k^2)$ dans lequel on a supposé $\gamma \approx 0$. Ainsi donc $f_+$ correspond à la fonction d'interaction $(1 - e^{-k_0 r})r^{-1}$ : potentiel de l'électron dans la théorie du champ soustractif : on peut donc utiliser l'hypothèse du champ soustractif de Louis de Broglie au lieu de l'hypothèse de coupure des fréquences hautes de R. P. Feynman. Cette analogie de forme cache pourtant une différence essentielle dans l'interprétation de l'interaction électron-rayonnement : pour R. P. Feynman le facteur $C(k^2)$ est attaché à chaque trajet de photon tandis que pour Louis de Broglie il est attaché à chaque interaction. Cette différence se manifeste dans le calcul de l'énergie propre de l'électron qui contient un seul facteur $C(k^2)$ pour R. P. Feynman alors qu'elle en contient deux pour Louis de Broglie. On pourrait essayer de rapprocher les deux points de vue en faisant jouer aux facteurs $C_\gamma(k^2)$ et $C_{k_0}(k^2)$ les rôles des facteurs d'émission ou d'absorption. L'énergie propre de l'électron

(7) *J. de Phys.*, *loc. cit.*, p. 488, form. (39).
(8) *Loc. cit.*, p. 733, form. (5) (en note).
(9) *Loc. cit.*, relation précédant la formule (16), p. 776.

conduirait à l'intégrale (10).

$$\gamma^{-2} e^2 (i\pi)^{-1} \int \gamma_\mu C_\gamma(k^2) [(p_\nu - k_\nu)\gamma_\nu - m]^{-1} C_{k_0}(k^2)\gamma_\mu \, d^4 k$$

la polarisation du vide (11) à

$$\gamma^{-2} \iint \mathrm{Tr} \{ \gamma_\nu C_\gamma(k^2) [(p_\rho + k_\rho)\gamma_\rho - m]^{-1} [\gamma_\sigma p_\sigma - m]^{-1} C_{k_0}(k^2)\gamma_\mu \} \, d^4 k \, d^4 p.$$

Leur interprétation se heurte à des difficultés du fait que rien ne permet de décider lequel des deux facteurs doit être attaché à l'émission ou à l'absorption : leur rôle étant parfaitement symétrique dans les formules.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un dispositif permettant la détermination des constantes diélectriques aux hyperfréquences par une méthode de zéro* (II). Note de M. **Marc Bruma**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente (1) nous avons indiqué les principes d'une méthode de zéro pour la mesure des constantes diélectriques aux hyperfréquences et nous avons établi une formule générale. Cette formule se simplifie considérablement dans les cas particuliers que nous allons examiner maintenant.

Considérons une cavité cylindrique de rayon $a$ vibrant dans le mode $E_{010}$ et un échantillon de diélectrique également cylindrique de rayon $b$ introduit suivant l'axe de la cavité. Le champ électrique n'a dans ce cas qu'une composante axiale, partout tangentielle à la surface du diélectrique et qui varie dans la direction du rayon suivant $J_0(kr)$, $r$ étant le rayon courant et $k = (2\pi/\lambda_0)\sqrt{\varepsilon'/\varepsilon_0}$.

On voit qu'on peut rendre les champs $E_1$ et $E_2$ figurant dans l'expression (6) de la Note précédente (1) égaux au champ $E_0$, à 1 % près si

$$\left(\frac{b}{a}\right)\sqrt{\left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon_0}\right) - 1} \leqq \frac{1}{25}. \tag{II.1}$$

En remplaçant $E_1$ et $E_2$ par $E_0$ on trouve pour la constante diélectrique $\varepsilon'_r (= \varepsilon'/\varepsilon_0)$, avec la même précision de 1 %

$$\varepsilon'_r - 1 = \frac{\iiint_{\Delta_2} \left\{ \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 + \frac{1}{2}\mu_0 H_0^2 \right\} d\tau}{\iiint_{\Delta_1} \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 \, d\tau}. \tag{II.2}$$

(10) R. P. Feynman, *loc. cit.*, p. 775, form. (11).

(11) L. de Broglie, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2061, form. (4).

(1) M. Bruma, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 42.

dans laquelle $\Delta_1$ représente le volume du diélectrique et $\Delta_2$ la variation du volume de la cavité provoquée par la perturbation locale de sa paroi conductrice. Cette perturbation peut être réalisée par petit déplacement d'un cylindre métallique plein, de rayon $c$ soit dans la direction de l'axe du résonateur (*fig.* 1), soit dans une direction normale à ce même axe (*fig.* 2).

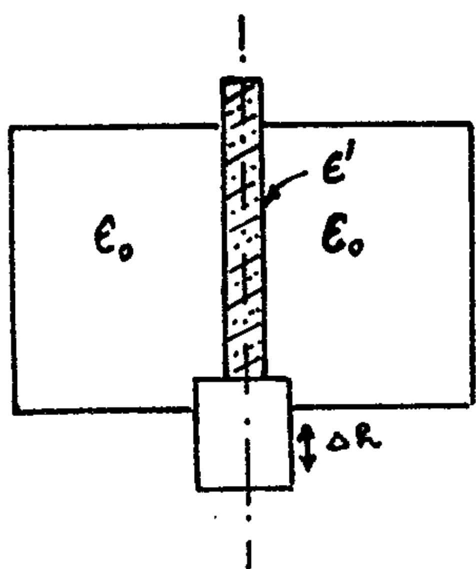


Fig. 1.

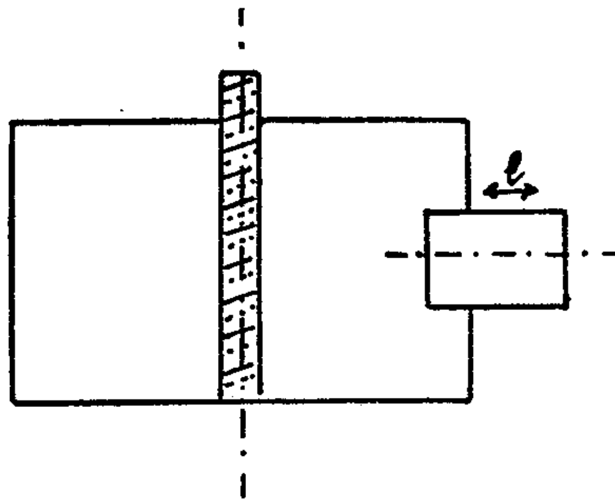


Fig. 2.

Dans le premier cas la formule (II.2) conduit à

$$\varepsilon'_r - 1 = 2\left[\frac{F_2\left(2,4\frac{c}{a}\right)}{F_1\left(2,4\frac{b}{a}\right)}\right]\frac{\Delta_2}{\Delta_1}. \tag{II.3}$$

Avec

$$\begin{cases} F_2\left(2,4\frac{c}{a}\right) = \dfrac{1}{2,4\frac{c}{a}} J_0\left(2,4\frac{c}{a}\right) J_1\left(2,4\frac{c}{a}\right), \\ F_1\left(2,4\frac{b}{a}\right) = J_0^2\left(2,4\frac{b}{a}\right) + J_1^2\left(2,4\frac{b}{a}\right). \end{cases} \tag{II.4}$$

La fonction $F_1(2,4\,b/a)$ est égale à 1 à mieux que 1 % près si la relation (II.1) est satisfaite. On pourra donc écrire sans introduire une erreur supplémentaire :

$$\varepsilon'_r - 1 = 2\,F_2\left(2,4\frac{c}{a}\right)\frac{\Delta_2}{\Delta_1} = 0,347\frac{V_0}{\Delta_1}\psi(x)\frac{\Delta h}{h_0}. \tag{II.5}$$

Où $V_0(=\pi a^2 h_0)$ volume du résonateur vide, $\Delta h$ le déplacement axial du cylindre métallique de rayon $c$ et $x = 2,4\,c/a$; $\psi(x) = x J_0(x) J_1(x)$.

L'expression (II.5) relie la constante diélectrique de l'échantillon au déplacement axial $\Delta h$ nécessaire pour ramener la cavité contenant le diélectrique à la résonance, *la fréquence de la source restant constante.*

Dans le cas de la perturbation radiale un calcul analogue donne

$$\varepsilon'_r - 1 = \left[0,269 - F_3\left(\frac{l}{a}\right)\right]\frac{\Delta_2}{\Delta_1}. \tag{II.6}$$

Avec

$$F_3\left(\frac{l}{a}\right) = \frac{1}{l}\int_0^l J_0^2\left(2,4\frac{l-a}{a}\right)dl, \tag{II.7}$$

où $\Delta_2$ est une diminution du volume de la cavité et $l$ est le déplacement du cylindre métallique.

Au voisinage de la paroi, la fonction $F_3$ tend vers zéro, et (II.6) se réduit à

$$\varepsilon'_r - 1 = 0,269\,\frac{\Delta_2}{\Delta_1}. \tag{II.8}$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le calcul du champ créé par un circuit en hélice.* Note de M. **Élie Roubine**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans des publications antérieures (1), (2) on a calculé la composante $E_z$ du champ électrique créé, en un point de son axe, par une hélice illimitée siège d'une onde progressive de courant $\mathrm{I}e^{-jk's}$. La même méthode de calcul, directe, permet d'obtenir l'ensemble des composantes des champs $\vec{E}$ et $\vec{H}$, en tout point de l'axe, sous une forme finie n'utilisant que des transcendantes connues.

Les notations sont celles d'une Note antérieure (2). En tout point M de l'axe de l'hélice les potentiels et les champs peuvent être respectivement exprimés au moyen d'intégrales de la forme

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\gamma u}\frac{e^{-jkr}}{r}\,du = 2\,\mathrm{K}_0\left(a\sqrt{\gamma^2-k^2}\right),$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\gamma u}\frac{1+jkr}{r^3}\,e^{-jkr}\,du = \frac{2}{a}\sqrt{\gamma^2-k^2}\,\mathrm{K}_1\left(a\sqrt{\gamma^2-k^2}\right);$$

où $\mathrm{K}_0$ et $\mathrm{K}_1$ désignent les fonctions de Bessel modifiées de seconde espèce d'ordres 0 et 1. En posant

$$\gamma_{1,2} = \frac{k'}{\sin\alpha} \mp \frac{1}{a\,\mathrm{tg}\,\alpha},$$

$$p_0 = a\sqrt{\frac{k'^2}{\sin^2\alpha} - k^2}, \qquad p_1 = a\sqrt{\gamma_1^2 - k^2}, \qquad \ldots,$$

on trouve les expressions explicites suivantes des composantes des champs :

$$\mathrm{E}_r = \frac{\mathrm{I}}{4\pi\omega\varepsilon}\,e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}\left\{k^2\,\mathrm{cotg}\,\alpha\left[\mathrm{K}_0(p_1) - \mathrm{K}_0(p_2)\right] - \frac{k'}{a\sin\alpha}\left[p_1\,\mathrm{K}_1(p_1) + p_2\,\mathrm{K}_2(p_2)\right]\right\},$$

$$\mathrm{E}_\varphi = -j\,\frac{\mathrm{I}}{4\pi\omega\varepsilon}\,e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}\left\{k^2\,\mathrm{cotg}\,\alpha\left[\mathrm{K}_0(p_1) + \mathrm{K}_0(p_2)\right] - \frac{k'}{a\sin\alpha}\left[p_1\,\mathrm{K}_1(p_1) - p_2\,\mathrm{K}_1(p_2)\right]\right\},$$

$$\mathrm{E}_z = j\,\frac{\mathrm{I}}{2\pi\omega\varepsilon}\,e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}\left(\frac{k'^2}{\sin^2\alpha} - k^2\right)\mathrm{K}_0(p_0),$$

$$\mathrm{H}_r = j\,\frac{\mathrm{I}}{4\pi}\,e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}\left\{\mathrm{cotg}\,\alpha\left[\gamma_1\,\mathrm{K}_0(p_1) + \gamma_2\,\mathrm{K}_0(p_2)\right] - \frac{1}{a}\left[p_1\,\mathrm{K}_1(p_1) - p_2\,\mathrm{K}_1(p_2)\right]\right\},$$

$$\mathrm{H}_\varphi = \frac{\mathrm{I}}{4\pi}\,e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}\left\{\mathrm{cotg}\,\alpha\left[\gamma_1\,\mathrm{K}_0(p_1) - \gamma_2\,\mathrm{K}_0(p_2)\right] - \frac{1}{a}\left[p_1\,\mathrm{K}_1(p_1) + p_2\,\mathrm{K}_1(p_2)\right]\right\},$$

$$\mathrm{H}_z = \frac{\mathrm{I}}{2\pi a}\,e^{-j\frac{k'}{\sin\alpha}z}\,\mathrm{cotg}\,\alpha\,p_0\,\mathrm{K}_1(p_0).$$

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1101.

(2) *Onde électrique*, 1947, p. 203.

Les composantes $E_r$ et $H_r$ sont portées par la normale MM′ commune à l'hélice et à l'axe au point M. La discussion est alors aisée. En M, les ellipses de polarisation des deux champs ont leur petit axe porté par MM′. Elles sont entraînées dans un mouvement hélicoïdal, autour de l'axe de l'hélice, avec la vitesse de translation $v' \sin\alpha (v' = \omega/k')$. Dans le cas du tube à ondes progressives usuel, elles sont très allongées et très inclinées sur l'axe. Le rapport des axes est alors de l'ordre de 20. Les champs transversaux sont pratiquement polarisés circulairement mais c'est là un cas particulier. Leur effet est, dans l'exemple considéré, beaucoup plus faible que celui de la composante axiale (de l'ordre de 1/20).

Il est intéressant de noter qu'aux très basses fréquences le champ électrique se réduit à sa composante $E_r$ :

$$E_r \simeq -\sqrt{\frac{\mu}{4\pi\varepsilon}}\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\sin^3\alpha}}\, e^{-\operatorname{cotg}\alpha}\, I$$

tandis qu'on retrouve pour $H_z$ l'expression classique du champ magnétique du solénoïde ordinaire :

$$H_z = n_1 I, \qquad \text{où} \quad n_1 = \frac{1}{2\pi a \operatorname{tg}\alpha}$$

est le nombre de spires par unité de longueur. On a donc écrit plus haut une expression générale du champ $H_z$ pour le solénoïde utilisé aux fréquences élevées. L'expression approchée

$$H_z \simeq n_1 I \left\{ 1 + \frac{(ka \operatorname{cotg}\alpha)^2}{2} [\operatorname{Log}(ka \operatorname{cotg}\alpha) - 0,616] \right\} e^{-j\frac{k}{\sin\alpha}z}$$

pourrait être éventuellement utilisée ($k' = k$).

RAYONS X. — *Sur l'influence théorique, en faisceau divergent, de l'absorption dans le bâtonnet et des conditions expérimentales sur l'homogénéité des raies de Debye-Scherrer.* Note de M<sup>lle</sup> **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

Lihl [1] a établi que le rayon primaire responsable du bord interne de la raie émise par un bâtonnet totalement opaque, correspond à la plus petite des deux valeurs que prend le trajet $s$ (incident plus diffracté) parcouru à l'intérieur du bâtonnet par les deux rayons primaires limitant le pinceau issu du point F′ de la fente, c'est-à-dire pour les deux valeurs de $\psi(1)$ limites de l'intersection de l'ellipse (F′) par la parallèle à l'axe des $\psi$ menée du point d'ordonnée $2\omega$. Lorsque $\psi$ est petit (3 à 5°), on a

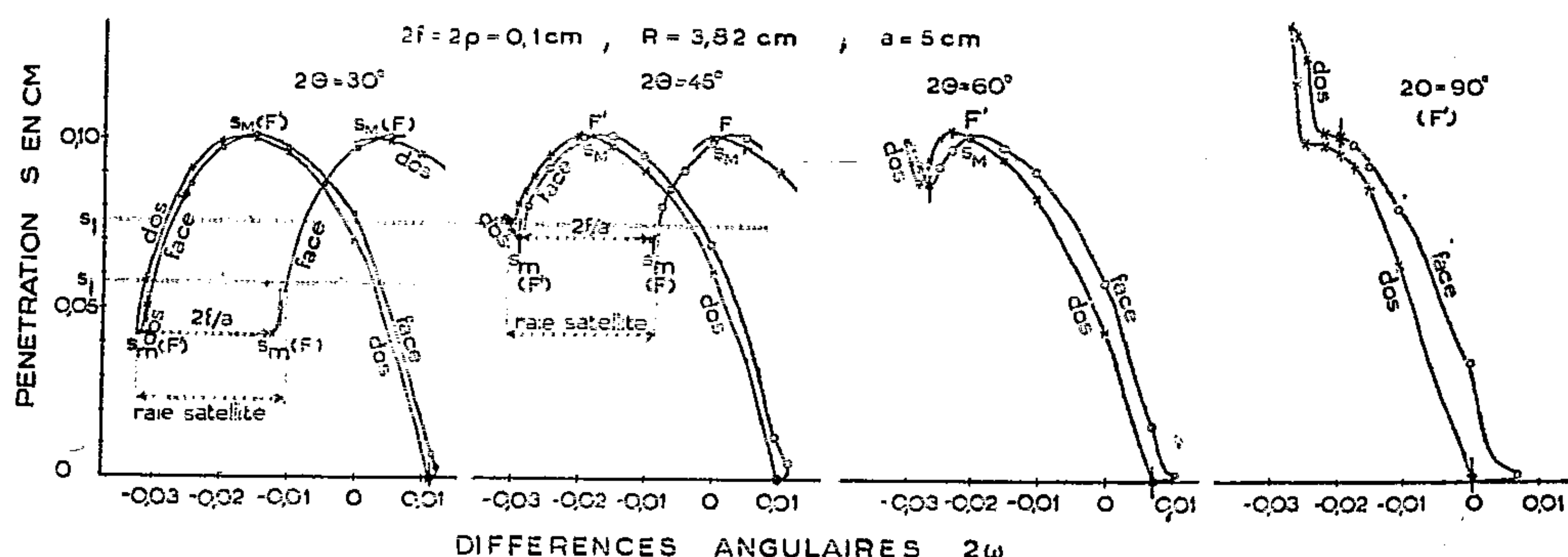
$$s = \sqrt{\rho^2 - (a\psi - r)^2} + \sqrt{\rho^2 - R^2(2\omega - \psi)^2} - \frac{1 - \cos 2\theta}{\sin 2\theta}[R(2\omega - \psi) + a\psi - r].$$

(1) F. Lihl, *Zeits. f. Krist.*, A, 83, 1932, p. 193-221 ; C. Stora, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 8. On a utilisé les mêmes notations.

Cependant, pour une absorption moyenne, à une même valeur de $s$ répondent toujours deux rayons issus du même point de la fente traversant le bâtonnet, l'un à droite, l'autre à gauche du rayon central. Donc, *au trajet limite* $s_l$ *au delà duquel tout rayon est absorbé dans le bâtonnet* $[I/I_0 = e^{-\mu s_l} = 1/10^x$ ou $s_e = 2{,}3026\, x/\mu$, $x$ étant à définir expérimentalement$]$ répondent deux rayons issus, l'un de l'extrémité F′ formant le bord interne *d'une raie principale* ayant pour bord externe celui de la raie géométrique, l'autre de l'extrémité F formant le bord externe *d'une raie satellite* dont le bord interne (petits angles $2\theta$) coïncide avec celui de la raie géométrique.

Divers facteurs géométriques conditionnent alors *l'existence de la raie satellite*; ce sont : l'angle $2\theta$ de diffraction, le diamètre du bâtonnet, le rapport $R/a$, l'ouverture de la fente $(2f/a)$.

Pour un point de la fente, la courbe représentant la pénétration $s$ en fonction de $2\omega$, comporte deux branches relatives à la diffraction par la face et le dos du bâtonnet et passant toutes deux, aux petits angles $2\theta$, par un maximum $s_M$ (diamètre du bâtonnet) entre lesquels se croisent les courbes (*fig.*). Ainsi, le




chemin minimum $s_l$ parcouru dans le bâtonnet relève à gauche de $s_M$ de la diffraction par la face ou le dos, et, à droite de $s_M$, toujours de la diffraction par le dos du bâtonnet. Aux faibles $2\theta$, une valeur de $s_l$ conduit bien, en dehors des limites de la raie géométrique, à deux autres valeurs de $2\omega$, donc à deux points différents de la raie. Quand $2\theta$, varie, l'aspect de ces courbes $s = \varphi(2\omega)$ serait bien représenté par celui d'une feuille d'iris repliée, dont la pointe touchant le sol pour $2\theta$ voisin de zéro, se relève progressivement lorsque $2\theta$ croît, pour être complètement dépliée vers $2\theta$ voisin de 90°. L'existence géométrique de la raie satellite est liée à l'intersection de la partie retombante des courbes, à gauche de $s_M$, par la parallèle à l'axe des $2\omega$ menée du point $s_l$ des ordonnées.

1° Si $s_l < s_m$, il n'y a pas de raie satellite (bâtonnet opaque).

2° Si $s_m < s_1 < s_M$, une raie satellite peut exister nettement séparée de la raie principale. La contribution par le point de la fente à la largeur de la raie satellite est égale à la différence des abscisses de la pointe de la courbe à gauche de $s_M$ et du point d'intersection (face) par la parallèle à l'axe des $2\omega$

menée du point $s_l$. Sans pouvoir entrer dans le détail, (existence théorique de deux raies satellites) cette contribution à la raie satellite diminue en fonction de $2\theta$ et disparaît pour un angle $2\theta_\lambda$ tel que le minimum de la courbe relative à la face devienne tangente à la courbe relative au dos. Cet angle $2\theta_\lambda$ se détermine soit graphiquement, soit par l'équation suivante montrant que $2\theta_\lambda$ est uniquement fonction du rapport $R/a$ :

$$\frac{\rho \sin 2\theta_\lambda}{\left(\frac{R^2}{a^2}+\frac{2R}{a}\cos 2\theta_\lambda+1\right)} \times \left\{\sqrt{\left(\frac{R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)^4+2\left(\frac{R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)^2\left[1-\left(\frac{2R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)\cos 2\theta_\lambda\right]+\sin^2 2\theta_\lambda\left[1-\left(\frac{2R}{a}+\cos 2\theta_\lambda\right)^2\right]} - \left[\frac{R^2}{a^2}+\frac{4R}{a}\cos 2\theta_\lambda-1)-4\cos 2\theta_\lambda+3\right]\right\}=0.$$

$R/a$ variant de 1 à 0 ($a=\infty$, cas jamais réalisé), l'angle $2\theta_\lambda$ passerait de 90° à 60°. Avec les chambres françaises de rayon 3,82 et $5^{cm},72$. ($a=5$ et $7^{cm}$) $2\theta_\lambda$ prendrait respectivement pour valeurs, 79° et 85°.

3° Si $s_l > s_M$, la raie satellite peut disparaître (bâtonnet presque transparent).

Une diminution du diamètre $\rho$ du bâtonnet entraînerait simultanément une variation proportionnelle des ordonnées ($s_M=2\rho$) et des abscisses (domaine total $\Delta 2\omega=(2\rho/R\sqrt{(R^2/a^2)+(2R/a)\cos 2\theta+1})$ des courbes $s=\varphi(2\omega)$, rendant imperceptible ou inexistante la raie satellite.

Le point de la fente se déplaçant de l'extrémité F′ à l'extrémité F, le système de courbes $s=\varphi(2\omega)$ se translate simplement le long de l'axe des $2\omega$ d'une distance égale à celle du centre des ellipses le long du même axe, c'est-à-dire de $2f/a$. La raie satellite s'élargit. Le domaine laissé à la variation du chemin limite $s_l$ compris entre le minimum de la courbe relative au point F et le point d'intersection de la branche fixe de F′(dos), avec la partie mobile de la courbe de F (face), diminue jusqu'à s'annuler quand $f$ augmente. Au moment de la rencontre, le bord externe de la raie satellite, relevant de F, se confond avec le bord interne de la raie principale et la raie satellite formerait un plateau d'intensité bordant latéralement la raie principale. Une ouverture de fente supérieure au diamètre du bâtonnet (double) serait favorable à une homogénéisation apparente de la raie.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'existence d'un maximum secondaire dans la courbe de transition des gerbes photoélectroniques.* Note (*) de MM. **Roland Maze** et **Tsai-Chü**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le développement des gerbes photoélectroniques dépend du rayonnement par freinage de l'électron et de la matérialisation du photon. C'est le méca-

(*) Séance du 6 décembre 1950.

nisme fondamental de la théorie des cascades. La théorie, dans ses présentes approximations, peut prévoir les résultats expérimentaux très satisfaisants pour l'énergie de particules bien supérieure à l'énergie critique. La dégradation d'énergie à la fin d'une cascade produit une quantité considérable d'électrons et de photons de faible énergie. Les électrons sont absorbés par ionisation, mais les photons d'une énergie comprise entre 1 et 10 MeV, c'est-à-dire dans la région du minimum d'absorption, peuvent pénétrer encore quelques centimètres de plomb et prolonger les cascades. C'est l'explication de Cocconi et Greisen (1) sur le pouvoir pénétrant des particules dans les gerbes d'Auger.

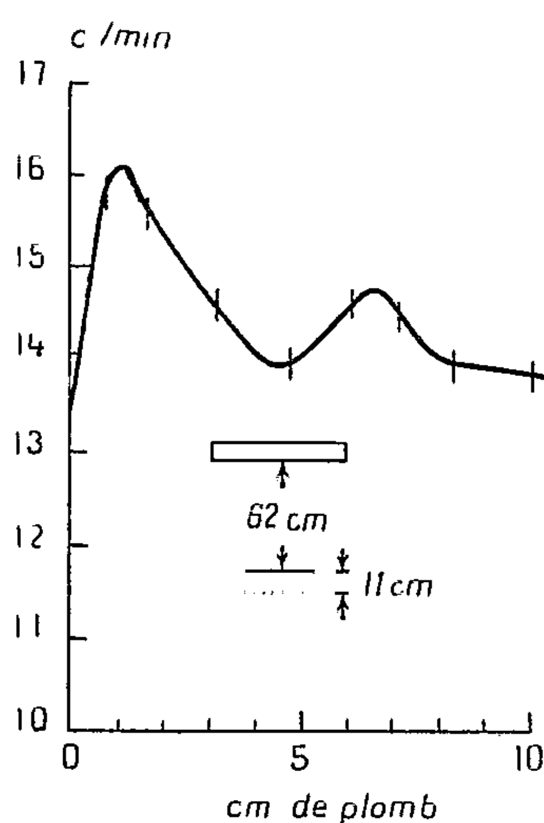


Fig. 1.

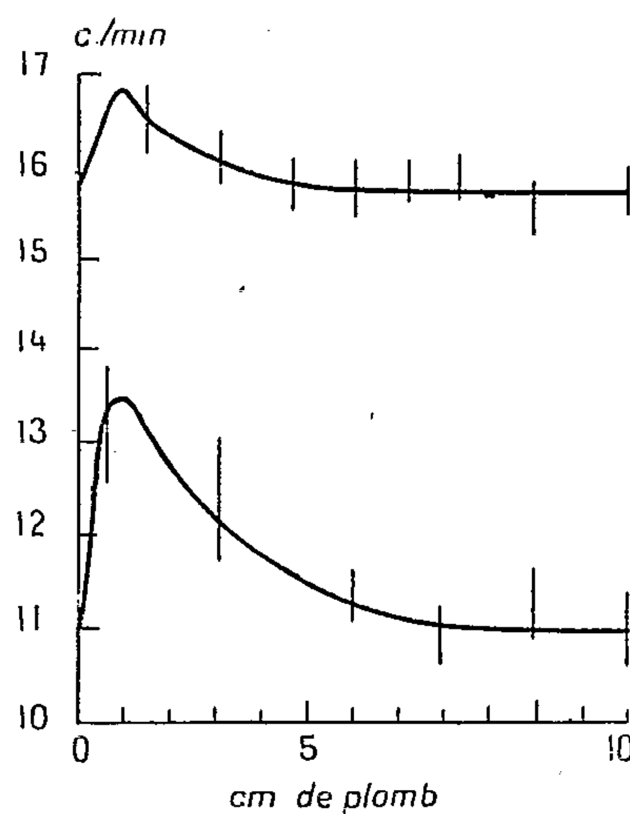


Fig. 2.

Un dispositif semblable à celui de Bothe et Thurin (2) a été adopté pour étudier les paires de particules produites à la sortie du plomb. Il est constitué par deux bancs croisés de 12 compteurs à coque externe en verre mince ($0^{mm},8$ d'épaisseur) cloisonnés par des bandes d'aluminium faisant fonction d'écran électrostatique ($0^{mm},6$ d'épaisseur). Les compteurs non voisins dans chaque banc sont mis en parallèle et l'on compte les coïncidences quadruples. L'écartement des bancs et la distance au plomb est réglée pour rendre le détecteur particulièrement sensible à des paires de particules tombant plus ou moins verticalement avec un angle d'ouverture d'environ 4°. Le plomb couvre une surface constante ($75 \times 75^{cm^2}$) et il est supporté par deux poutrelles d'acier en U ($8^{mm}$ d'épaisseur) laissant ainsi à l'air libre les trois quarts de la surface inférieure.

Pour éviter les perturbations atmosphériques, et des changements des

(1) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1063 et 1071.

(2) *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 544.

conditions de l'appareil, nous avons croisé les points toutes les heures. La courbe de transition (*fig.* 1) qui représente le résultat total de quatre séries de mesures parfaitement cohérentes, nous indique un deuxième maximum vers $6^{cm}$ Pb, soit environ $2^{cm}$ après le minimum. Son amplitude par rapport au fond est de 5 %, l'erreur statistique des points de 1 %. En mettant $6^{mm}$ d'Al (*fig.* 2, courbe 2) au-dessus des bancs, ou encore $4^{mm}$ de Pb (*fig.* 2, courbe 1) entre les bancs, le maximum est entièrement effacé. L'augmentation du fond dans le cas de l'aluminium est due à la production locale des électrons de choc, et la diminution dans le cas du plomb provient d'une absorption. Un électron de 5 MeV peut avoir un parcours de $8^{mm}$ d'Al ([3]) ou $3^{mm}$ de Pb ([4]). Il est évident que ce maximum doit être dû à la matérialisation des photons produits à la fin des cascades et traversant le plomb avec un parcours moyen de deux centimètres.

Le deuxième maximum à $15^{cm}$ Pb observé par d'autres expérimentateurs ([5]), ([6]), ([7]) provient donc de particules pénétrantes d'une autre nature qu'ici. La position de notre maximum secondaire varie peut-être avec le spectre d'énergie des primaires, les angles définis par le détecteur, le nombre et l'énergie des particules exigées. Nous préciserons cela plus tard.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Méthode géométrique pour calculer la diffusion en arrière des particules.* Note de M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une plaque Ilford G5, imprégnée d'un corps radioactif β, est développée puis, avec un microscope à projection, on relève les projections horizontales de N trajectoires de particules β émises dans l'émulsion dans des directions soumises au hasard.

Si N est assez grand, cet échantillonnage de N projections peut servir à calculer géométriquement la diffusion en arrière qu'on observerait si une couche infiniment mince d'atomes radioactifs était placée sur un plan vertical de trace XY (*fig.* 2) limitant, d'un côté le vide, de l'autre un écran d'émulsion d'épaisseur supérieure au parcours maximum des particules.

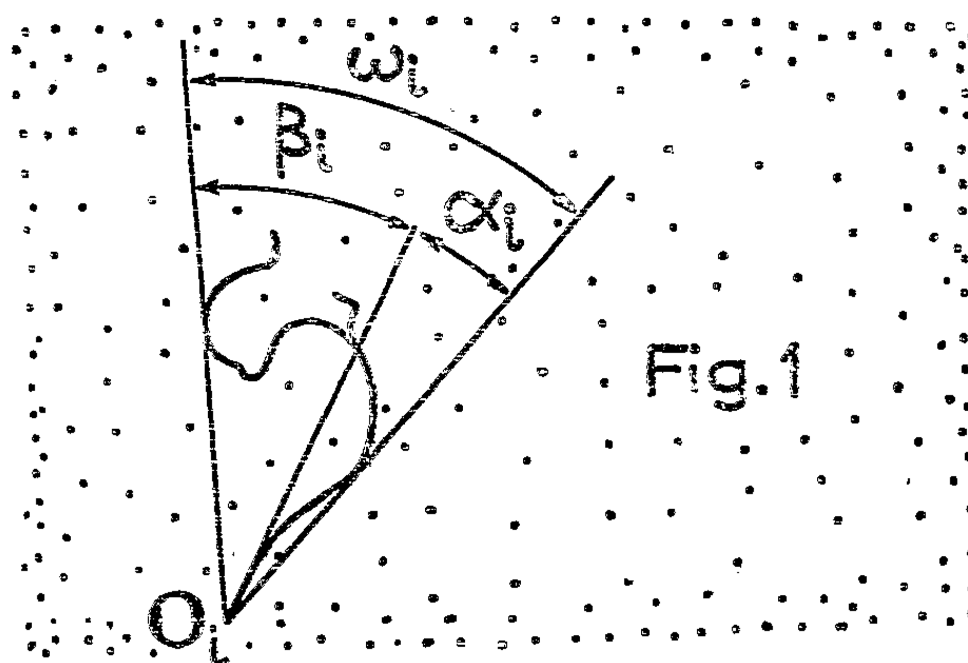
La figure 1 représente la projection de la $i^{ème}$ trace observée. La tangente à l'origine forme avec les tangentes extrêmes issues de l'origine $O_i$ des angles $\alpha_i$ et $\beta_i$; les tangentes extrêmes forment entre elles un angle $\omega_i = \alpha_i + \beta_i$. Nous

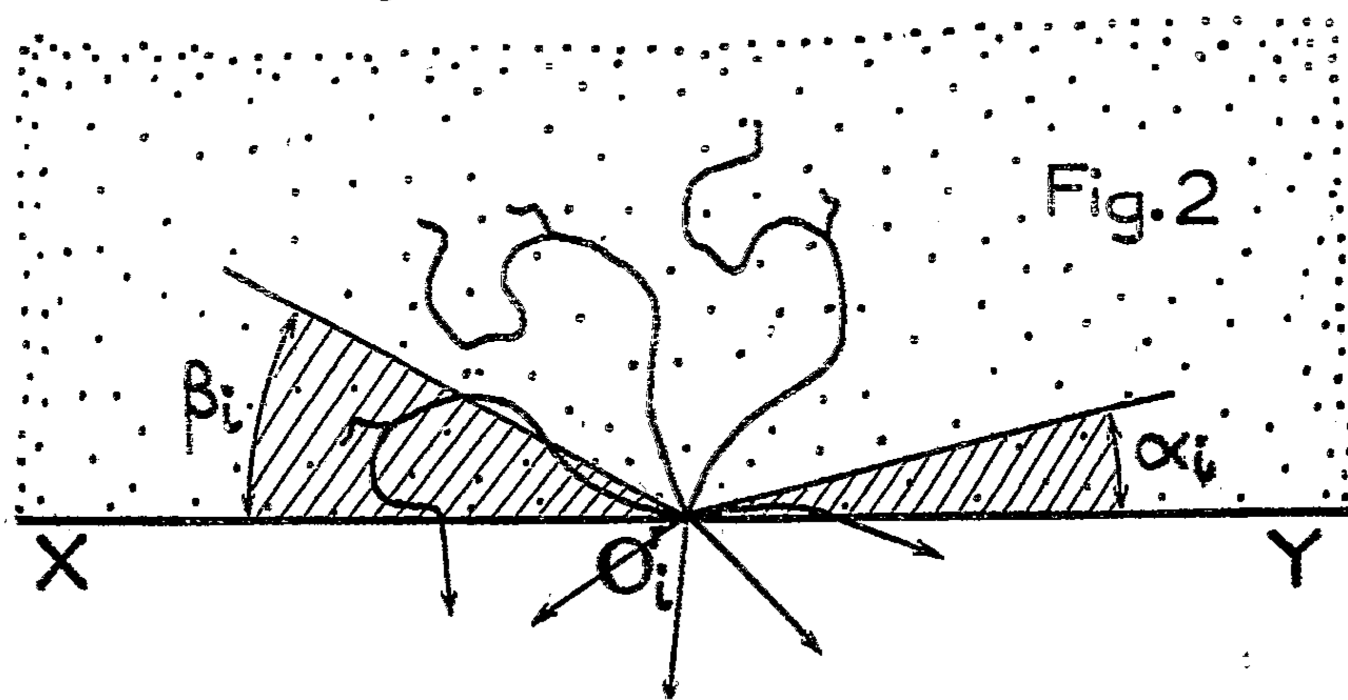
([3]) D. J. X. Montgomery, *Cosmic Ray Phys.*, Princeton, 1949, p. 356.
([4]) W. Heitler, *Quantum Theory of Radiation*, Oxford, 1944, p. 223.
([5]) W. Bothe, *Rev. Mod. Phys.*, 11, 1939, p. 283 et les références dans cet article.
([6]) J. Clay, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 94.
([7]) T. Kameda et I. Miura, *Prog. Theo. Phys.* Japan, 5, 1950, p. 323.

associerons encore à la trace $i$ un angle $\theta_i$ défini par la relation suivante :

$$\theta_i = \omega_i \quad \text{si} \quad \omega_i \leqq \pi; \qquad \theta_i = \pi \quad \text{si} \quad \omega_i > \pi.$$

Amenons par translation la trace $i$ à avoir son origine en $O'_i$ sur XY (*fig.* 2). Remplaçons maintenant la trace $i$ par P traces se déduisant d'elle par des rotations successives d'angle $2\pi/P$ autour de la verticale de trace $O'_i$ ; P étant le même nombre, faisons ces deux opérations pour toutes les N traces de l'échantillonnage.




Aucune sélection arbitraire n'est introduite, nous tirerons même un plus grand profit de l'échantillonnage initial qui est maintenant remplacé par NP traces, toutefois la précision n'augmentera pas indéfiniment car, sur ces NP traces, il n'y en a que N qui soient complètement indépendantes.

Sur la figure 2 on voit immédiatement quelles sont les traces qui, émises du côté de la matière (zone pointillée), traversent le plan XY et donnent lieu ainsi au phénomène de diffusion en arrière : en ce qui concerne les traces déduites de la trace $i$, cela se produit chaque fois que la direction initiale (en projection) est dans un des secteurs hachurés. Si $\omega_i = \alpha_i + \beta_i$ est supérieur

à $\pi$, ces secteurs empiètent l'un sur l'autre et il y a toujours renvoi en arrière.

On a la meilleure précision possible en faisant croître indéfiniment P; le tableau ci-dessous donne les probabilités :

| | Traces déduites de $i$. | Ensemble des traces. |
|---|---|---|
| Émission dans le vide | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| Arrêt dans la matière | $\frac{1}{2}-\frac{\theta i}{2\pi}$ | $\frac{1}{2}-\frac{\theta}{2\pi}$ |
| Diffusion en arrière | $\frac{\theta i}{2\pi}$ | $\frac{\theta}{2\pi}$ |

$\theta$ désignant la valeur moyenne des angles $\theta_i$ pour les N projections relevées. *On voit que $\theta$ est lié par une relation simple à la diffusion en arrière par un écran plan d'épaisseur infinie.*

Ayant mesuré 30 traces de particules $\beta$ du ThB dans l'émulsion, nous avons trouvé $\theta = 86^\circ \pm 6^\circ$ ce qui permet de calculer, le milieu diffusant étant un écran infiniment épais d'émulsion, une probabilité de diffusion en arrière égale à $0,24 \pm 0,02$.

Inversement, bien qu'on ne puisse observer une trajectoire individuelle sur toute sa longueur que si le milieu ralentissant est l'émulsion ou le gaz d'une chambre de Wilson, la mesure de la probabilité de diffusion en arrière, par exemple grâce à une technique de compteurs, permet de connaître $\theta$ pour n'importe quelle substance, par exemple Al, Cu, Pb. etc.

La méthode géométrique et les conclusions que nous en avons tirées ne dépendent pas de la nature du groupe de particules en cause : électrons monocinétiques, $\beta$ d'un spectre continu, ou même particules changeant de nature au cours de leur trajectoire dans la matière.

On voit aussi que des figures très analogues à la figure 2 permettraient d'étudier la diffusion en arrière quand la couche radioactive est épaisse ou quand l'épaisseur de l'écran diffusant est inférieure au parcours maximum des particules dans la matière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constante d'équilibre de deux complexes cuivriques du glycocolle.* Note (*) de M^lle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

La constante d'équilibre du complexe contenant un groupement glycocolle pour un atome Cu a été déterminée à partir de mesures spectrophotométriques et électrométriques faites à deux pH différents, la formule de l'ion complexe correspondant est $Cu(NH_2CH_2COO)^+$. La variation de la constante du complexe contenant deux groupements glycocolle en fonction de la concentration fait supposer l'existence d'un troisième complexe.

Dans une étude spectrophotométrique des solutions $SO_4Cu$-glycocolle, j'ai

(*) Séance du 18 décembre 1950.

mis en évidence en appliquant la méthode des variations continues de P. Job [1] l'existence de deux complexes. L'un, constitué par un atome Cu et une molécule de glycocolle, prédominant aux pH inférieurs à 3,0; l'autre, formé d'un atome Cu et de deux molécules de glycocolle, seul présent aux pH supérieurs à 6,2; pour les pH intermédiaires les deux complexes coexistent [2].

L'équilibre de chacun de ces complexes peut être représenté par

$$(1)\qquad Cu^{++} + nR^{\pm} \rightleftharpoons CuR_n + \gamma H^+,$$

où $R^{\pm}$ désigne l'ion mixte du glycocolle. La quantité fixée R par un atome Cu contient $n$ ($n = 1$ ou $n = 2$) groupements $NH_2CH_2COO$ et $(n - \gamma)$ atomes H.

L'application de la loi d'action des masses à cet équilibre donne, à force ionique constante

$$(2)\qquad \frac{(Cu^{++})(R^{\pm})^n}{(CuRn)} = k_n[H^+]^{\gamma} = k'_n,$$

où les quantités entre parenthèses représentent les concentrations, celle entre crochets l'activité; $k'_n$ est une constante apparente dépendant du pH, qui peut être calculée si l'on détermine la concentration des divers constituants de la solution.

La concentration des ions $Cu^{++}$ libres est déterminée à partir des mesures, à 0,1 mV près sous azote, des f. é. m. $E_I$ et $E_{II}$ des chaînes I et II, le pH étant ajusté à 0,02 près pour toutes les valeurs de $x$ ($0 < x < 1$).

I amalg. Cu (2 phases) | $SO_4Cu$ 0,02$x$M; $SO_4K_2$ 0,268 M || KCl sat. $Hg_2Cl_2$ | Hg;

II amalg. Cu (2 phases) | $SO_4Cu$ 0,02$x$M; glycocolle 0,02$(1 - x)$ M;
$SO_4K_2$ 0,268 M || KCl sat. $Hg_2Cl_2$ Hg.

La force ionique étant la même dans les solutions I et II, la différence $E_I - E_{II}$ permet de calculer la concentration $(Cu^{++})$.

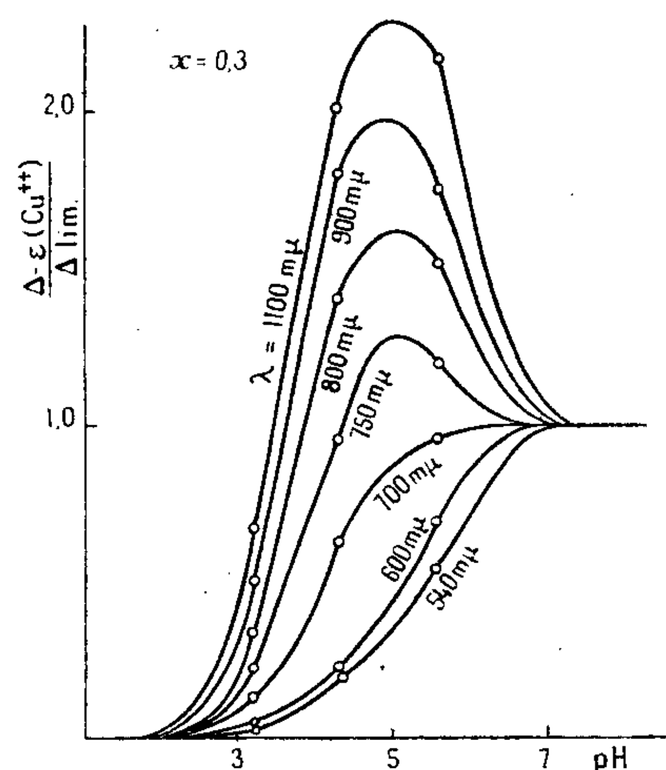
La concentration du complexe $CuR_2$, seul existant aux pH élevés, est déterminée, à partir des courbes d'absorption, par la méthode indiquée par P. Job [3] dans l'étude des complexes du cobalt. Pour cela on construit, à concentration en cuivre et en glycocolle constantes, les variations de la densité optique $\Delta$ en fonction du pH pour différentes longueurs d'onde $\lambda$. On constate que, quelle que soit la longueur d'onde, $\Delta$ tend vers une valeur limite $\Delta_{lim}$ lorsque l'acidité diminue; on peut alors calculer, pour chaque valeur de $\lambda$ les variations du rapport $z = [\Delta - \varepsilon(Cu^{++})]/\Delta_{lim}$ en fonction du pH, où $\varepsilon(Cu^{++})$ est l'absorption due aux ions $Cu^{++}$ libres. On obtient le réseau de courbes représenté figure 1.

Pour des faibles valeurs de $\lambda$, la courbe ne présente pas de maximum,

---

[1] *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113.
[2] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1228.
[3] *Ann. Chim.*, (11), 6, 1936, p. 97.

on peut donc admettre qu'elle correspond uniquement à l'absorption du $CuR_2$; elle permet de calculer la teneur de la solution en ce composé (¹).




Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus; les concentrations étant en millimolécules-grammes par litre :

| $x$ | 0,1. | 0,2. | 0,3. | 0,4. | 0,5. | 0,6. | 0,7. | 0,8. | 0,9. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pk'_1$ (pH 3,2) | 1,356 | 1,370 | 1,358 | 1,352 | 1,358 | 1,352 | 1,358 | 1,370 | 1,356 |
| $pk'_1$ (pH 4,3) | 2,34 | 2,28 | 2,28 | 2,27 | 2,30 | 2,27 | 2,29 | 2,39 | (2,49) |
| $pk'_2$ (pH 4,3) | 3,69 | 3,84 | 3,99 | 4,06 | 4,20 | 4,31 | 4,56 | 4,91 | 5,99 |

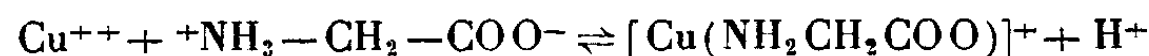
On voit que, à pH 3,2, $pk'_1$ est remarquablement constant (moy. $1{,}36 \pm 0{,}01$); à pH 4,3, la constante est un peu moins bonne (moyenne $2{,}30 \pm 0{,}03$). *L'écart existant* entre les valeurs moyennes de $pk'_1$, à ces deux pH permet de déterminer le facteur $\gamma$ d'après (2); le calcul donne $\gamma = 0{,}9 \pm 0{,}14$.

L'équilibre du complexe 1-1 exprime donc par

$$Cu^{++} + {}^{+}NH_3-CH_2-COO^- \rightleftharpoons [Cu(NH_2CH_2COO)]^+ + H^+$$

et la constante apparente de cette réaction est $pk_1 = -1{,}84$.

La dernière colonne du tableau ci-dessus montre que $pk'_2$ varie en fonction de $x$ et d'autant plus rapidement que $x$ est plus voisin de 1; ce qui fait supposer qu'il doit exister un troisième complexe.



(¹) Pour les valeurs supérieures à $x = 0{,}3$, il y a précipitation du cuivre aux pH élevés. $\Delta_{lim}$ ne peut donc être mesuré, mais peut être calculé en remarquant que dans ces conditions seul le composé $CuR_2$ existe et qu'il suit la loi de Beer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence d'un processus de germination dans l'oxydation ménagée du fer aux températures élevées.* Note de MM. Jean Bardolle et Jacques Bénard, présentée par M. Albert Portevin.

Plusieurs observations antérieures ont montré à l'un de nous (¹) l'influence de l'état de surface du fer sur la vitesse d'oxydation de ce métal aux températures élevées. Ceci avait prouvé que la constitution du film d'oxyde formé dans les premiers instants orientait l'évolution de l'ensemble de la réaction, sans qu'il ait été possible de préciser la nature de cette influence.

Il s'agissait tout d'abord de savoir si la réaction intéresse à l'origine l'ensemble de la surface du métal ou si elle s'amorce au contraire en des points privilégiés de celle-ci. Sous la pression atmosphérique vers 850°, la vitesse de la réaction d'oxydation est trop grande pour qu'il soit possible d'en analyser le début. Nous avons pu réaliser cette étude en opérant sous pression réduite d'oxygène par l'une quelconque des méthodes suivantes :

1° Oxydation sous azote contenant des traces d'oxygène.

2° Oxydation sous vide peu poussé ($10^{-2}$ à $10^{-3}$ mm de mercure).

3° Oxydation sous vide poussé à proximité d'un oxyde ou d'un métal incomplètement désoxydé.

Les résultats qui suivent ont été obtenus soit sur du fer pur électrolytique, soit sur du fer Armco. Tous les échantillons soumis à l'oxydation avaient subi au préalable un polissage électrolytique suivi d'un chauffage prolongé sous vide excellent destiné à stabiliser leur état de cristallisation.

Après une oxydation ménagée de plusieurs heures à 850°, on constate que la surface de métal s'est recouverte de nombreux germes d'oxyde répartis à peu près uniformément sur chaque cristal (*fig.* 1). La densité superficielle de ces germes (nombre de germes par unité de surface) est très variable d'un cristal à l'autre et certains cristaux en sont déjà recouverts, alors que d'autres n'en comportent qu'un très petit nombre. Leurs dimensions moyennes sont variables d'un cristal à l'autre et généralement d'autant plus grandes que leur densité superficielle est plus faible.

Lorsqu'on examine la surface aux plus forts grossissements, on constate (*fig.* 2) que la majeure partie de ces germes présentent des contours géométriques. Les formes sont d'autant plus parfaites que l'oxydation a été plus lente et l'obtention de germes bien cristallisés est assez délicate. Lorsque la pression d'oxygène augmente, les germes tendent à devenir plus nombreux, mais leurs formes cristallines sont de moins en moins nettes.

Sur un cristal déterminé, les germes présentent un petit nombre de formes bien définies. Toutes les formes identiques possèdent la même orientation,

(¹) J. Bénard et O. Coquelle, *Rev. Métallurg.*, 44, 1947 p. 82; J. Bénard et J. Talbot, *Ibid.*, 45, 1948, p. 83-85.

compte tenu du jeu des éléments de symétrie du cristal sous-jacent. Lorsqu'on passe d'un cristal à un autre, les germes de même forme présentent des changements de direction qui sont fonction de l'orientation relative de ces deux

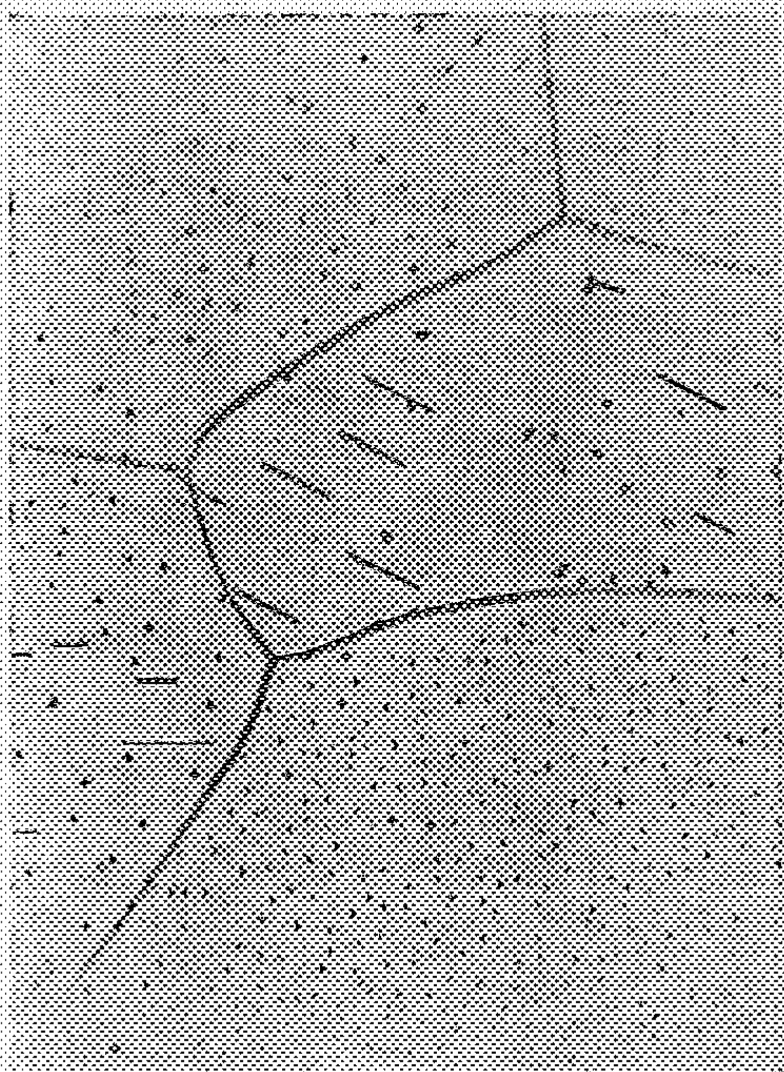


Fig. 1. × 375.

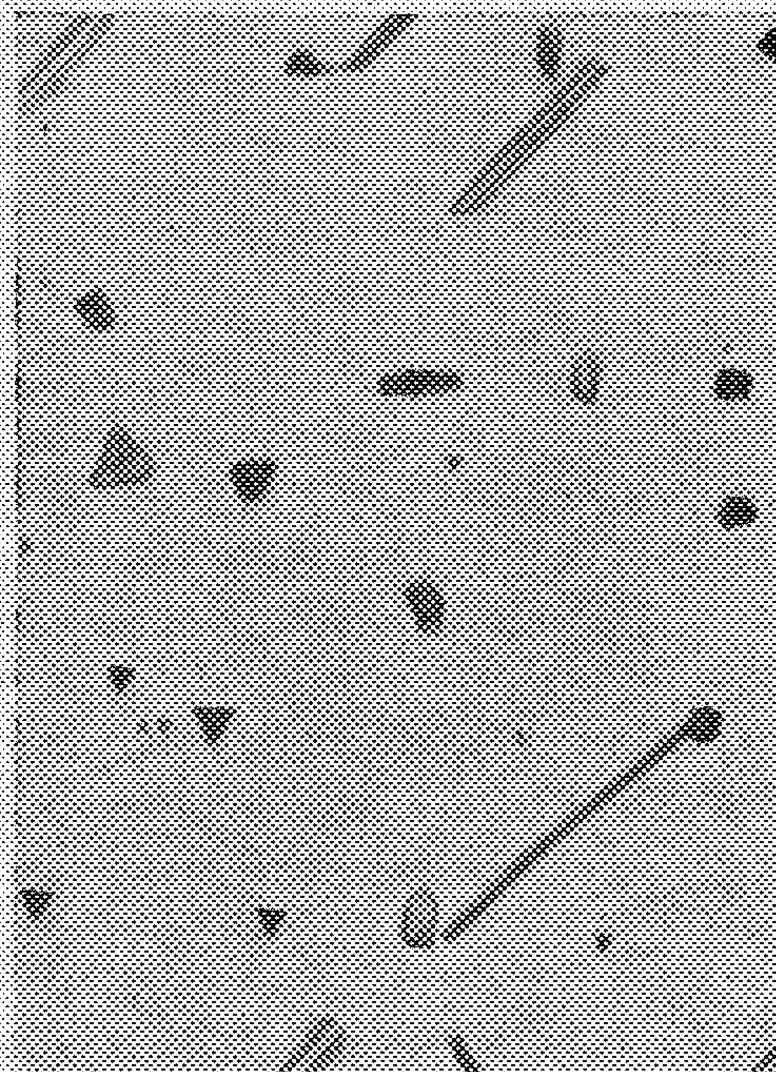


Fig. 2. × 1600.

cristaux. Ceci prouve que l'orientation du réseau cristallin de l'oxyde formé dans ces conditions est en relation étroite avec celle du métal sur lequel il prend naissance.

Nous poursuivons ces essais afin de déterminer si la relation entre l'orientation du métal et son comportement à l'égard de la germination n'est pas susceptible de justifier des inégalités de la vitesse d'oxydation des différentes faces cristallines.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les carbones graphitisables et non-graphitisables.* Note (*) de M^lle ROSALIND E. FRANKLIN, présentée par M. Gustave Ribaud.

On sait que certains carbones chauffés à des températures entre 2000 et 3000°C forment du graphite, tandis que d'autres n'en forment pas. Le présent travail a pour but de trouver quels sont les principaux facteurs qui déterminent la graphitisabilité d'un carbone et d'essayer, par la suite, de comprendre le mécanisme de la graphitisation.

On a étudié aux rayons X les structures des carbones de diverses origines

(*) Séance du 3 janvier 1951.

préparés entre 1000 et 3000° C. Les méthodes de mesure et d'interprétation des diagrammes sont décrites ailleurs ([1]), ([2]).

On trouve que tous les carbones contiennent de petits feuillets de structure graphitique parfaite. Ces feuillets sont groupés en petits paquets à l'intérieur desquels ils sont parallèles et uniformément écartés. On désignera par *carbones non-graphitiques* les carbones dans lesquels ces paquets de feuillets parallèles ne montrent pas d'ordre à trois dimensions. Les feuillets sont désorientés, par rapport à la structure cristalline du graphite, par une translation ou une rotation parallèle à leur plan.

Quand on chauffe *certains* carbones non-graphitiques, on observe, entre 1700° et 3000° C, une transformation progressive vers la structure du graphite. On appellera :

*carbones graphitiques*, les carbones qui montrent une structure intermédiaire entre la structure cristalline parfaite du graphite et la structure des carbones non-graphitiques.

*carbones graphitisables*, les carbones non-graphitiques qui se transforment, à haute température, en carbones graphitiques.

*carbones non-graphitisables*, les carbones non-graphitiques qui, chauffés à 3000° C, ne montrent aucune trace de développement homogène de la vraie structure graphitique.

Parmi les carbones préparés à 1000° C, qui sont tous *non-graphitiques*, le diamètre, L, des feuillets varie entre 12 et 20 Å et le nombre apparent M de feuillets par paquet parallèle varie de 2 à 4,5. Les carbones *non-graphitisables* sont ceux qui ont les plus petites valeurs de M.

En outre, les carbones *non-graphitisables* montrent toujours, aux rayons X, une diffusion aux petits angles très forte et très étalée. Dans les carbones *graphitisables* préparés à 1000° C la diffusion aux petits angles est facilement visible mais beaucoup plus faible et plus restreinte.

En chauffant au delà de 1000°, L et M augmentent pour tous les carbones. Mais le rapport entre L et M, ainsi que la température nécessaire pour atteindre une valeur donnée de L ou de M, varient d'un carbone à l'autre dans les limites très larges.

Dans la figure 1 les points groupés autour de la courbe supérieure représentent les carbones *non-graphitisables* (charbon de sucre, houilles riches en oxygène, résidu de la pyrolyse du chlorure de polyvinylidène). Les points expérimentaux représentent des échantillons préparés à des températures situées entre 1000° et 3000° C. L n'augmente pas au delà de 70 Å ni M au delà de 12.

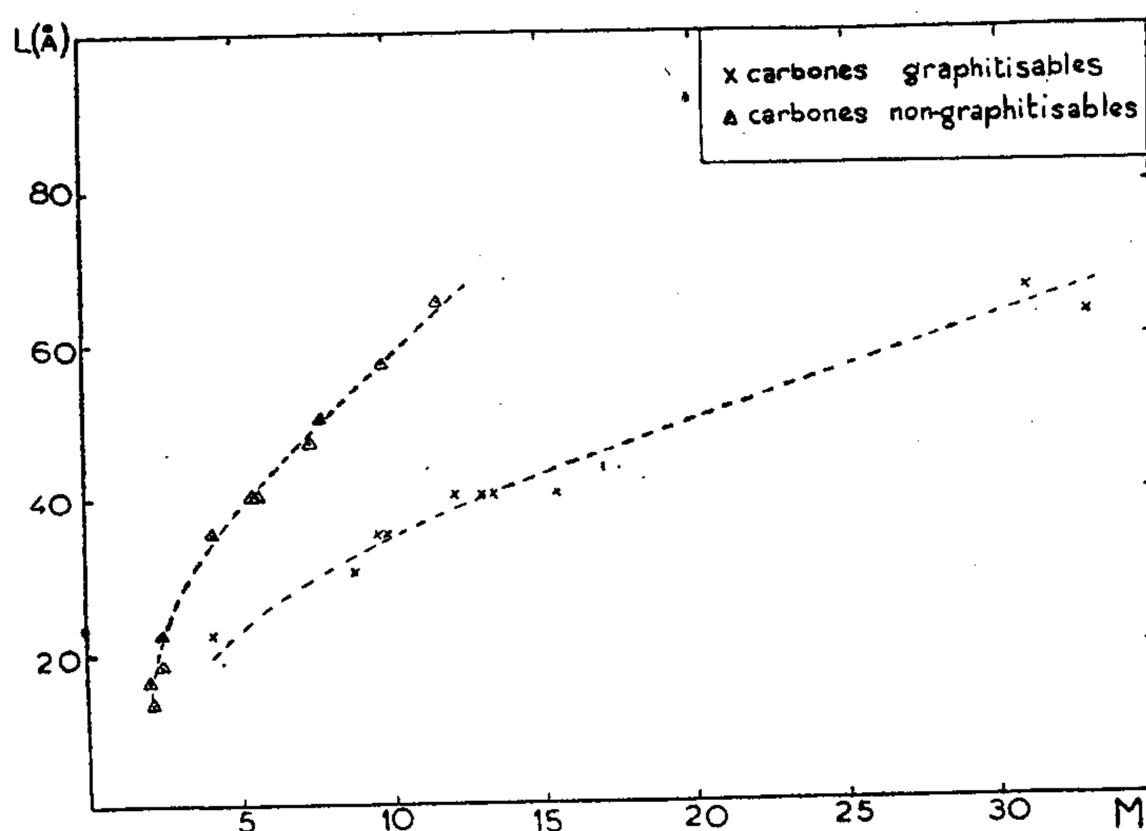
La courbe inférieure représente les carbones *graphitisables* (coke de pétrole,

---

([1]) *Acta Crystallographica*, 3, 1950, p. 107.

([2]) *Acta Crystallographica* (sous presse).

coke de brai, houilles cokéfiantes, résidu de la pyrolyse du chlorure de polyvinyle). Les points expérimentaux représentent des échantillons chauffés entre 1000° et 1720° seulement. A 1720° L a déjà atteint 70 Å et M est d'environ 30. A des températures plus élevées, L et M croissent rapidement et la graphitisation commence et se développe.




La grande diffusion aux petits angles des carbones non graphitisables montre que ces carbones ont une porosité fine importante. Cette porosité résulte de la formation à basse température (en dessous de 500° C) d'une structure rigide et ouverte dans laquelle de fortes liaisons latérales lient les petits paquets de feuillets entre eux et empêchent le réarrangement qui serait nécessaire pour former un carbone compact.

Les études chimiques de J. Maire ([3]) apportent une confirmation importante de l'existence de fortes liaisons latérales dans les carbones non graphitisables, liaisons qui empêchent les feuillets de s'écarter pour former de l'acide graphitique.

Des mesures de la diffusion aux petits angles de la série de carbones préparés par pyrolyse du chlorure de polyvinylidène entre 1000 et 3000° confirment que la non-graphitisabilité de ce carbone est liée à sa structure poreuse. On trouve que le diamètre apparent des *particules*, est partout très voisin du diamètre, L, des feuillets. Ceci montre que les particules sont probablement monocristallines, la croissance des feuillets étant limitée par les trous qui les entourent.

En résumé, pour qu'un carbone puisse former, à haute température, du graphite, il faut qu'il y ait bon contact entre les petits feuillets de structure graphitique qui se forment à basse température.

---

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 61.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur le carbure de lanthane.* Note (*) de M. **Jacques de Villelume**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le carbure de lanthane a été préparé, comme le carbure de cérium, par Moissan ([1]) et ses collaborateurs. Il s'attaque par l'eau liquide en donnant des carbures acétyléniques, éthyléniques et saturés et une petite quantité de produits solides et liquides ([2]).

De même que nous avons fait antérieurement pour le carbure de cérium, nous avons examiné l'action de la vapeur d'eau sur le carbure de lanthane au-dessous de 500° C; l'action de la vapeur d'eau entre 600° C et 800° C a fait l'objet de quelques essais effectués par Tischenko ([3]).

Le carbure de lanthane a été préparé par action du carbone pur en poudre sur l'oxyde de lanthane à 2000° C en atmosphère d'hydrogène. On obtient après refroidissement, broyage et lévigation dans le xylène (pour séparer la plus grande partie du graphite), un produit ayant la composition suivante : carbone total 18,8 %, carbone combiné 13,8 %, lanthane 81 %. Ces proportions correspondent à 95 % de $LaC_2$ et 5 % de carbone libre.

Les résultats de l'analyse des gaz dégagés dans l'attaque par la vapeur d'eau depuis 20° C jusqu'à 500° C sont consignés dans le tableau suivant (tableau I); les pourcentages sont rapportés au poids de carbone combiné initial.

Tableau I.

| Température (°C) | 20. | 150. | 200. | 300. | 400. | 500. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Acétyléniques (%) | 13,7 | 13,7 | 13,2 | 12,6 | 10,4 | 9,6 |
| Éthyléniques (%) | 4,7 | 4,7 | 4,5 | 4,3 | 3,6 | 3,3 |
| Saturés (%) | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |

Les gaz formés à 200°C ont fait l'objet d'une analyse spéciale par fractionnement qui a donné la composition ci-dessous.

Tableau II.

| | |
|---|---|
| Méthane | 23 |
| Éthane | 7 |
| Propane | 1,6 |
| Acétylène et éthylène | 5 |
| Acétyléniques et éthyléniques supérieurs | 13 |

(*) Séance du 3 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 148.

([2]) Damiens, *Thèse*, Pharmacie, Paris, 1913.

([3]) *D. R. P.*, 346065, 1921.

Il apparaît aussi des produits solides en proportions importantes; ce sont des composés fortement condensés, car ils sont infusibles et peu solubles. Ils sont mélangés à l'oxyde $La_2O_3$ qui se forme au cours de l'attaque.

Le carbone qu'ils contiennent représente 50 % du carbone combiné initial lorsque l'attaque est effectuée à 200° C.

Dans la masse solide formée, on a finalement 10,5 % de carbone, 83 % de $La_2O_3$ et de l'eau d'absorption qu'on peut éliminer en partie par séchage sous gaz inerte à 120° C (2 %).

En rapprochant ces résultats de ceux que nous avons obtenus antérieurement avec les carbures de calcium et de cérium, on constate que tous ces composés ([4]), ([5]) donnent des produits de réaction analogues, carbures saturés et non saturés gazeux et des composés solides. Le taux de produits solides diminue quand on passe de $C_2Ca$ à $C_2La$ et de $C_2La$ à $C_2Ce$; le taux de carbures gazeux augmente dans les mêmes proportions.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse spectrographique des couches métalliques superficielles obtenues par diffusion thermique du chrome dans le fer et l'acier.* Note de M^lle **Frima Malamand**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour l'étude expérimentale de la diffusion du chrome dans les couches obtenues par chromage thermique en phase vapeur ([1]) du fer et de l'acier, nous avons mis au point :

*a.* Une méthode de dosage spectrographique du chrome entre 10 et 50 % dans un alliage binaire Fe-Cr;

*b.* Une méthode d'analyse spectrographique superficielle combinée au polissage électrolytique permettant environ vingt dosages de Cr en profondeur sur une épaisseur totale de $0^{mm},1$.

Le dosage du chrome se faisait d'ordinaire jusqu'à des teneurs ne dépassant pas 30 %; nous avons effectué le dosage dans des alliages binaires Fe-Cr, contenant jusqu'à 50 % de Cr avec une précision satisfaisante tout en utilisant une attaque de l'étincelle de très faible pénétration; la méthode que nous avons mise au point permet l'analyse de couches minces, la matière n'étant arrachée que sur une profondeur de quelques microns seulement.

Des échantillons témoins Fe-Cr contenant environ 10, 20, 30, 40 et 50 % de Cr, obtenus par coulée, homogénéisés par traitement thermique et analysés chimiquement, sont soumis à l'analyse spectrographique en opérant un déplacement automatique de l'échantillon parallèlement à l'axe optique du spectro-

([4]) De Villelume, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1142.
([5]) De Villelume, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1497.

([1]) P. Galmiche, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 89-91.

graphe avec une vitesse de 0,5 mm/sec; on utilise une contre-électrode fixe en argent à section plane de 2mm de diamètre. L'échantillon est déplacé afin de limiter au minimum l'attaque locale de l'étincelle. L'étincelle intéresse ainsi une plus grande surface, ce qui permet d'éviter les erreurs dues aux inhomogénéités. Enfin, la contre-électrode d'argent permet une référence supplémentaire.

L'excitation se fait par une étincelle commandée sous 10 000 V; la capacité est de 1 500cm et la self de 80 μH; on utilise un spectrographe QU 24 U. V. de Zeiss et des plaques rapides U. V. spectroguil; les poses sont de 20 secondes sans flambage. La distance des électrodes est de 1mm, la largeur de la fente du spectrographe : 35μ. Avec les teneurs en Cr comprises entre 10 et 50 %, les couples de raies photométrées : Fe II 2599,39 Å, Cr II 2677,15 Å et Ag I 3280,68 Å, Cr II 3132,05 Å donnent chacun une droite de dosage pour laquelle la pente est voisine de 45°. L'erreur quadratique moyenne calculée pour 45 analyses est de ± 2,3 % pour le couple Fe-Cr et de ± 4 % pour le couple de raies Ag-Cr, valable pour toute l'échelle des concentrations.

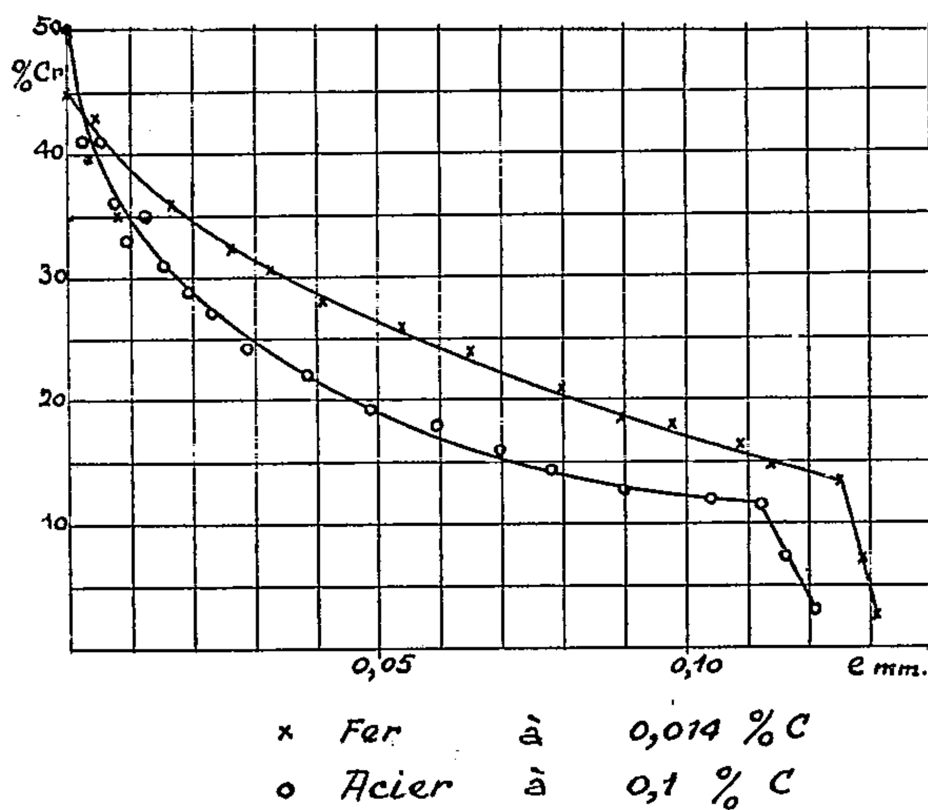


Fig. 1.

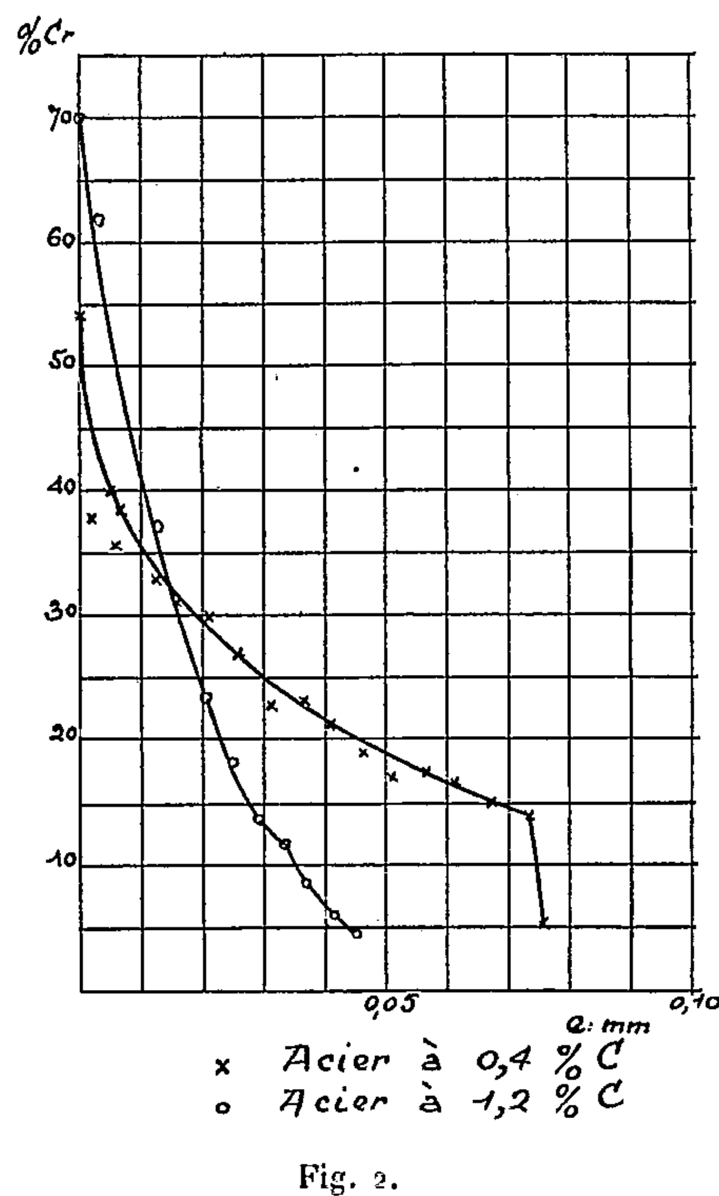


Fig. 2.

Des échantillons de fer à 0,014 % de carbone et d'aciers à 0,1, 0,4 et 1,2 % de carbone, chromisés à 1075° durant 2 heures sont soumis à l'analyse spectrale dans les conditions que nous venons de décrire pour les témoins. Entre chaque enregistrement, l'échantillon subit un polissage électrolytique à froid dans un

bain 2/3 acide acétique et 1/3 acide perchlorique, sous un courant de 20 A/dm$^2$; l'épaisseur de la couche métallique enlevée par le polissage est calculée par la perte de poids subie par l'échantillon divisée par le produit de sa surface et de la densité, déduite de la composition. Cette épaisseur est d'environ $0^{mm},005$ après 30 secondes de polissage. Les enregistrements spectrographiques et les polissages électrolytiques sont poursuivis jusqu'à l'épuisement de la couche fer-chrome. Les courbes (1) et (2) donnent les proportions de chrome en fonction de la profondeur pour des teneurs en carbone différentes. Les courbes de la figure 1 sont tracées en se référant au couple Fe-Cr, les courbes de la figure 2 au couple Ag-Cr afin d'éviter l'effet ternaire du carbone, c'est-à-dire l'erreur que l'on fait si l'on compare sans précautions les alliages ternaires aux alliages binaires, erreur qui dans ce cas serait due à la concentration de carbure de chrome au voisinage de la surface.

Les courbes donnant les teneurs en chrome en fonction de l'épaisseur concordent avec les données théoriques de la diffusion du chrome dans les conditions techniques de la chromisation en phase vapeur (1100°) (2). Il a été calculé deux coefficients de diffusion différents à cette température : un correspondant à la phase $\gamma$ (cubique à faces centrées) 0-13 % Cr, un autre pour la phase $\alpha$ (cubique centrée) 13-50 % Cr. Nos courbes expérimentales montrent en effet une très nette discontinuité autour de la teneur en Cr de 13 %, limite des deux phases, et ceci à une épaisseur qui est fonction de la teneur en carbone dans des conditions de chromisation thermique bien définies. Le titre en carbone de l'acier chromisé fait également varier la teneur superficielle du chrome ainsi que la pente de la courbe correspondant à la phase $\alpha$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques dérivés du cyanométhyl-3 thionaphtène et du formyl-3 thionaphtène.* Note (*) de M. **Paul Cagniant** et M<sup>me</sup> **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

On obtient des dérivés arylidéniques par condensation, soit du cyanométhyl-3 thionaphtène avec quelques aldéhydes aromatiques ou hétérocycliques, soit des arylacétonitriles avec le formyl-3 thionaphtène. Le cyanométhyl-3 thionaphtène réagit, d'une part, avec la *p*-nitroso-diméthylaniline et, d'autre part, avec l'oxalate d'éthyle pour donner les dérivés attendus.

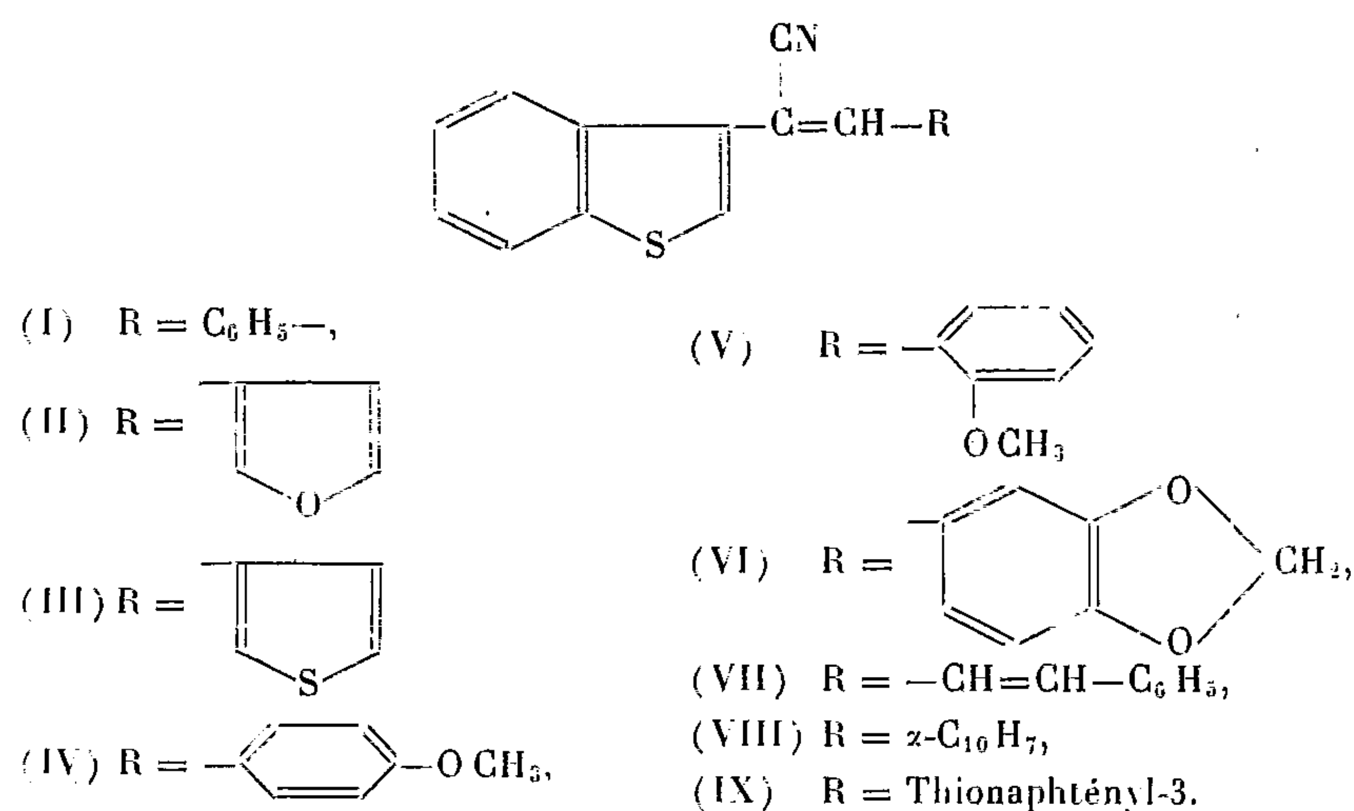
Le cyanométhyl-3 thionaphtène (1) se condense très rapidement, en solution alcoolique et en présence d'éthylate de sodium, avec les aldéhydes aromatiques ou hétérocycliques suivants : benzoïque, furylique, thiophénique, anisique *p*- et *o*-, pipéronylique, cinnamique, $\alpha$-naphtoïque et thionaphténique-3. Nous

(2) H. Buckle, *La Recherche aéronautique*, n° **16**, 1950, p. 61-62.

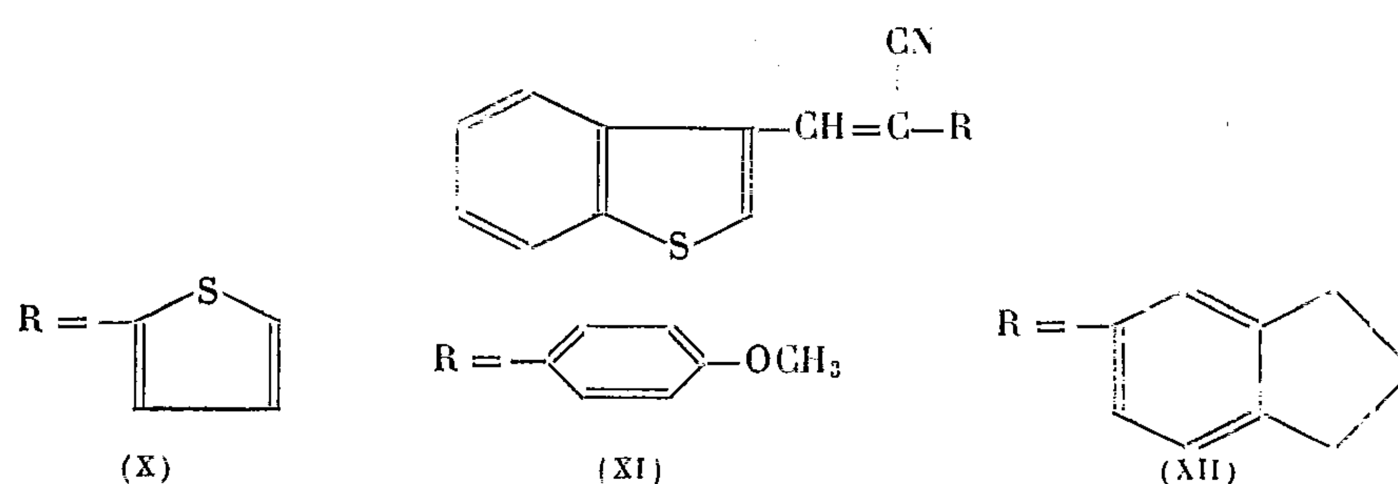
(*) Séance du 8 janvier 1951.

(1) F. F. Blicke et D. G. Sheets, *J. Amer. Chim. Soc.*, **70**, 1948, p. 3768.

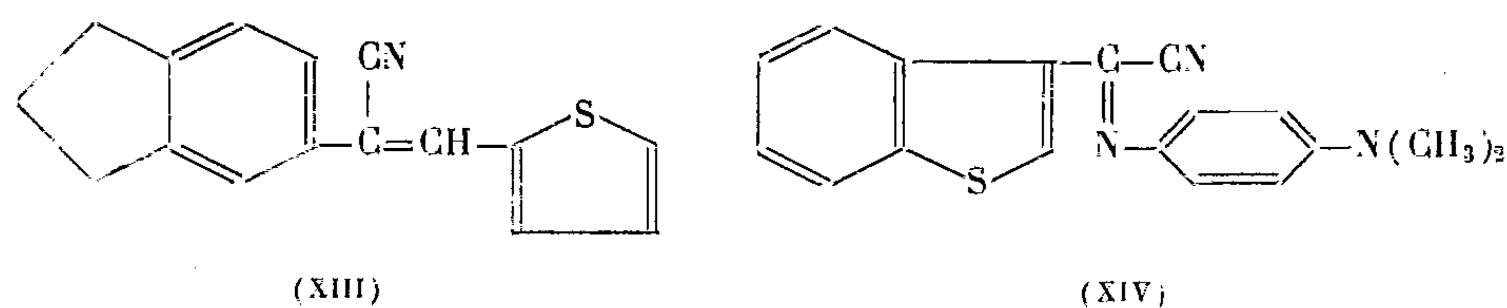
avons obtenu, respectivement, les α-(thionaphtényl-3)-acrylonitriles β-substitués (I), (II), (III), (IV), (V), (VI), (VII), (VIII) et (IX).




Le formyl-3 thionaphtène ([2]) se condense bien avec l'α-thiénylacétonitrile, le *p*-méthoxyphénylacétonitrile et l'indanyl-5 acétonitrile, pour donner, respectivement, les β-(thionaphtényl-3) acrylonitriles α-substitués (X), (XI) et (XII)




Avec le formyl-2 thiophène et l'indanyl-5 acétonitrile, on obtient l'α-(indanyl-5) β-(thiényl-2)-acrylonitrile (XIII).

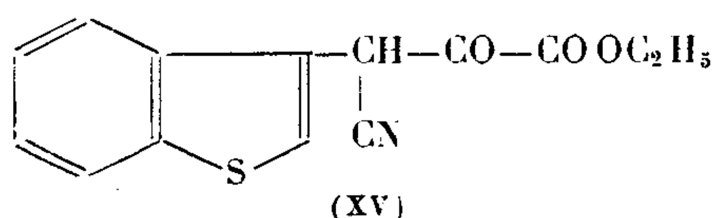


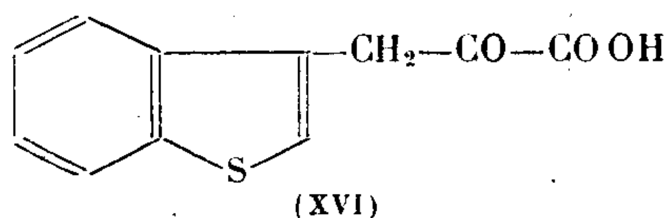

Dans les conditions expérimentales décrites pour son isologue naphta-

([2]) La condensation de cet aldéhyde avec le cyanure de benzyle a été déjà décrite par l'un de nous : P. Cagniant, *Bl. Soc. Chim.*, (5), 16, 1949, p. 384 et 388.

lénique ([3]), le cyanométhyl-3 thionaphtène donne, avec la *p*-nitroso-N-diméthylaniline, l'azométhine (XIV) (*p*.N-diméthylaminoanile du cyanure de thionaphténoyle-3)

Dans le cas précédent, l'hydrolyse de (XIV) nous conduit d'emblée, avec dégagement de CNH, à l'acide thionaphtényl-3 carboxylique de Komppa ([4]), sans obtention du nitrile intermédiaire, dont l'isologue naphtalénique (cyanure d'α-naphtoyle) avait, par contre, pu être isolé ([3]). Le cyanométhyl-3 thionaphtène se condense avec l'oxalate d'éthyle, dans les conditions décrites en série thiophénique ([5]), pour donner l'ester éthylique de l'acide thionaphtényl-3 pyruvique α-cyané (XV), dont l'hydrolyse, à froid et en milieu acétosulfurique ([6]), conduit, avec un bon rendement, à l'acide thionaphtényl-3 pyruvique (XVI)




Description des corps nouveaux obtenus ([7]). — 1° *Dérivés arylidéniques.* — Ces composés donnent tous une coloration avec $SO_4H_2$ concentré : (I) vert fugace, (II) violet intense, (III) vert intense, (IV) vert foncé, (V) vert olive fugace, (VI) vert foncé, (VII) vert foncé stable, (VIII) rouge groseille, (IX) mauve, (X) violet stable, (XI) vert-bleu fugace, (XII) rouge cerise peu intense. — (I). $C_{17}H_{11}NS$, F 110°, cristaux jaune pâle (alcool). — (II). $C_{15}H_9ONS$, F 91°, aiguilles soyeuses jaune pâle (alcool). — (III). $C_{15}H_9NS_2$, F 120°, aiguilles jaunes (alcool). — (IV). $C_{18}H_{13}ONS$, F 96°,5, aiguilles saumon clair (alcool). — (V). $C_{18}H_{13}ONS$, F 121°,5, aiguilles jaunes (alcool). — (VI). $C_{18}H_{11}O_2NS$, F 109°, aiguilles jaune paille (alcool). — (VII). $C_{19}H_{13}NS$, F 135°,5, aiguilles jaune clair (alcool). — (VIII). $C_{21}H_{13}NS$, F 140°, aiguilles feutrées, jaunes clair (alcool). — (IX). $C_{19}H_{11}NS_2$, F 191°, cristaux brillants jaune clair (alcool). Formyl-3 thionaphtène ([2]), 2.4-dinitrophénylhydrazone, $C_{15}H_{10}O_4N_4S$, $F_{inst}$ 370°, poudre rouge orangé (benzène). — (X). $C_{15}H_9NS_2$, F 105°, aiguilles jaune d'or brillantes (alcool). — (XI). $C_{18}H_{13}ONS$, F 119°,5 cristaux jaune serin (alcool). Indanyl-5 acétonitrile ([8]), $C_{11}H_{11}N$, $E_{20}$ 164°. — (XII). $C_{20}H_{13}NS$, F 145°, paillettes jaune pâle (alcool). — (XIII). $C_{16}H_{13}NS$, F 111°,5, aiguilles jaune paille (alcool).

2° (XIV). $C_{18}H_{15}N_3S$, F 155°, paillettes rouge brun (alcool). Acide thionaphtényl-3 carboxylique $C_9H_6O_2S$, F 177°, poudre incolore [Komppa ([4]) indique F 174-175°].

3° (XV). $C_{14}H_{11}O_3NS$, F 132°,5, cristaux incolores (benzène); avec $Cl_3Fe$, coloration vert olive stable. — (XVI). $C_{11}H_8O_3S$, $F_{inst}$ 202°, aiguilles incolores (benzène); avec $Cl_3Fe$, coloration vert fugace.

---

([3]) Buu Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **9**, 1942, p. 726.

([4]) *J. prakt. Chem.*, (2), **122**, 1929, p. 322.

([5]) P. Cagniant et Mme P. Cagniant, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1150.

([6]) Mme P. Cagniant, *Thèse*, Strasbourg, 1950.

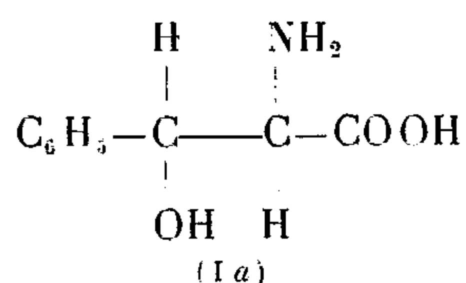
([7]) Points de fusion non corrigés; $F_{inst}$ pris par projection sur bloc Maquenne.

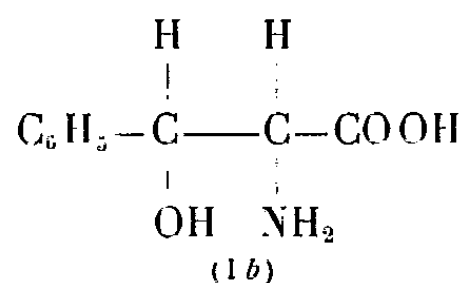
([8]) H. Arnold, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **70**, 1943, p. 777.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'*érythro *β-phénylsérine*. Note de
M^me **Irène Elphimoff-Felkin** et M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'*érythro* β-phénylsérine, diastéréoisomère de la phénylsérine d'Erlenmeyer, peut être aisément préparée par hydrogénation catalytique de l'α-oximino benzoylacétate d'éthyle, suivie d'hydrolyse.

La β-phénylsérine (I), qui comporte dans sa molécule deux atomes de carbone asymétriques, peut théoriquement exister sous deux formes racémiques isomères *thréo* (I *a*) et *érythro* (I *b*).




Il y a déjà plus de 50 ans qu'Erlenmeyer (1) a effectué la synthèse d'une de ces β-phénylsérines par condensation du glycocolle avec l'aldéhyde benzoïque en milieu alcalin. Dernièrement, il a été démontré (2), (3) que le composé (F 198°) obtenu par cette méthode possède la structure *thréo* (I *a*).

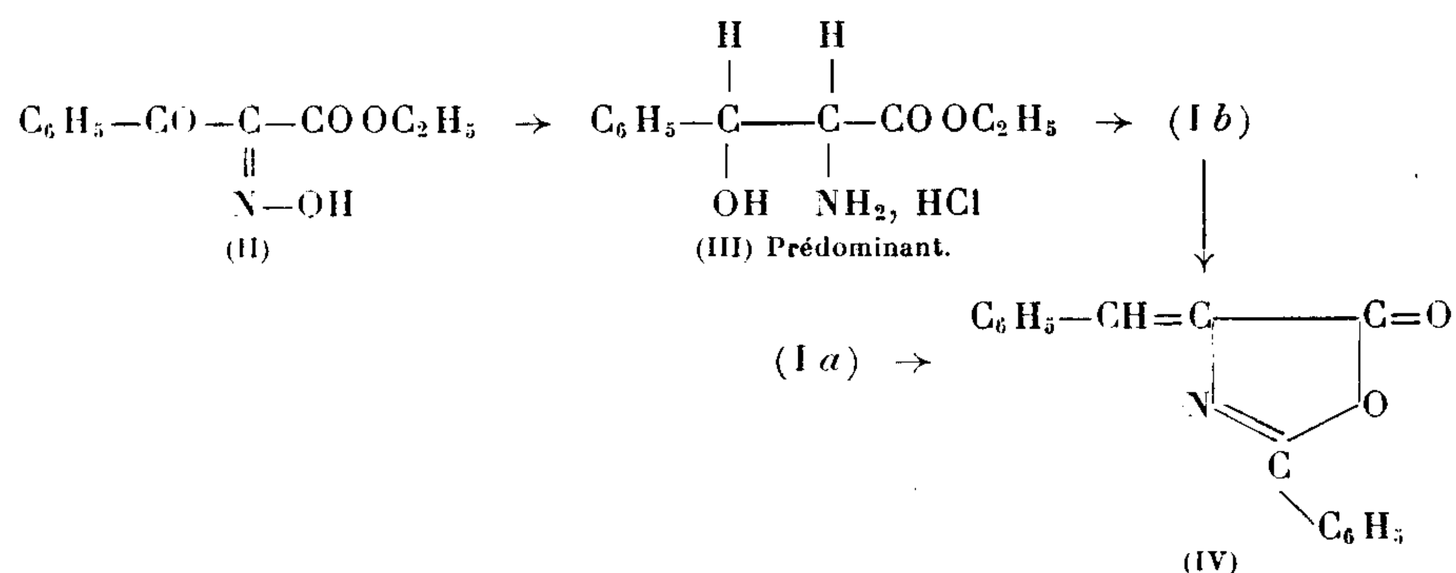
Erlenmeyer (4) d'une part, Forster et Rao (5) d'autre part, ont cru obtenir, par différentes méthodes, l'isomère *érythro* (I *b*). Il a été démontré par la suite (6), (7) que le composé obtenu par Forster et Rao était en réalité un des isomères de la phénylisosérine $C_6H_5$—$CHNH_2$—CHOH—COOH. Quant au composé (F 189°) décrit par Erlenmeyer (4), son existence n'a pas été confirmée (7), (8).

Nous avons effectué la synthèse de l'*érythro* β-phénylsérine (I*b*) à partir de l'α-oximino benzoylacétate d'éthyle (II). La réduction de celui-ci, en présence de platine, conduit à la formation prédominante du chlorhydrate d'*érythro* β-phénylsérinate d'éthyle (III). Il est vraisemblable que la réduction de l'oximino-ester (II) dans des conditions différentes ne conduirait pas toujours

(1) Erlenmeyer et Frustück, *Liebig's Ann.*, **284**, 1894, p. 36.
(2) Billet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1074.
(3) Vogler, *Helv. Chim. Acta*, **33**, 1950, p. 2111.
(4) Cité par Fourneau et Billeter (7).
(5) *J. Chem., Soc.*, 1926, p. 1943.
(6) Oesterlin, *Metallbörse*, 1929, cité par Fourneau et Billeter (7).
(7) Fourneau et Billeter, *Bull. Soc. Chim.*, **7**, 1940, p. 593.
(8) En modifiant la technique d'Erlenmeyer (1), Shaw et Fox (*Abstr. Papers* **118** th A. C. S. Meeting, 1950, p. 28 N) cités d'après Vogler (3), ont pu isoler un deuxième amino-acide qui serait l'isomère *érythro* (I *b*).

aux mêmes proportions relatives des deux diastéréoisomères *érythro* et *thréo*. En effet, l'influence des conditions opératoires sur la formation prédominante des isomères *thréo* ou *érythro* a déjà été constatée; c'est ainsi que l'emploi de l'oxyde de platine, notamment, conduit surtout aux isomères *érythro* dans les séries de la noréphédrine et de la thréonine (allothréonine), alors que d'autres méthodes de réduction fournissent surtout les isomères *thréo* (pseudonoréphédrine et thréonine).

L'hydrolyse à froid du chlorhydrate (III), séparé de son isomère *thréo* par cristallisation, permet d'obtenir avec un bon rendement l'*érythro* β-phénylsérine (I *b*), F 260° (bloc). Cet amino-acide a été identifié par sa transformation en oxazolone (IV), identique à celle obtenue à partir de l'amino-acide *thréo*.




Cette synthèse du second isomère racémique de la β-phénylsérine nous a permis de comparer les propriétés de ces deux amino-acides. Ils sont tous les deux décomposés par ébullition en milieu aqueux alcalin et même neutre avec formation d'aldéhyde benzoïque. D'une façon générale, comme dans la série de la nor-éphédrine, les dérivés de l'amino-acide *érythro* sont moins stables que leurs isomères *thréo*.

*Partie expérimentale.* — 2g,2 d'α-oximino benzoylacétate d'éthyle (II) ([9]) sont hydrogénés en présence de $PtO_2$ en milieu acétochlorhydrique à la température ordinaire. Le *chlorhydrate* d'*érythro* β-phénylsérinate d'éthyle (III), $C_{11}H_{15}O_3N$, HCl, précipite partiellement; il est purifié par cristallisation dans l'alcool et fond à 186° (bloc). L'érythro *β-phénylsérinate d'éthyle*, $C_{11}H_{15}O_3N$, libéré de son chlorhydrate par une solution de $K_2CO_3$, fond à 81-83°; il se décompose à la longue avec formation d'aldéhyde benzoïque.

L'hydrolyse du chlorhydrate (III) par 2mol de potasse alcoolique à froid fournit l'érythro *β-phénylsérine* (I *b*), $C_9H_{11}O_3N$, F 260° (bloc) après cristallisation dans l'alcool dilué. *Chlorhydrate*, $C_9H_{11}O_3N$,HCl, F 212° (bloc).

L'amino-acide (I *b*), traité par un excès de chlorure de benzoyle à chaud, fournit l'oxazolone (IV), F 164° (bloc) ([1]), ([10]).

---

([9]) WAHL, *Bull. Soc. Chim.*, **1**, 1907, p. 461.
([10]) ROSENMUND et DORNSAFT, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **52**, 1919, p. 1734.

Traité à ébullition par un excès d'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium, le chlorhydrate (III) fournit le O,N-*diacétyl* érythro *β-phénylsérinate d'éthyle*, $C_{15}H_{19}O_5N$, F 126-127°. Le *dérivé* O,N-*dibenzoylé* correspondant, $C_{25}H_{23}O_5N$, fond à 167-168°.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du Carbonifère des bassins houillers du Sud-Oranais* (*Bassins de Colomb-Béchar-Kénadza-Abadla-Sfaïa*). Note de M. **Paul Deleau**, présentée par M. Paul Fallot.

Deux faits nouveaux peuvent être signalés dans le Namurien et le Westphalien de Colomb-Béchar et de Kénadza : une couche de charbon avec toit à *Anthracomya* se situe au milieu du Namurien marin, très bas dans la série stratigraphique; la faune d'Aegir qui caractérise en Europe des niveaux du Westphalien supérieur, apparaît ici immédiatement au-dessus du Namurien terminal.

Le tracé des contours de la carte géologique des bassins houillers du Sud-Oranais (bassins de Colomb-Béchar-Kénadza et d'Abadla-Sfaïa) (1) nous a permis de découvrir une intéressante et riche faune du Namurien supérieur : Goniatites, Brachiopodes, Lamellibranches et Encrines. La position géographique du Namurien supérieur dans notre région est maintenant précisée et nous pouvons signaler deux faits nouveaux :

1° L'existence entre le Namurien supérieur et le Namurien inférieur, tous deux entièrement marins, d'une couche de charbon avec mur de végétation et toit de marnes fines à *Anthracomya* sp. qui indique une émersion certaine. Cette couche se situe sous la zone à *Reticuloceras reticulatum*. Un niveau fossilifère au toit des marnes à *Anthracomya* sp. a fourni des *Homoceras* et *Anthracoceras paucilobum* de la partie élevée du Namurien inférieur.

2° Immédiatement au-dessus des assises à *Reticuloceras reticulatum*, *Reticuloceras bilingue*, *Gastrioceras cancellatum*, d'une épaisseur de 700$^{m}$ environ, vient un premier niveau à *Anthracoceras ægiranum-hindi*. Ce niveau est surmonté par 1000$^{m}$ de sédiments marins, alternance de grès et de marnes schisteuses où s'intercalent des calcaires marneux conglomératiques renfermant, du haut en bas, *Anthracoceras ægiranum*, *Anthracoceras hindi*, *Eoparalegoceras clariondi*, des Nautiles : *Paradomatoceras applatum*, *P. costatum*, *Ephippioceras clitellarium*, *Metacoceras costatum*. Cette faune caractérise en Europe le niveau d'Aegir, limite entre le Westphalien inférieur et le Westphalien supérieur. Dans le Sud-Oranais, le Westphalien inférieur existe avec certitude, la série est continue et parfaitement concordante du Viséen au Namurien terminal, mais ici, la base du Westphalien ne présente pas les

(1) Paul Deleau, *Les Bassins carbonifères du Sud-Oranais*. I : *Stratigraphie* (*Bull. S. G. F.*, 5e série, 15, 1945, p. 625-632); II : *Tectonique* (*Bull. S. G. F.*, 5e série, 16, 1946, p. 1-10).

mêmes caractéristiques fauniques qu'en Europe occidentale. Nous appelons provisoirement *Kénadzien*, les 1000$^m$ de sédiments marins superposés au Namurien à *Reticuloceras reticulatum* et caractérisés par la faune du niveau d'Aegir, en particulier par *Anthracoceras ægiranum-hindi*. Les 600 premiers mètres de ce Kénadzien pourraient correspondre plus ou moins au Westphalien inférieur d'Europe; ils renferment en effet, avec la faune du niveau d'Aegir, des Gastriocératidés en particulier *Gastrioceras cumbriense* ([2]).

Au-dessus du Westphalien marin à *Anthracoceras ægiranum-hindi* (Kénadzien) vient un Westphalien supérieur C d'abord semi-continental : 700$^m$, avec trois incursions marines, puis entièrement continental : 350$^m$. Il est surmonté d'un Westphalien D (4 à 500$^m$) qui supporte, toujours en concordance, 1000 à 1200$^m$ d'une alternance de grès rouges et de marnes rouges que nous attribuons pour le moment au Stéphanien inférieur.

Le Westphalien C continental est caractérisé par *Neuropteris tenuifolia*, *Anthracomya wardi*, *Anthraconauta philippsi*. Le Westphalien D renferme des Pécoptéridés et déjà la faune d'eau douce connue seulement dans le Stéphanien inférieur d'Europe (Sarre) : *Anthracomya prolifera*, *Estheria limbata*, *Candona elongata*, faune qui se trouve également plus haut dans les couches rouges que nous attribuons au Stéphanien inférieur.

GÉOLOGIE. — *Les rapports de la Chaîne Numidique avec les Babors.* Note de M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

On a coutume de distinguer, dans le Nord de l'Algérie, une *Chaîne Calcaire* ([1]) : couverture méridionale, énergiquement plissée et fracturée, des Massifs anciens kabyles. La série secondaire (surtout liasique), peu épaisse et à caractères souvent néritiques, comporterait de nombreuses lacunes. Plus au Sud, les *Chaînes Telliennes*, aux plis moins violents, sans Palézooïque visible, s'opposeraient à la Chaîne Calcaire par leur série secondaire (surtout crétacée) très épaisse, à caractères fréquemment bathyaux, pratiquement complète. Au Sud du Massif ancien de Grande Kabylie, la Chaîne Calcaire est représentée par le Djurdjura. Au Sud de la Petite Kabylie, elle le serait par la Chaîne Numidique. Entre ces deux régions, à la faveur de *l'ensellement bougiote*, se

---

([2]) En 1937, Mgr Delépine et M. H. Termier ont recueilli dans un des niveaux du Namurien supérieur (crêtes 15-16) : *Reticuloceras reticulatum*, *Gastrioceras cancellatum* et dans un niveau de notre Kénadzien inférieur : *Gastrioceras cumbriense*, *Proshumardites primus*.

G. Delépine, *Les Goniatites carbonifères du Maroc et des confins algéro-marocains*. Mémoires n° 56, *Serv. Géol. Maroc*, 1941.

([1]) L. Glangeaud, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2, n° 10, 1934.

déploient les chaînons des Babors appartenant, eux, sans conteste, au domaine tellien.

La présente Note envisagera, seule, l'extrémité orientale des Babors, à l'Est du méridien de Djidjelli, et, 30$^{km}$ à l'Est de ce dernier, la partie occidentale de la Chaîne Numidique.

*Au point de vue paléogéographique,* la série jurassique et crétacée de ces régions, souvent de faciès profond, est épaisse et continue, sauf dans les zones localisées où des mouvements orogéniques précoces ont provoqué les ablations dont il sera parlé plus loin.

Le complexe gypsifère du Trias règne près du Sidi-Mansour (Babor le plus oriental) et s'enrichit en grès vers l'Est, autour du Sidi-Marouf. Le Jurassique, surtout calcaire, est complet en certains points de la Chaîne Numidique : le Malm y repose en continuité sur le Dogger. Le Crétacé inférieur est transgressif par des marnes à Ammonites néocomiennes; sa transgressivité s'accuse à l'Albo-Aptien par un Flysch gréseux très épais. Le Sénonien est à son tour transgressif, à l'état de schistes calcareux. Le Paléocène, sous le même faciès à la base, montre, plus haut, des calcaires lités, à silex.

*Au point de vue structural,* les mêmes phases tectoniques ont joué, de façon identique, dans l'Est des Babors et dans la Chaîne Numidique.

La plus ancienne se place au début du Néocomien. Je l'ai déjà signalée dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, où son importance est notable (anticlinal de l'oued Itera). Les dépôts néocomiens manquant plus à l'Ouest, on ne peut y suivre les manifestations de cette phase orogénique, par ailleurs connue dans l'ensemble des Babors (²).

La deuxième phase, datant du Sénonien inférieur, est beaucoup plus considérable. Dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, on observe des conglomérats à divers niveaux du Sénonien. Très massifs à la base de cet étage, ils soulignent sa discordance angulaire accusée sur tous les termes du Jurassique et sur le Trias (Kalaa-et-Touma). De vrais plis sont attribuables à cette phase (Kef Dardja). Le Babor le plus oriental (Sidi-Mansour) montre aussi des synclinaux très aigus sous la carapace discordante de puissants poudingues sénoniens.

De ces phases crétacées sont nées des rides anticlinales Est-Ouest, qui, comme plus à l'Ouest, ont dû jouer en cordillères dans les mers crétacées.

La dernière phase, tertiaire, a donné à ces régions leur aspect actuel. Dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, mis à part les chaînons septentrionaux, écaillés sous le charriage du Massif ancien, les chaînons plus méridionaux offrent, comme dans l'Est des Babors, une grande variété de plis : anticlinaux droits (Oued Itera; Sidi-Mansour) ou déversés (Sidi-Marouf). Ailleurs le Trias-diapir joue un rôle important : entraînant des dalles de calcaires jurassiques (Sidi-Oussaf; Dardja), s'extravasant en bordure d'anticlinaux réduits à un

(²) F. EHRMANN, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2, Tr. Coll., Fasc, 1, 1924.

seul flanc (flanc sud dans le Marouf, flanc nord dans le Kalaa-et-Touma) où il conserve par ailleurs latéralement sa place stratigraphique normale, provoquant parfois de vraies extrusions de calcaires jurassiques au sein du Crétacé.

Cette phase est d'âge post-oligocène. Dans la Chaîne Numidique, son âge n'est contrôlable qu'au Sud du Dardja. Á l'extrémité orientale des Babors par contre, la date du mouvement est mieux définie : ainsi, au Nord immédiat du Sidi-Mansour, un synclinal de grès *numidiens* (Oligocène) est pincé et déjeté vers le Nord. Le caractère des plis formés lors de cette phase tertiaire réside dans les inflexions axiales très brusques, aux extrémités des chaînons, encore Est-Ouest. Il peut en résulter des déversements périphériques des noyaux calcaires jurassiques sur les flancs crétacés schisteux (Sidi-Marouf).

Ainsi du point de vue paléogéographique et structural, il y a *identité entre l'extrémité orientale des Babors et l'Ouest de la Chaîne Numidique*. Un fait concrétise la liaison des deux domaines. C'est l'existence entre le Sidi-Mansour, dernier Babor, et le Dardja, premier chaînon numidique, d'une bande de Trias diapir, longue de $30^{km}$. Ignorée jusqu'à ce jour, elle correspond à une ride ancienne : le Crétacé dans lequel elle est injectée montre fréquemment, à son voisinage, des galets de Jurassique et de Trias. Ce diapir ancien a rejoué au Tertiaire; dans la zone du col de Fédoulès, le rejeu est post-oligocène.

*Conclusions.* — Le Djurdjura, Chaîne Calcaire, représente d'après les auteurs la couverture sédimentaire du bord méridional du Massif ancien de Grande Kabylie, ployée avec lui vers le Sud. Au contraire, la Chaîne Numidique (au moins pour son tiers occidental) prolonge les Babors; comme eux, elle a les caractères des Chaînes Telliennes : elle se range dans l'avant-pays autochtone, sur lequel chevauche directement le matériel paléozoïque de Petite Kabylie.

L'unité définie sous le nom de *Chaîne Calcaire* à la lisière Sud des Massifs Kabyles, sur $480^{km}$ d'Ouest en Est, ne présente donc pas la continuité qu'on lui prête. Les éléments qui lui sont rapportés, au Sud-Ouest du Massif de Petite Kabylie, appartiennent en réalité à la *Zone Tellienne*. De la sorte, cette dernière se trouve, sur $100^{km}$ de front, au contact direct du massif ancien.

GÉOLOGIE. — *Remarques sur le Numidien de la région de Tigzirt (Algérie).* Note de M. **Pierre Muraour**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans l'angle NE de la carte géologique au 50 000$^{e}$ de Dellys-Tizi Ouzou, E. Ficheur et J. Savornin ont distingué, d'après le faciès, deux ensembles : des argiles et grès numidiens ($e_a^3$ et $e_b^3$) et des argiles et quarzites maëstrichtiens ($c^9$). A la suite de la découverte [1] de foraminifères, A. Lambert

(1) A. Lambert et P. Marie, *C. R. S. S. Géol. France*, 1948, p. 124-125.

et P. Marie confirmèrent la présence du Sénonien et pensèrent pouvoir diviser cet horizon en Santonien (flysch), Campanien inférieur (marnes et marno-calcaires), Campanien supérieur (flysch). Les études que nous poursuivons nous permettent d'apporter les précisions suivantes qui modifient les contours antérieurs.

1. Aux environs de Tigzirt affleure une formation argileuse dont on peut aisément observer de bonnes coupes dans la zone côtière. Il s'agit d'argiles schisteuses, de couleur gris foncé, qui admettent en intercalation des bancs légèrement marneux et des grès calcaires friables. Le litage de cette formation, toujours bien visible, par exemple au port de Tigzirt, souligne un plissement accusé. Les auteurs de la feuille Dellys-Tizi Ouzou avaient, malgré l'absence de fossiles, rapporté ces sédiments au Numidien ([2]). Remarquons que le faciès des argiles de Tigzirt est sensiblement différent de celui des terrains numidiens, à Nummilites et Lépidocyclines, de Rébeval. Ces derniers comprennent, en effet, des argiles et marnes schisteuses de teintes variées (rouge sombre, lie de vin, vert foncé et surtout gris noir) dans lesquelles s'intercalent des petits bancs de quartzite, de grès, de microbrèches ou de marnes blanches à traces de fucoïdes, et des lentilles de grès quartziteux d'épaisseur souvent importante.

On retrouve, au Sud du village de Maïache, un affleurement d'argiles, marnes et grès, semblable à celui que nous venons de décrire près de Tigzirt. E. Ficheur et J. Savornin l'ont attribué au Maestrichtien, mais sans preuves paléontologiques. Le substratum de ces formations n'étant visible en aucun point, il est très difficile de préciser leur épaisseur, mais celle-ci paraît être de l'ordre de 300 à $400^{m}$.

Nous avons eu la bonne fortune de récolter dans ces terrains quelques coquilles et une assez abondante microfaune ([3]). Les grès calcareux des sédiments de Tigzirt et de Maïache contiennent de nombreux foraminifères, dont *Globotruncana Linnei* d'Orb. De plus, une intercalation marneuse de l'affleurement de Maïache nous a fourni : *Globotruncana Stuarti* de Lap. et *Globigerina cretacea* d'Orb. Dans un second gisement, que nous a signalé M. A. Barbier, situé aux points : X 624,2 et Y 399,3, c'est-à-dire au Sud-Ouest de la maison cantonnière qui se trouve à $3^{km}$ environ de Tigzirt, sur la route de Dellys, nous avons prélevé quelques débris de tests et un moule externe d'*Orthoceramus* cf. *Lamarki* Park. Au même point, nous avons observé un petit banc de calcaire détritique à *Dictyoconus* et des grès à foraminifères parmi lesquels nous avons reconnu : *Gümbelina* sp., *Palmula rugosa* d'Orb., *Globorotalia Linnei* d'Orb.

---

([2]) Étage « E » de Ficheur (Nummulitique supérieur) = Étage Priabono-oligocène de J. Flandrin.

([3]) Seuls les foraminifères ayant un intérêt stratigraphique sont cités.

2. Lorsque l'on va de Tigzirt vers Agouni Gourhane (route Tigzirt-Tizi Ouzou), on traverse pendant une dizaine de kilomètres (mis à part l'affleurement de Maïache) des schistes parfois argileux, d'un gris bleuté, qui renferment localement des bancs plus ou moins épais de marnes. Ces schistes sont assez durs, mais, sous le marteau, ils se délitent en plaquettes grossièrement parallélépipédiques. Souvent ils renferment de gros nodules de marcassite. Cet ensemble offre une stratification toujours nette qui met en évidence un plissement assez intense. Son épaisseur peut être estimée à environ 300$^m$.

Un banc marneux jaunâtre, contenu dans les schistes et qui affleure le long de la route Tigzirt-Tizi Ouzou, au point de coordonnées : X 626,8 et Y 997,9, nous a permis de recueillir quelques fragments d'*Inocérames* que nous pensons pouvoir attribuer à *Boehmiceramus* cf. *regularis* d'Orb., ainsi que de nombreux *Globotruncana*.

Argiles et schistes sont surmontés par une assise de grès quartziteux ($e^3$), à patine brune sur les surfaces d'altération, mais beige clair en cassure fraîche. Bien qu'ils n'aient jamais fourni de fossiles dans cette région, on peut conserver leur attribution au Numidien par comparaison avec les formations datées de la région de Rébeval.

*Conclusion.* — Comme le laissaient prévoir les différences lithologiques observées entre les argiles priabono-oligocènes et les argiles et schistes de Tigzirt, la récolte de fossiles crétacés, *non remaniés*, dans ce dernier ensemble nous interdit de maintenir ces formations dans le Nummulitique supérieur. En effet, la répartition verticale des formes précédemment citées, indique un *âge crétacé supérieur et très probablement Sénonien.* Toutefois les argiles et les schistes de la région de Tigzirt doivent être d'âges légèrement différents, bien qu'appartenant tous les deux au Crétacé supérieur; malheureusement, ni la paléontologie, ni l'observation sur le terrain ne nous a permis de conclure avec certitude quant à leur situation respective. Cependant la position stratigraphique des schistes placés immédiatement sous le Numidien [*cf.* Tifiléout (1)] nous incitent à penser qu'ils représentent des couches plus récentes que les argiles.

MORPHOLOGIE. — *Formes de solifluxion et sol polygonal dans le massif granitique du Lampy (Montagne Noire occidentale).* Note de M. **Georges Baeckeroot**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Sur le versant méridional de la Montagne Noire, des indices morphologiques d'un climat froid et humide, du type périglaciaire, s'observent, non seulement

(1) Nous avons trouvé dans ce Numidien des calcaires à Nummulites, qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

dans la zone schisteuse de la cuvette d'Arfons ([1]), mais aussi, plus au Sud, dans le massif granitique du Lampy. Le paysage y est caractérisé par une topographie molle de mamelons séparés par des fonds plats et tourbeux. L'enfouissement des formes générales sous un épais manteau d'arène leur donne cet aspect sénile qu'accentuent encore des formes de détail dues à la remise en mouvement de l'arène par écoulement boueux, suivant un processus aujourd'hui éteint. Ces faits s'observent nettement dans la région des sources du Lampy.

Là se trouve, à $2^{km}$ au Sud d'Arfons (carte d'É.-M. au $80\,000^e$, n° 231, Castres SO), sur les pentes Sud-Est d'un mamelon de granite (cote 715), un bosquet de grands hêtres abritant une métairie justement dénommée : *le Fajal*. Dans la hêtraie même, un amas de gros blocs de granite crée un paysage rappelant certains aspects du Sidobre. Un chemin en descend, tout encombré de blocailles et de gros blocs redressés, tant de schistes que de granite, car on est là exactement sur le contact du massif granitique et de son auréole schisteuse. En contre-bas s'étend une dépression ovalaire dont le grand axe mesure $320^m$ environ. Son pourtour est cerné par une double rangée de hêtres, restes évidents du défrichement qui a créé là une grande clairière occupée maintenant par de beaux pâturages ([2]).

La dépression ovalaire du Fajal appartient, de par sa position, au versant méditerranéen; elle est cependant drainée vers l'Atlantique par un ruisselet issu de la partie supérieure de la prairie et qui, se dirigeant vers l'Ouest, est tributaire du Sor, très encaissé dans cette partie de son cours, proche du coude de capture. La dépression du Fajal se présente ainsi comme une forme de maturité suspendue au-dessus d'un ravin profondément creusé par l'érosion rajeunie et conquérante du Sor.

La prairie du Fajal présente les bosses et toutes les formes incohérentes des sols fluents d'où pointent de gros blocs de granite, basculés vers l'amont, déchaussés et mis en évidence par le travail de déblaiement du ruisselet médian. L'épaisseur de la masse d'arène remaniée est très grande en cet endroit, et il semble qu'elle ait comblé, par solifluxion, une niche de nivation; bien que la forme de van ne soit pas aussi nette que pour les niches du Col des Escudiés, on doit remarquer que l'orientation est la même dans les deux cas, comme aussi la position sous le vent neigeux du Nord-Ouest.

Il faut écarter toute explication de la solifluxion de l'arène de l'ovale du Fajal par une simple imprégnation aqueuse sous un climat humide tel que le nôtre,

---

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 90.

([2]) La Carte d'É. M. est insuffisante pour représenter les traits de ce paysage. Ils apparaissent, par contre, très nettement sur les photos aériennes de l'I. G. N. : Mission Revel-Mazamet-Saint-Pons n° 183 et 184, 276 et 277. (Échelle approximative : 1/22 350).

ne serait-ce que parce que tous les blocs, aussi bien que les plus petits fragments rocheux, qu'ils soient de granite, de schistes ou de quartz filonien, portent des éclats et des fentes de gel.

Mais l'argument principal en faveur de l'action d'un paléo-climat froid et humide est fourni par les traces particulièrement nettes de *cryoturbation* sur les mamelons voisins de la dépression du Fajal. Si l'on gravit celui qui la borde immédiatement au Sud, on voit, au travers d'une dense végétation de lande à fougères et à ajoncs : sur les pentes, des coulées de blocs de granite et les innombrables fragments gélivés d'un gros filon de quartz laiteux complètement ruiné; sur la surface supérieure du mamelon, faiblement convexe ou même plan, un *sol polygonal* dont quelques éléments sont particulièrement bien conservés. Ceux-ci, de forme presque circulaire, ont un diamètre d'environ $80^{cm}$. Toutes les pierres du pourtour sont redressées, presque à la verticale, et portent des éclats de gel. Au centre, une terre fine, demeurée plus humide même à la fin d'un été sec, porte une touffe très verte d'un ajonc nain, alors que les fougères latérales sont desséchées. Tout autour des polygones pierreux, de nombreuses touffes vertes d'ajonc sont régulièrement réparties; chacune d'elles occupe le centre d'une zone circulaire dépourvue de végétation où une terre brune cache un alignement de pierres dressées. L'ensemble donne bien l'image d'un sol à figures géométriques tel qu'on en a décrit dans les régions sub-polaires et aux hautes altitudes de nos montagnes alpines.

*Conclusions.* — 1. Près de la métairie du Fajal, dans le massif granitique du Lampy (versant Sud de la Montagne Noire occidentale), des mamelons revêtus d'un manteau d'arène à blocailles gélivées, portent un sol polygonal bien constitué, passant, sur les pentes, à un sol strié et à des coulées pierreuses : autant de témoins d'une cryoturbation intense telle qu'on n'en connaissait jusqu'à présent, dans des formations analogues, en France, que dans le Massif armoricain (A. Guilcher).

2. Ces preuves certaines d'un climat périglaciaire quaternaire permettent de lever l'indétermination qui subsistait sur l'origine des coulées de solifluxion dans le Massif du Lampy. Ces faits sont à rapprocher de ceux que nous avons signalés dans la région schisteuse de la cuvette d'Arfons.

3. L'annexion au domaine atlantique de la cuvette du Fajal, que remblaie une masse de solifluxion mise en place au Quaternaire, fournit un repère pour dater les phases les plus récentes de l'évolution du Sor.

4. Les observations faites dans le Massif granitique du Lampy nous donneront des termes de comparaison pour interpréter certaines formes du relief du Sidobre de Castres.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique du granite de Flamanville (Manche).* Note (*) de M. **Norman Roy Martin**, présentée par M. Charles Jacob.

Étude des éléments structuraux du massif de Flamanville et des roches dévoniennes encaissantes d'après les techniques de H. Cloos, Balk, etc. en vue de préciser le mode de mise en place du granite et des filons.

Le granite de Flamanville a été décrit par A. Michel-Lévy et A. Leclère, et plus récemment par A. Bigot, Mme E. Jérémine, R. Perrin et M. Roubault. J'en ai entrepris l'étude tectonique qui n'avait pas encore été faite. Une carte détaillée a été établie pour montrer l'orientation des minéraux et des enclaves dans le granite, le plissement et la foliation dans les cornéennes, le système des cassures et les filons et dykes associés. Plus de 4000 observations ont été faites avec la boussole. Les faits les plus importants sont mentionnés ci-dessous :

*L'orientation des minéraux* dans le granite est bien visible et détermine une direction de *rift*, la plus facile pour fendre la roche. Les plaques de mica et l'axe le plus long des cristaux de hornblende sont situés dans un même plan, ce qui donne à la roche une *planar structure*. Il n'y a pas de structure linéaire dans la roche car les axes les plus longs des prismes sont situés au hasard dans ce plan. Les deux feldspaths de la roche, orthose et plagioclase, se présentent en phénocristaux qui tendent à suivre cette orientation, mais moins nettement que les minéraux foncés. Presque toutes les enclaves ont leurs deux axes majeurs situés dans le même plan que les minéraux. Dans certains cas la stratification originelle des enclaves forme un angle avec la *planar structure* du granite. Ceci est très important au point de vue du mode de mise en place du granite. La *planar structure* dans le massif, dont le contour est elliptique, est parallèle au bord sur toute sa longueur et plonge en pente rapide vers le centre du massif.

*Les plissements*, en particulier dans le Dévonien, sont très intenses. La zone axiale Est-Ouest du synclinal a été comprimée et replissée. Elle est devenue subparallèle au contact du granite au Nord, au Sud et à l'Ouest. Les assises ont été écartées pour faire place au granite. Dans la zone proche du granite les minéraux nouveaux tendent à s'orienter parallèlement au contact du granite. Plus loin, là où le métamorphisme est moindre, on observe une fragmentation et une schistosité intenses qui sont évidemment aussi en rapport avec le mode de mise en place du granite.

Le granite montre nettement plusieurs *systèmes de cassures* en rapport constant avec l'orientation des minéraux :

Système A : cassures parallèles à la *planar structure* du granite.

Système B-C : cassures à angle droit avec la *planar structure*. On les trouve ordinairement par paires, plongeant entre 30 et 90° de part et d'autre de la verticale.

Il existe deux autres systèmes D et E moins importants.

Des déplacements atteignant jusqu'à 25cm ont été observés, dans le sytème A seulement. Dans beaucoup de cas on reconnaît que les cassures datent d'un stade ancien de la mise en place.

---

(*) Séance du 8 janvier 1951.

Les systèmes de cassures B-C, D, E, pénètrent dans les cornéennes voisines et le système B-C forme les limites des apophyses du granite dans la majorité des cas.

Dans les roches encaissantes les systèmes de cassures sont moins réguliers; les plus importants sont :

Sytème F : cassures parallèles à la stratification originelle.

Système G : Schistosité parallèle à la foliation imposée par le métamorphisme sur les roches.

Système H : cassures généralement groupées par paires, formant des angles allant jusqu'à 45°, avec la direction des strates et montrant une variation considérable de l'angle de plongement.

Les *filonnets* d'aplite, de pegmatite et de microgranite, de même composition que le granite, tendent à suivre la direction des cassures B-C, mais recoupent souvent dans tous les sens les granites et les cornéennes. Ils sont très importants parce qu'ils montrent une *planar structure* parallèle à celle déjà trouvée dans le granite et à angle droit avec les parois du filonnet. Ils contiennent aussi ce qui paraît être des *fantômes* d'enclaves. Il est possible d'observer l'association complète suivante : granite → microgranite → aplite → pegmatite, dans ces filonnets qui, en beaucoup de cas, sont étroitement soudés aux épontes. Ces filonnets sont déplacés par les cassures A.

Des *filons* plus récents de rhyolite-microgranite coupent le granite et les cornéennes. Ils montrent une *planar structure* parallèle à leurs parois, et un système de cassures nettement différent de celui du granite. Ces filons tendent à suivre les cassures B-C du côté Nord-Ouest du massif où ils sont situés le plus souvent.

Les conclusions principales de cette étude sont :

1. La *planar structure* dans le granite est une structure fluidale primaire.

2. Les cassures sont en rapport direct avec la structure fluidale et le mouvement dans les roches encaissantes. Elles ont été formées pendant que le granite était encore plastique.

3. Le granite a été mis en place en partie par écartement des roches, en partie par *stoping* et dans l'état d'un fluide visqueux.

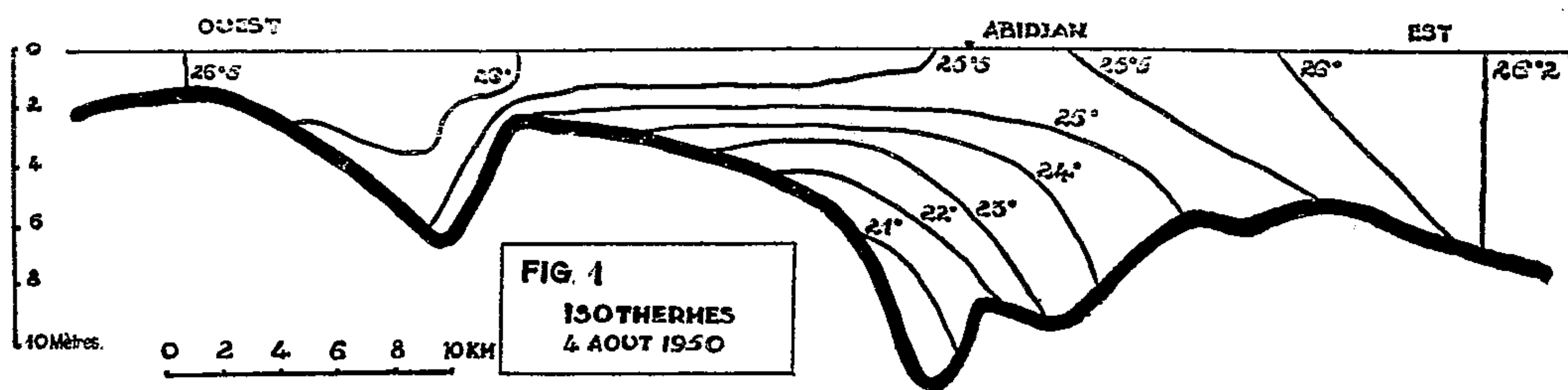
4. On distingue deux phases de plissements : pendant la première, postérieure au Dévonien inférieur, les couches ont été orientées Est, Nord-Est-Ouest, Sud-Ouest, tandis que pendant la deuxième (sudétienne ?), l'intrusion granitique a déterminé des plis locaux intenses.

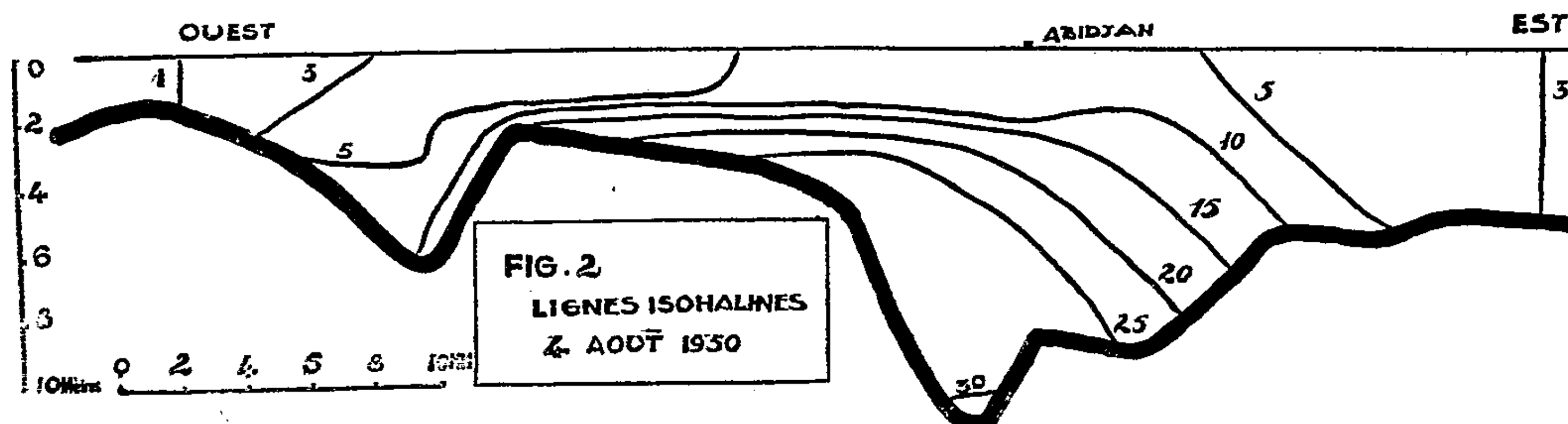
5. Les premiers filons ont été injectés avant que la consolidation du magma soit complète et avant que les mouvements dans les roches environnantes aient cessé.

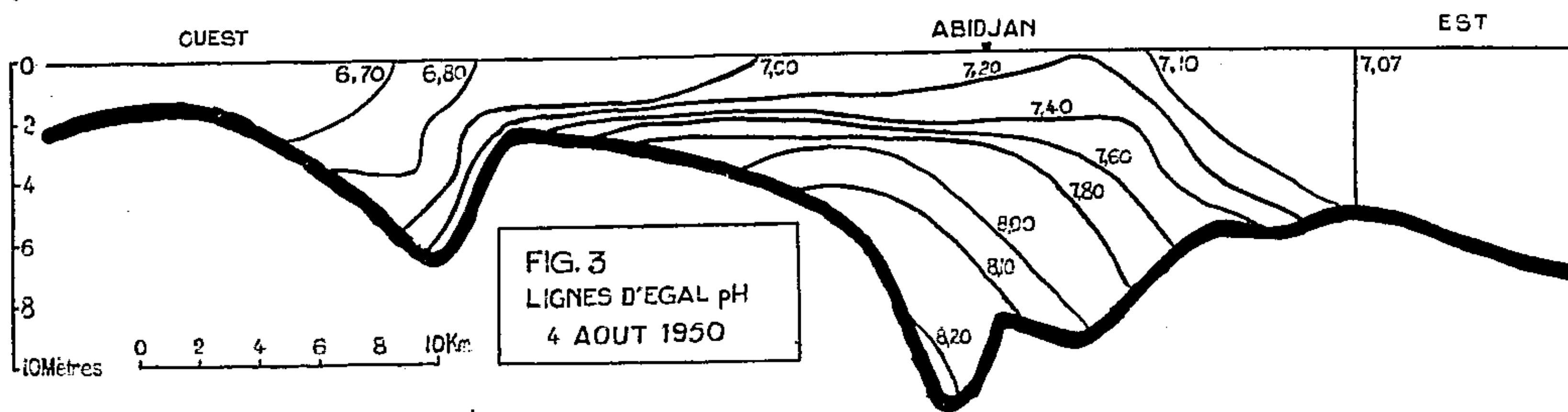
OCÉANOGRAPHIE. — *Premières modifications physico-chimiques du milieu lagunaire à la suite de l'ouverture du port d'Abidjan (Côte d'Ivoire).* Note (*) de M. **François Varlet**, transmise par M. Théodore Monod.

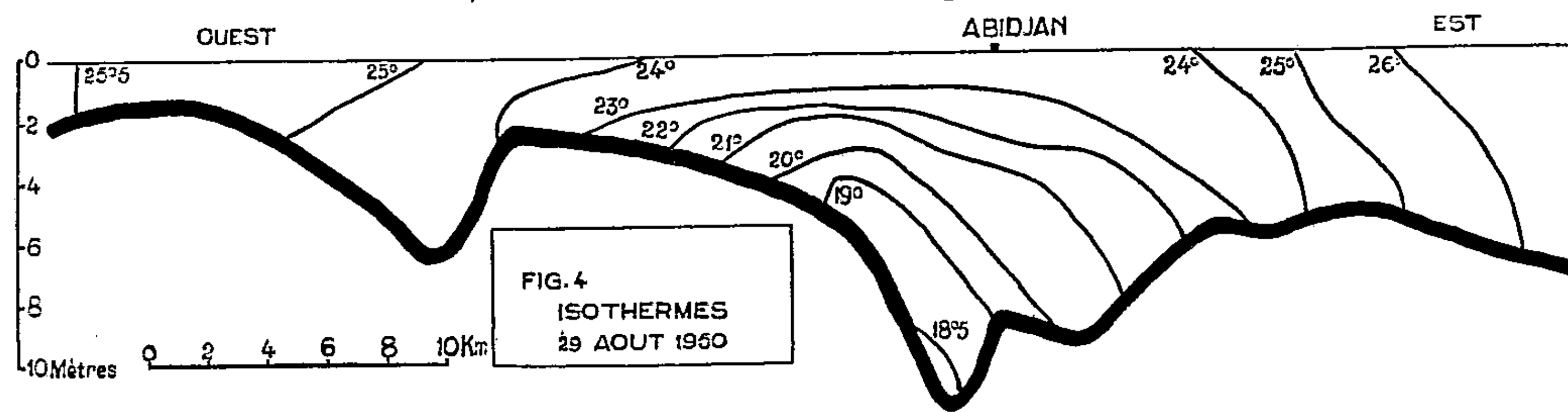
Depuis le 23 juillet 1950 la mer pénètre dans la lagune Ebrié par un important canal creusé dans le cordon littoral légèrement à l'Ouest de la

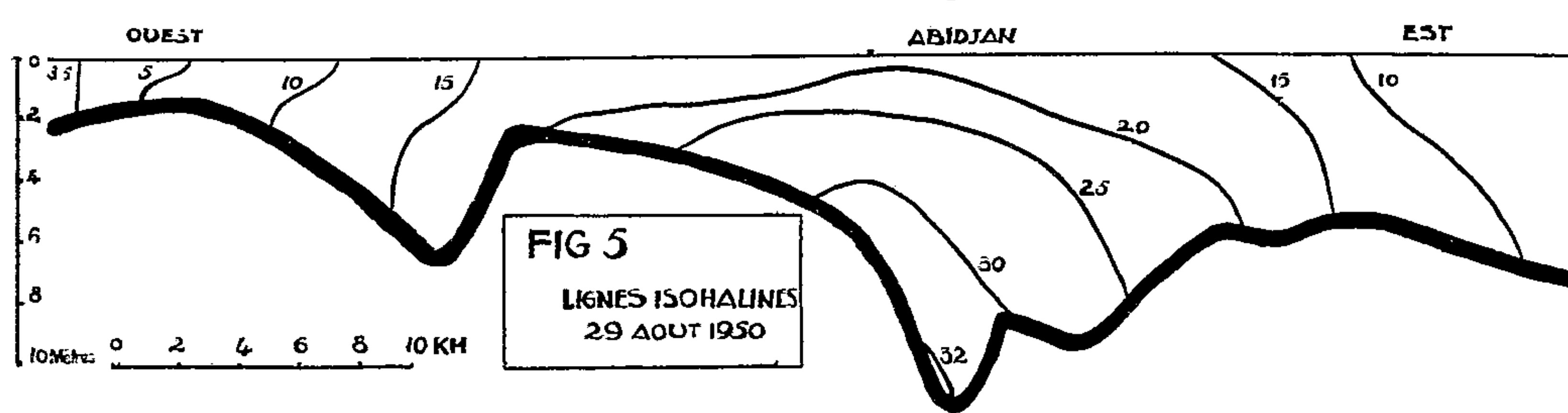
(*) Séance du 3 janvier 1951.

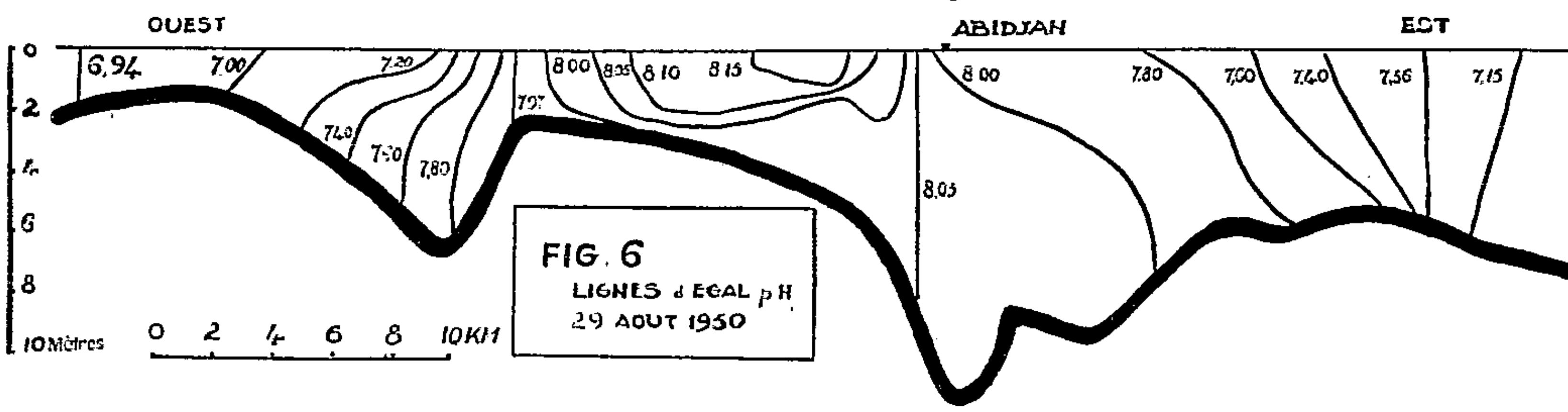

OUEST
ABIDJAN
EST
FIG. 1
ISOTHERMES
4 AOUT 1950
10 Mètres.
0 2 4 6 8 10 KM


OUEST
ABIDJAN
EST
FIG. 2
LIGNES ISOHALINES
4 AOUT 1950


OUEST
ABIDJAN
EST
FIG. 3
LIGNES D'EGAL pH
4 AOUT 1950
10Mètres
0 2 4 6 8 10Km


OUEST
ABIDJAN
EST
FIG. 4
ISOTHERMES
29 AOUT 1950
10Mètres
0 2 4 6 8 10Km


OUEST
ABIDJAN
EST
FIG 5
LIGNES ISOHALINES
29 AOUT 1950
0 2 4 6 8 10 KM


OUEST
ABIDJAN
EST
FIG. 6
LIGNES d EGAL pH
29 AOUT 1950
10Mètres
0 2 4 6 8 10KM

presqu'île d'Abidjan. Les modifications subséquentes du milieu lagunaire sont résumées, en ce qui concerne la température, la salinité et le pH, par les figures 1 à 6.

Toutes ces figures représentent une section verticale Ouest-Est de la lagune, de part et d'autre d'Abidjan, sur 50$^{km}$ de longueur. Sur cette section on a tracé les lignes isothermes, les lignes isohalines (la salinité étant exprimée en grammes de chlorure de sodium par litre); et celles d'égal pH. Les figures 1, 2, 3 donnent ainsi l'état de la lagune le 4 août à marée haute. Les figures analogues 4, 5, 6 sont relatives au 29 août, également à marée haute. Ces deux groupes de figures permettent de suivre la progression des eaux marines dont l'influence, le 29 août, se faisait sentir sur 45$^{km}$ de lagune. A marée basse l'allure du phènomène reste la même mais on assiste à un recul de l'eau salée. On retrouve sur ces figures, que nous ne commenterons pas davantage ici, les caractéristiques bien connues d'un estuaire : avancée des eaux salées lourdes par le fond, influence de la topographie de ce fond, existence d'un *bouchon* pour le pH, etc.

Dès le début du mois de septembre des pluies importantes ont introduit un facteur nouveau, c'est pourquoi nous limitons provisoirement ces indications à la période du 23 juillet au 31 août qui a une individualité bien marquée.

L'état de la lagune avant l'ouverture du canal sera suffisamment dépeint par les chiffres suivants, relevés le 22 juillet devant Abidjan et valables, à l'échelle des modifications ultérieures, sur toute l'étendue qui nous occupe

| Profondeur | Surface | 1$^m$ | 3$^m$ | 5$^m$ | 7$^m$ | 8$^m$ | 9$^m$ | 11$^m$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Température | 26°,9 | 26°,7 | 26°,7 | 26°,8 | 27°,00 | 27°,8 | 28°,5 | 28°,8 |
| Salinité (gr. Na Cl par litre) | 0,69 | 0,64 | 0,66 | 0,75 | 1,05 | 4,41 | 8,10 | 9,50 |
| pH | 6,68 | 6,60 | 6,65 | 6,60 | 6,55 | 6,55 | 7,10 | 7,10 |

L'amplitude de la marée devant Abidjan est passée de quelques centimètres à près de la moitié de l'amplitude en mer, soit 50$^{cm}$ en vive-eau; l'onde de marée atteint Abidjan avec une heure de retard sur la mer, les 8/10$^e$ de ce retard provenant de la propagation dans le canal. La marée se fait encore sentir à 25$^{km}$ à l'Ouest d'Abidjan avec un retard d'environ 2 heures 30 minutes. Les courants de marée sont particulièrement forts dans l'étranglement qui sépare la presqu'île d'Abidjan de l'île de Petit-Bassam, la plus grande vitesse mesurée à cet endroit a été de 0,74 m/sec; à marée montante un contre-courant de surface est observable par temps très calme.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Mastodontes des sables miocènes de Lisbonne.*
Note de MM. **Frédéric-Marie Bergounioux, Georges Zbyszewski** et **Fernand Crouzel**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les carrières de sable des environs immédiats de Lisbonne ont été intensivement exploitées durant ces dernières années. Elles appartiennent toutes au Miocène inférieur et moyen, et elles ont fourni de nombreux vertébrés fossiles dont un certain nombre ont déjà été étudiés. C'est à partir du Burdigalien supérieur que les trouvailles de Mastodontes ont été les plus abondantes et leur description a fait l'objet d'un Mémoire publié par l'un de nous (1).

Au-dessus de cette première série de sables représentant une formation d'estuaire (BIV), se place un niveau franchement marin : grès calcaire, caverneux passant à un calcaire plus compact et très fossilifère considéré comme la base de l'Helvétien (horizon V*a*), calcaire marin de l'Helvétien inférieur de Casal Vistoso.

A l'Hélvétien moyen (V *b*), les conditions paléogéographiques d'estuaires sont de nouveau réalisées et les sables sont riches en ossements de Vertébrés, très particulièrement de Mastodontes.

Des recherches méthodiquement menées ont permis de rassembler un matériel très abondant dont nous avons entrepris l'étude. 643 pièces ont été mesurées et classées ; elles représentent une centaine d'individus et l'on trouvera dans le tableau suivant le détail des espèces reconnues ; pour chacune d'elles, nous avons noté dans chaque étage le nombre de dents examinées, sans tenir compte de la dentition de lait.

| | | Burdigalien supérieur. — Dentition | | Helvétien inférieur. — (marin et sans Mastodontes). | Helvétien moyen. — Dentition | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | inf. | sup. | | inf. | sup. |
| *Zygolophodon pyrenaicus* | $M_3$... | 0 | 1 | – | 3 | 2 |
| | $M_2$... | 0 | 0 | – | 1 | 0 |
| | $M_1$... | 0 | 0 | – | 0 | 1 |
| | $P_4$... | 0 | 2 | – | 4 | 0 |
| | $P_3$... | 1 | 0 | – | 0 | 1 |
| *Turicius turicensis* | $M_3$... | 0 | 0 | – | 0 | 2 |
| *Trilophodon olisiponensis* | $M_3$... | 5 | 1 | – | 14 | 16 |
| | $M_2$... | 0 | 0 | – | 2 | 0 |
| | $M_1$... | 0 | 1 | – | 2 | 4 |
| | $P_4$... | 0 | 0 | – | 4 | 1 |

(1) G. Zbyszewski, *Services Géologiques du Portugal*, Lisbonne, 1949.

| | | Burdigalien supérieur. Dentition inf. | Burdigalien supérieur. Dentition sup. | Helvétien inférieur. (marin et sans Mastodontes). | Helvétien moyen. Dentition inf. | Helvétien moyen. Dentition sup. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Trilophodon angustidens* | $M_3$ | 6 | 11 | – | 19 | 16 |
| | $M_2$ | 3 | 4 | – | 19 | 31 |
| | $M_1$ | 3 | 0 | – | 5 | 13 |
| | $P_4$ | 2 | 0 | – | 11 | 13 |
| | $P_3$ | 1 | 1 | – | 3 | 11 |
| » » Var. *minor* | $M_3$ | 3 | 3 | – | 13 | 19 |
| | $M_2$ | 2 | 1 | – | 9 | 10 |
| | $M_1$ | 3 | 5 | – | 17 | 24 |
| | $P_4$ | 0 | 0 | – | 0 | 5 |
| » » Var. *imperfecta* | $M_3$ | 0 | 0 | – | 3 | 0 |
| » » Var. *gaillardi* | $M_3$ | 0 | 0 | – | 5 | 8 |
| *Serridentinus lusitanicus* nov. sp. | $M_3$ | 0 | 0 | – | 15 | 15 |
| | $M_2$ | 0 | 0 | – | 10 | 4 |
| | $M_1$ | 0 | 0 | – | 13 | 11 |
| | $P_4$ | 0 | 1 | – | 3 | 1 |
| | $P_3$ | 0 | 0 | – | 4 | 8 |
| » » Var. *minor* | $M_3$ | 0 | 0 | – | 6 | 6 |
| | $M_2$ | 1 | 0 | – | 2 | 4 |
| | $M_1$ | 0 | 0 | – | 5 | 1 |
| | $P_4$ | 0 | 0 | – | 1 | 0 |
| » » Var. *imperfecta* | $M_3$ | 0 | 0 | – | 1 | 0 |
| » » Var. *gracilis* | $M_3$ | 0 | 0 | – | 1 | 0 |
| | $M_1$ | 0 | 0 | – | 4 | 0 |
| *Protanancus estremadurensis* nov. sp. | $M_3$ | 0 | 0 | – | 0 | 3 |
| | $M_2$ | 0 | 0 | – | 0 | 1 |
| | $M_1$ | 0 | 0 | – | 0 | 2 |
| | $P_4$ | 0 | 0 | – | 0 | 4 |
| » » Var. *minor* | $M_3$ | 0 | 0 | – | 0 | 4 |
| | $P_4$ | 0 | 0 | – | 0 | 2 |

Il ressort immédiatement de ce tableau que :

1° Les genres *Zygolophodon* et *Turicius* plus archaïques se sont peu développés durant la période de temps envisagée.

2° Tout au contraire, les genres *Trilophodon* et *Serridentinus* ont pris une extension considérable, se subdivisant même en variétés.

3° Le genre *Protanancus*, inconnu au Burdigalien supérieur, a fait son apparition à l'Helvétien moyen.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du mécanisme d'élaboration de l'alloxane dans l'organisme animal et humain.* Note (*) de MM. **Auguste Loubatières** et **Pierre Bouyard**, présentée par Léon Binet.

On admet que les quantités d'alloxane présentes dans le sang de l'Homme et des animaux normaux sont incapables de jouer un rôle dans le déclenchement du diabète sucré. Nos expériences sont de nature à modifier ce point de vue.

Nos dosages ont été effectués suivant la méthode fluorométrique d'Archibald modifiée ([1]). Sa spécificité se base sur l'identité des spectres de fluorescence donnés par l'alloxane pur et par celui que nous dosons, qui est produit par l'organisme.

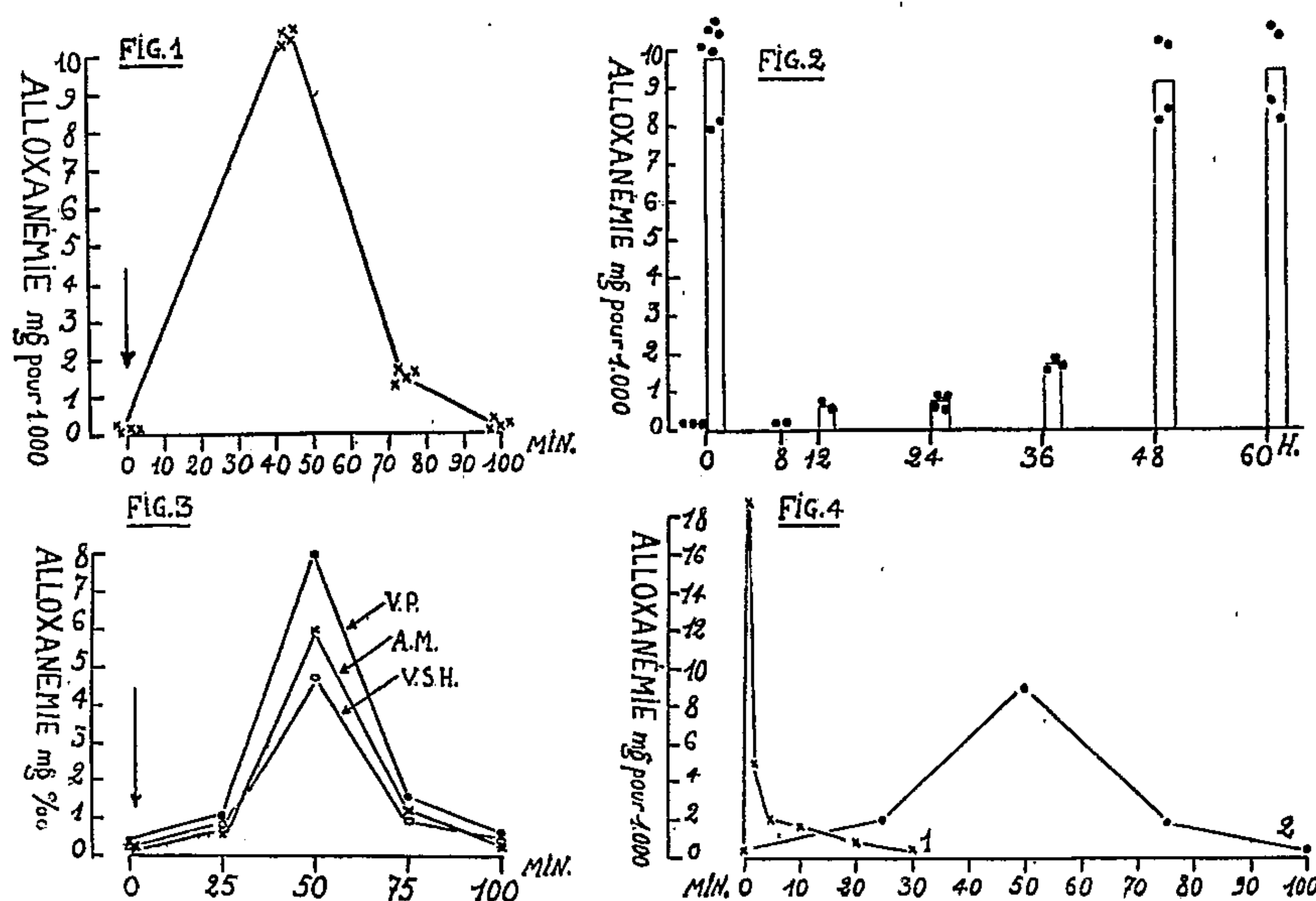



Fig. 1. — Effets de l'administration orale, au temps o, de solution glucosée (2g par kg; solution à 50 %) sur l'alloxanémie de lots de Rats blancs à jeun depuis 48 heures. Chaque point intercepté par la courbe est la moyenne des résultats expérimentaux représentés par une croix. MIN : temps en minutes.

Fig. 2. — Cette figure représente les effets d'une première administration de glucose (2g par kg) au temps o (jeûne préalable de 48 heures) suivie d'une seconde administration après des laps de temps de 8, 12, 24, 36, 48 et 60 heures. Les rectangles verticaux expriment les moyennes des vagues d'hyperalloxanémie observées dans chacun des lots de Rats. H : temps en heures.

Fig. 3. — Expérience réalisée chez le Chien à l'aide de Somnifène intra-veineux ($^1/_3$ cm³ par kg). Une minute après le temps o, injection dans le duodénum de solution glucosée (2g par kg; solution à 50 %). V. S. H. : alloxanémie dans la veine sus-hépatique; A. M. : alloxanémie dans l'artère mésentérique; V. P. : alloxanémie dans la veine porte.

Fig. 4. — Effets comparés des modifications de l'alloxanémie chez le Chien non anesthésié, à jeun depuis 48 heures. *Courbe* 1 : après injection intra-veineuse de 50mg d'alloxane par kg (hyperalloxanémie d'origine *exogène*). *Courbe* 2 : après ingestion de 2g de glucose par kg (solution à 50 %) (hyperalloxanémie provoquée d'origine *endogène*).

(*) Séance du 8 janvier 1951.

([1]) *J. biol. Chem.*, 158, 1945, p. 347.

Nos recherches ont été réalisées sur le Rat blanc, le Lapin, le Chien et l'Homme. Les faits suivants ont été constatés :

Il existe normalement dans le sang de ces quatre espèces un taux d'alloxane compris entre 0,5 et 0,25 mg/l. L'administration par voie orale de solution glucosée à 50 % (2 g/kg) au Rat à jeun depuis 48 heures fait apparaître une vague d'hyperalloxanémie qui peut atteindre 9 à 12 mg/l; son allure s'exprime par la figure 1. Un phénomène semblable se constate avec les autres espèces étudiées.

Le *jeûne préalable de deux jours* est nécessaire pour que la vague atteigne son *intensité maxima*. La figure 2 le démontre. Les administrations glucosées intrapéritonéale ou veineuse sont bien moins efficaces que celles qui sont faites par *voie digestive*.

Les faits en faveur de l'assertion que l'*intestin joue un rôle important dans l'élaboration de l'alloxane sont les suivantes :*

L'alloxanémie s'élève peu chez le Rat à pylore lié avant l'introduction de solution glucosée dans l'estomac. L'injection directe de glucose dans le duodénum du Chien à jeun depuis deux jours, élève l'alloxanémie plus haut dans la veine porte que dans l'artère mésentérique (*fig.* 3). L'anse duodénale isolée du Lapin à jeun depuis quatre jours, perfusée à l'aide de Tyrode, produit de l'alloxane dès qu'elle absorbe du glucose. Les cellules muqueuses duodénales isolées, en suspension dans du liquide physiologique oxygéné, fabriquent de l'alloxane en présence de glucose.

L'alloxanémie sus-hépatique est moins élevée que dans la veine porte (*fig.* 3). *Le foie paraît donc arrêter une partie de l'alloxane produit.*

La figure 4 montre les variations de l'alloxanémie artérielle après injection intraveineuse d'alloxane pur capable de produire un diabète définitif (courbe 1); et, par comparaison, les variations pendant l'absorption de glucose chez le Chien à jeun depuis quarante-huit heures (courbe 2). La confrontation des courbes nous paraît fournir un argument pour *l'hypothèse que la production de quantités excessives d'alloxane par l'organisme peut intervenir dans le déterminisme pathogénique du diabète sucré.*

PHYSIOLOGIE. — *Expériences établissant l'organisation hiérarchique du tonus vasomoteur chez la Grenouille.* Note de MM. **Henri Hermann**, **J. F. Cier** et **R. Flandrois**, transmise par M. Léon Binet.

La membrane interdigitale de la Grenouille est un objet excellent pour étudier les réactions vasomotrices consécutives aux sections et destructions du système nerveux. Il suffit, en effet, d'observer au faible grossissement d'un microscope une artériole de la palmure et de mesurer son diamètre soit avec le micromètre oculaire, soit en dessinant ses contours à la chambre claire, soit en la photographiant, pour apprécier le comportement immédiat ou lointain de ce

vaisseau avant et après diverses lésions du névraxe. Il est facile de prendre des repères précis pour retrouver à plus ou moins longue échéance l'artériole choisie. Les groupements de mélanophores sont à ce sujet particulièrement commodes ainsi qu'on peut le vérifier sur des microphotographies exécutées à longs intervalles chez un même animal.

La mise en œuvre de cette méthode simple a permis de faire les constatations suivantes :

1° La section prébulbaire de l'encéphale ne détermine pas de modification du calibre artériolaire; tout au plus observe-t-on parfois une vasoconstriction passagère. Les centres qui régissent le tonus vasomoteur sont donc situés en arrière de cette section.

2° La section sous-bulbaire en $D_1$ détermine aussitôt une forte dilatation de l'artériole examinée et un arrêt du cours du sang à son intérieur, ce qui démontre l'existence d'un fort tonus vasoconstricteur bulbaire. Passées 15 à 20 heures, l'artériole retrouve son calibre antérieur et le sang, sa vitesse normale. La vasotonicité s'est reconstituée tardivement en l'absence des centres vasomoteurs contenus dans la moelle allongée.

3° Si après avoir pratiqué la section sous-bulbaire et observé la vasodilatation qui vient d'être décrite, on détruit *sans attendre* toute la moelle épinière en arrière de la première paire dorsale, l'artériole s'élargit encore. La moelle exerce une influence sur l'arbre artériel *immédiatement après la mise hors de cause du bulbe*. Cette expérience simple est en faveur de l'existence d'un tonus propre aux centres vasomoteurs spinaux.

4° La destruction de la moelle en arrière de la première paire dorsale est suivie des mêmes effets que la section sous-bulbaire complétée comme il vient d'être dit par la destruction de la moelle. Dans ces deux cas, la dilatation artériolaire disparaît en 24 heures environ (E. Gergens et E. Werber, 1876; H. Hermann et J.-B. Guiran, 1934). Les appareils extrarachidiens sont capables de reconstituer le tonus vasomoteur et par conséquent de suppléer intégralement les centres vasoconstricteurs bulbo-médullaires.

5° Lorsque, après l'élimination du bulbe et de la moelle, le tonus vasomoteur s'est reconstitué, la section du nerf sciatique provoque une augmentation du calibre des artérioles de la palmure. (H. Hermann et J.-B. Guiran). Ainsi est démontrée la réalité d'une action vasotonique des ganglions de la chaîne sympathique, déjà affirmée par Vulpian (1874). Ce sont, en effet, les seules formations nerveuses respectées qui peuvent encore agir sur la vascularisation par l'intermédiaire du nerf sciatique.

6° Toutefois, si la section du nerf est faite aussitôt après la destruction du névraxe, aucune vasodilatation ne se manifeste. Le tonus des ganglions de la chaîne sympathique n'est pas immédiat; il demande environ 24 heures pour se manifester. Dans ces délais, son importance est faible par rapport à celle de la moelle et surtout du bulbe démontrée par les expériences précédentes.

7° Chez la Grenouille dont le système nerveux central est détruit et dont les nerfs sciatiques sont coupés, les artérioles de la membrane interdigitale retrouvent une fois de plus leurs dimensions habituelles : 24 heures sont également nécessaires à cette récupération. En cet état de l'animal, seuls les mécanismes de l'extrême périphérie interviennent : le tonus vasomoteur normal peut se reconstituer en dehors de toute participation du névraxe et des ganglions de la chaîne sympathique.

8° La cocaïnisation du bulbe ou du nerf sciatique a les mêmes effets que leur destruction ou leur section, à cette différence près que l'action du toxique est réversible. Chez un animal dont le tonus vasomoteur s'est rétabli 20 heures après la section sous-bulbaire, une nouvelle section de la moelle faite un millimètre en arrière de la précédente, ne crée aucun changement dans le vaisseau examiné. Ces vérifications expérimentales éliminent l'intervention du choc spinal et d'actions irritatives dues aux agressions nerveuses.

Ces huit groupes d'expériences simples démontrent, chez la Grenouille l'existence d'une organisation hiérarchique de la vasomotricité, dont les instruments se classent, en importance, suivant nos résultats, dans l'ordre : bulbe, moelle, périphérie vasculaire, ganglions de la chaîne sympathique. Ils montrent également que les centres vasoconstricteurs spinaux, les mécanismes de l'extrême périphérie, et à un moindre degré, les ganglions sympathiques sont doués de capacités vicariantes tardives, susceptibles de rétablir dans les vingt-quatre heures un tonus vasomoteur identique à celui qui existe chez l'animal normal et par conséquent, aptes à maintenir, dans les conditions les plus diverses, un état circulatoire compatible avec la vie.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *État des glandes endocrines au cours de l'érythroblastose aviaire transmissible (leucose aviaire).* Note (*) de M<sup>lle</sup> **Lucie Arvy** et M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Robert Courrier.

L'érythroblastose aviaire transmissible détermine une activation thyroïdienne précoce et importante, une augmentation du tissu interrénal des glandes surrénales et une augmentation du volume de l'hypophyse, avec accroissement du pourcentage des cellules acidophiles. La structure du pancréas endocrine et de la parathyroïde n'est pas modifiée.

Depuis la découverte d'Ellermann et Bang (1), les modifications du sang et des organes hématopoiétiques au cours de l'érythroblastose aviaire transmissible ont été étudiées par de nombreux auteurs; ces travaux ne font pas mention des glandes endocrines. Des recherches cytologiques et histochimiques sur cette affection, poursuivies en collaboration avec MM. M. Bessis

(*) Séance du 3 janvier 1951.

(1) *Zt. Hyg. Infektionskr.*, 63, 1909, p. 231.

et P. Freixa, nous ont permis d'observer un retentissement important de l'érythroblastose sur certaines glandes endocrines.

La structure du pancréas endocrine et celle de la glande parathyroïde ne subissent pas de changement; il existe, par contre, des modifications thyroïdiennes, surrénales et hypophysaires très nettes.

La *glande thyroïde* augmente progressivement de volume au cours de l'affection; en fin d'évolution, son poids a doublé par rapport aux témoins. L'examen histologique montre tous les signes habituels de l'hyperfonctionnement. En effet, l'épithélium thyroïdien est haut; les noyaux sont ronds et centraux, il existe une bordure cytoplasmique très nette au pôle apical, le chondriome et les corps de Golgi sont bien développés, la colloïde est nettement vacuolisée. Cet aspect contraste avec la structure de la glande thyroïde de poules témoins, examinées à la même époque de l'année; la glande thyroïde de ces dernières est dans un état d'activité faible. L'activation thyroïdienne est d'autant plus importante que l'atteinte de l'organisme est plus profonde.

La *glande surrénale* subit également une augmentation de poids. Cette variation pondérale semble due à une hyperplasie du tissu interrénal, homologue du cortex surrénal des Mammifères. Le rapport *tissu interrénal/tissu phéochrome*, qui est de 0,80 environ chez les témoins, passe à 2 au moment où les cellules érythroblastiques anormales envahissent le sang circulant. Contrairement à l'hyperfonctionnement thyroïdien, cette hyperplasie de la glande surrénale diminue aux derniers stades de l'affection; le rapport *tissu interrénal/tissu phéochrome* reste cependant très supérieur à la normale (1,60 environ).

Les dimensions du *lobe glandulaire de l'hypophyse* atteignent, chez les poules autopsiées aux stades terminaux de l'érythroblastose, des valeurs doubles de la normale. L'examen histologique montre un accroissement considérable du pourcentage des cellules acidophiles. Les modifications morphologiques de l'hypophyse s'accentuent à mesure qu'évolue l'érythroblastose.

Les glandes surrénales des poules autopsiées aux stades terminaux de l'érythroblastose contiennent de nombreux foyers intra-parenchymateux, faits de cellules érythroblastiques anormales. Des foyers beaucoup plus rares et plus petits existent dans l'hypophyse; nous n'en avons jamais trouvé dans les autres glandes endocrines.

L'hyperfonctionnement thyroïdien, dont les traductions morphologiques ont été signalées ci-dessus, pourrait expliquer la quasi-disparition du glycogène hépatique histochimiquement décelable dans le foie de ces animaux, rapportée dans un travail précédent (²). Cette activation thyroïdienne représente la modification inverse de celle qui a été signalée au cours du *syndrome général*

(²) L. Arvy, M. Bessis, P. Freixa et M. Gabe, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 883.

*d'adaptation* [3]. De même, l'augmentation du pourcentage des cellules acidophiles de l'hypophyse contraste avec la *dégranulation* des éléments en question au cours du syndrome d'adaptation. Seul l'état de la glande surrénale pourrait évoquer l'hypothèse d'une modification non spécifique.

Des modifications fonctionnelles des glandes endocrines ont été décrites au cours des diverses leucémies de l'Homme; les différences entre les leucémies humaines et l'érythroblastose aviaire transmissible sont cependant trop importantes pour permettre la mise en parallèle des modifications que présentent les glandes endocrines au cours de ces affections.

ZOOLOGIE. — *Allochromie liée aux modifications du métabolisme chez les Hémiptères des genres* Dolycoris *et* Carpocoris. Note de M. **Claude Dupuis**, présentée par M. Louis Fage.

Les Hémiptères *Dolycoris baccarum* et *Carpocoris pudicus* présentent dans les deux sexes une coloration particulière résultant en général du fonctionnement normal des gonades, mais que leur fonctionnement atypique, l'action d'un parasite âgé ou l'inanition déterminent également. Cette coloration semble liée à des changements du métabolisme et notamment aux modifications qui entraînent la consommation des réserves.

Diverses espèces d'Hémiptères Hétéroptères, et notamment de Capsides [1], présentent en période de reproduction une coloration distincte de celle de la période d'inactivité génitale; aucun fait de ce genre n'était connu avec certitude chez les *Pentatomoidea*, les diverses colorations des *Eurydema* dépendant, semble-t-il, des conditions externes [2].

Mes observations de 1949 et 1950, à la Station Expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire), me permettent d'affirmer l'existence de colorations de type sexuel chez deux espèces de ce groupe, *Dolycoris baccarum* (L.) et *Carpocoris pudicus* (Poda) dont j'ai étudié la génération d'été : imagos nés au printemps et en activité génitale, jeunes imagos d'été immatures. Dans les deux espèces, ces derniers, riches en corps gras (♀♀ à ovaires juvéniles, ♂♂ à testicules turgescents, sac mésadénial vide) présentent dorsalement une coloration grisâtre terne, étendue au pronotum et aux cories; la face ventrale est grisâtre ou blanchâtre, plus ou moins rosée chez *Dolycoris*, d'un blanc jaunâtre, livide et sans éclat chez *Carpocoris*. Les imagos en activité génitale sont nettement différents. Chez *Dolycoris*, ♂♂ et ♀♀ sensiblement identiques, présentent du violet clair sur l'arrière du pronotum et les cories, le scutellum jaune tranche sur le fond de coloration, la face ventrale se pigmente d'un jaune éclatant.

---

(3) H. Selye, *Ann. Endocrinologie*, **7**, 1946, p. 289.

(1) B. Kullenberg, *Zool. Bidrag. Uppsala*, **23**, 1944, p. 463 et suiv.

(2) C. Dupuis, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 879-880.

Chez *Carpocoris* on observe en outre une nette différence sexuelle. Les cories et la moitié postérieure du pronotum des ♂♂, vermillons ou rouge-brique, tranchent sur un fond orangé où ressortent, en noir très marqué, les lignes longitudinales du pronotum et les taches connexivales et scutellaires. Chez les ♀♀, les couleurs, plus vives et plus contrastées, donnent à l'insecte un aspect tricolore : carmin violacé pour les cories et l'arrière du pronotum, jaune de chrome ou orangé en dehors de ces zones, noir enfin pour les mêmes macules que chez les ♂♂. Le ventre dans les deux sexes est d'un jaune vert brillant, ou presque vert.

J'ai étudié par la dissection un total (pour les deux années) de 193 *Dolycoris* et 129 *Carpocoris* au stade imaginal, dont 3 ♂♂ et 20 ♀♀ de *Dolycoris*, 30 ♂♂ et 38 ♀♀ de *Carpocoris* présentant les vives couleurs décrites ci-dessus; cette étude me permet d'assigner aux colorations qu'on serait tenté dans la plupart des cas de considérer comme d'origine génitale une signification plus générale. Leur cause naturelle, c'est-à-dire la plus probable et la plus constamment réalisée reste sans doute l'activité normale des gonades, ce que m'a prouvé la dissection des 68 *Carpocoris*, tous à la fois vivement colorés et en activité génitale.

D'autres causes, cependant, produisent des effets identiques car, chez les 23 *Dolycoris* cités ci-dessus, 2 ♂♂ et 7 ♀♀ n'étaient nullement en activité génitale, en dépit de leur coloration (³).

Certains individus présentaient des colorations de type sexuel corrélatives d'un fonctionnement anormal de l'ovaire (gonflement des ovarioles ou de quelques uns d'entre eux, sans développement des œufs, chez les ♀♀ tardives, de fin septembre à octobre). Chez certains autres, l'action destructice de viscères d'un parasite âgé (larve de Diptère *Phasiinæ* au stade III sarcophage) ou simplement l'inanition avaient produit une coloration comparable.

Cette coloration est donc moins liée à un facteur proprement sexuel qu'à des modifications du métabolisme normal. Celles-ci, induites par des facteurs variés s'expriment toutes en définitive de manière identique, par le passage d'une économie d'accumulation à une active consommation de réserves. On le constate aussi bien chez les individus inanitiés ou parasités que chez les ♀♀ gravides dont le corps gras disparaît à mesure que la gravidité s'affirme. Il y a comme un virage du métabolisme, séparant deux phases physiologiques superposables aux périodes écologiques et éthologiques de *Reifungsfrass* et de *Fortpflanzung* décrites par W. Tischler (⁴). Ce virage n'est peut être pas

(³) Cette différence statistique entre *Carpocoris* et *Dolycoris* tient à l'observation des *Dolycoris* sur la fin de leur période de reproduction et des *Carpocoris* en plein milieu de celle-ci, par suite du décalage normal des cycles biologiques; elle tient aussi au fait que certains imagos de *Dolycoris* en activité génitale avaient été parasités par un diptère, tandis que les *Carpocoris* en étaient indemnes.

(⁴) *Zeitschr. f. Morph. u. Oekol. d. Tiere*, Berlin, 34, 1938, p. 330-334.

irréversible, car la coloration correspondant à la phase de consommation des réserves paraît pouvoir régresser lorsque des circonstances occasionnelles imposent un retour à un métabolisme normal ou presque (par exemple, lorsqu'une larve de *Phasiinæ* au stade II, proprement parasite, c'est-à-dire ménagère de son hôte et non plus sarcophage, stoppe net l'activité ovarienne).

CYTOLOGIE. — *Sur la présence de ganglions épipharyngiens chez* Forficula auricularia *L.* Note de M. **Jean Lhoste**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Poursuivant l'étude des organes céphaliques de *Forficula auricularia* L., il nous a été donné de découvrir deux ganglions épipharyngiens comparables à ceux qui ont été décrits chez les Collemboles et chez les Lépismes. L'étude cytologique et histochimique a permis de définir deux catégories cellulaires.

Il existe chez *Forficula auricularia* L., à la base du labre, une paire d'organes symétriques fixés à la paroi supérieure du pharynx (*fig.* 1 *g. p.*). Il n'a pas été décrit, à ma connaissance, par les auteurs qui se sont intéressés à l'anatomie de la tête des Dermaptères.

Ces organes distants l'un de l'autre de $50^{\mu}$ sont étroitement accolés à l'hypoderme du pharynx. Ils ont la forme d'un cône à base elliptique ayant $130^{\mu}$ de grand diamètre et $75^{\mu}$ de petit diamètre. La hauteur de l'ensemble atteint $90\text{-}100^{\mu}$. Un nerf dorsal (*fig.* 2 *n*) part du sommet de chaque organe, rejoint le nerf labral qui, en longeant l'hypoderme céphalique latéral, aboutit au tritocerebron. Un nerf postérieur volumineux et long de $70^{\mu}$ part de la partie basale de chaque organe et pénètre dans l'hypoderme pharyngien.

Les cellules formant ces organes appartiennent à deux types différents. Certaines sont de petite taille et mesurent environ $15^{\mu}$ de diamètre. Elles sont surtout localisées au voisinage de l'insertion du nerf dorsal. Le cytoplasme de ces cellules est dense, riche en ribonucléines pyroninophiles (*technique de Brachet*). Le chondriome (*technique d'Altmann-Gabe*) se compose uniquement de nombreuses mitochondries de $1^{\mu}$ environ de diamètre. Les corps de Golgi (*technique de Nassonow*) sont périnucléaires. Les noyaux, ovalaires ou sphériques, mesurent au maximum $7^{\mu}$. Ils ont une chromatine (*technique de Feulgen*) peu dense et finement mottée et ils sont le plus souvent dépourvus de nucléole.

Toutes ces caractéristiques cytologiques et histochimiques sont celles de cellules nerveuses.

D'autres cellules occupent, au sein de l'organe, un volume beaucoup plus important que celui occupé par les cellules du type précédent. Elles mesurent 30 à $50^{\mu}$ de longueur et 10 à $20^{\mu}$ de largeur. De fines trachées les parcourent. Le cytoplasme est réduit à un fin réseau dans lequel on observe des mitochon-

dries en nombre variable et des corps de Golgi assez rares. Les espaces entre les mailles du réseau cytoplasmique tantôt restent incolores, tantôt se teintent

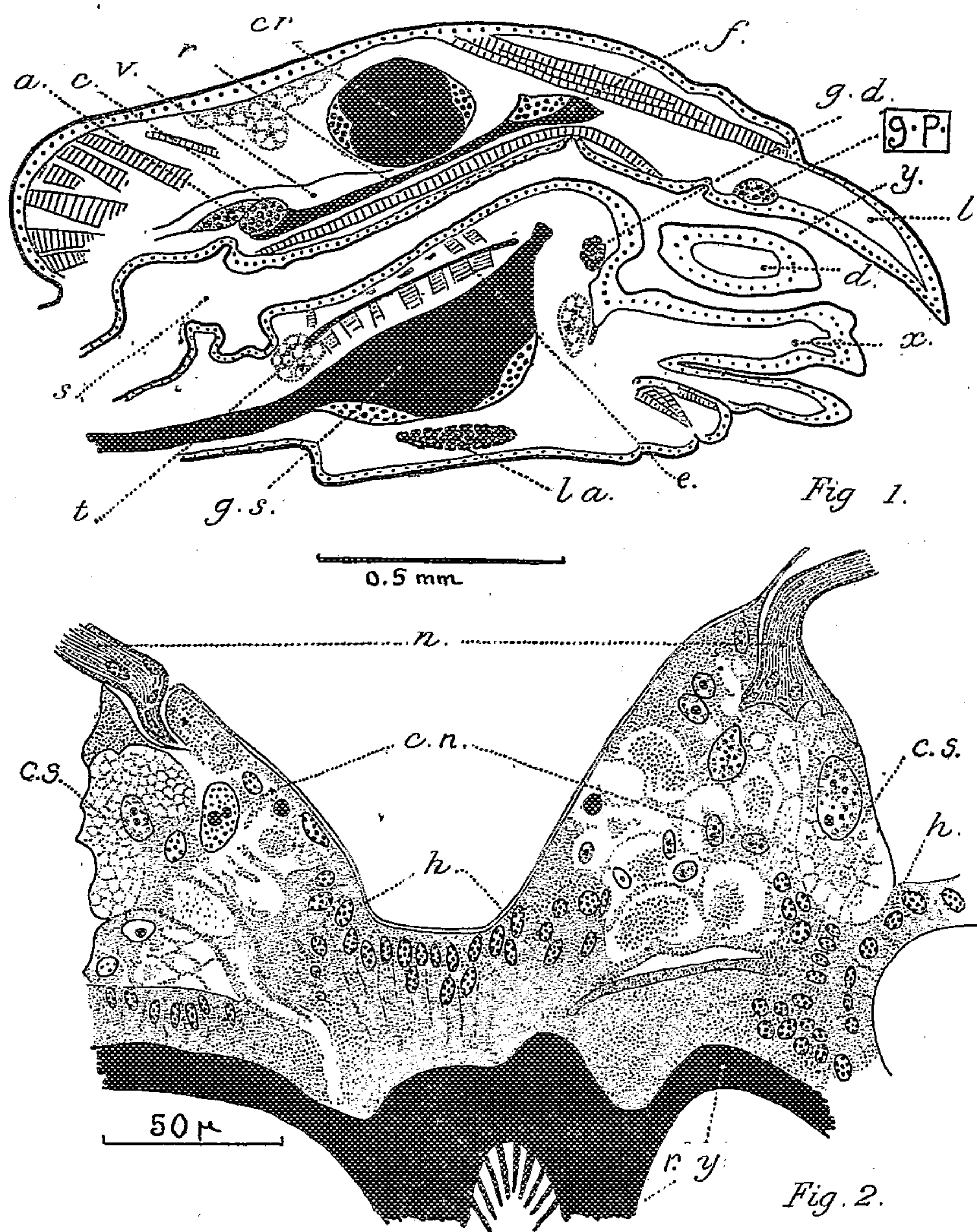



Fig. 1. — Coupe sagittale paramédiane d'une tète de *Forficula auricularia* L. (Dessin semi-schématique). *a*, *corpus allatum*; *c*, *corpus cardiacum*; *cr*, ganglion cérébroïde; *d*, mandibule; *e*, endosquelette; *f*, ganglion frontal; *g. d.*, glande mandibulaire; *g. p.*, *ganglion épipharyngien*; *g. s.*, ganglion sous-œsophagien; *l*, labre; *la*, glande labiale; *r*, nerf récurrent; *s*, œsophage; *t*, tissu adipeux; *v*, aorte; *x*, maxille; *y*, pharynx.

Fig. 2. — Coupe transversale des ganglions épipharyngiens. Fixation au Gendre, coloration par le trichrome de Ramón y Cajal. *c. n.*, cellules nerveuses; *c. s.*, cellules glandulaires; *h*, hypoderme; *n*, nerf épipharyngien; *r. y.*, revêtement chitineux du pharynx.

en rouge vif par la fuchsine d'Altmann. Les travées cytoplasmiques contiennent également quelques traces de ribonucléines pyroninophiles. La chromatine est plus dense dans les noyaux de petite taille ($5^{\mu}$ sur $6\text{-}7^{\mu}$) que dans les

noyaux plus volumineux ($8^{\mu}$ sur $10^{\mu}$). Les noyaux les plus petits possèdent un ou deux nucléoles atteignant $5^{\mu}$ de diamètre. Sur certaines préparation, ces nucléoles semblent s'échapper des noyaux, donnant ainsi des figures d'expulsion nucléolaires. Les noyaux les plus volumineux, apparemment plus âgés, sont dépourvus de nucléoles.

Ces cellules présentent des aspects d'activité très nets et peuvent être assimilées à des cellules glandulaires.

Les organes dont il vient d'être question semblent être les homologues des ganglions épipharyngiens signalés par Denis (1) chez *Tomocerus* et par Chaudonneret (2) chez *Thermobia domestica* Pack. L'étude cytologique et histochimique chez *F. auricularia* L. met en évidence deux types cellulaires dont l'un est nerveux et l'autre glandulaire.

BIOLOGIE. — *Excrétion urinaire d'une substance proche de l'hormone thymique chez l'Homme.* Note (*) de M. J. Comsa, transmise par M. Robert Courrier.

Il a été fait état ailleurs (1) de l'action antithyroïdienne de l'hormone thymique. D'autre part, l'action antithyroïdienne de l'urine humaine a été remarquée par W. Hoffmann et O. Luterotti (2). La question de savoir si cette propriété de l'urine traduit la présence d'une substance qui serait proche de l'hormone thymique ou cette hormone elle-même sera examinée dans ce qui suit.

L'urine de 48 heures de jeunes garçons et d'hommes en bonne santé, évaporée à sec et lavée à l'éther, est extraite par le procédé Bezssonoff (3), avec des modifications de détail.

Avec les préparations ainsi obtenues, les trois expériences suivantes ont été faites :

1. *Titration biologique des extraits à l'aide des deux épreuves décrites ailleurs* (4). — Sur des Cobayes thymithyréoprivés et castrés, on recherche la quantité d'extrait qui annule l'effet de 10γ de thyroxine injectée en même temps que l'extrait. Le résultat est résumé dans le tableau I.

(1) *Arch. Zool. exp.*, 68, (1), p. 1-291.
(2) *Thèse doctorat ès-Sciences*, Paris, 1946.

(*) Séance du 3 janvier 1951.
(1) Comsa, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2061; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1035.
(2) *Klin. Wsch.*, 1933, 1941.
(3) Mentionné par Comsa (*Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2061).
(4) Pour la présence de l'hormone B. C. dans le thymus humain (Comsa, *Ann. Endocr.*, 10, 1949, p. 379).

TABLEAU I.

| Age. | Poids (kg). | Excrétion d'hormone (*). | Age. | Poids (kg). | Excrétion d'hormone (*). |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 mois........ | 3,9 | 1045 | 12 ans......... | 37,6 | 538 |
| 3 » ........ | 5,56 | 1398 | 15 » ......... | 47,0 | 262 |
| 4 » ........ | 6,12 | 1107 | 19 » ......... | 64,0 | 167 |
| 5 » ........ | 6,24 | 1100 | 19 » ......... | 70,0 | 179 |
| 3 ans......... | 16,8 | 956 | 21 » ......... | 63,5 | 213 |
| 4 » ......... | 18,1 | 815 | 26 » ......... | 73 | 194 |
| 6 » ......... | 19,6 | 794 | 26 » ......... | 83 | 176 |
| 7 » ......... | 24,0 | 742 | 32 » ......... | 67 | 185 |
| 8 » ......... | 26,8 | 670 | 37 » ......... | 52 | 183 |
| 9 » ......... | 27,8 | 629 | 42 » ......... | 90 | 168 |
| 11 » ......... | 32,2 | 645 | 50 » ......... | 65 | 176 |

(*) en U. C. par kilogramme et 24 heures.

La préparation a donc une action antithyroïdienne mesurable. Une baisse graduelle du taux d'excrétion peut être relevée en fonction de l'âge. A partir de 19 ans, cette baisse s'arrête; le taux d'excrétion varie assez peu d'un adulte à l'autre. Des essais sont en cours sur ce sujet dans des conditions pathologiques. Il peut être signalé d'ores et déjà, que l'excrétion est légèrement accrue dans le myxœdème (862 unités chez un garcon de 10 ans), et très diminuée dans le mal de Basedow (18, 27 et 37 unités chez trois sujets âgés de 18, 19 et 19 ans).

2. *Loi de l'interaction de ces préparations avec la thyroxine.* — L'extrait n° BC 47 est injecté à des cobayes thymithyréoprivés et castrés en même temps que des quantités variables de thyroxine. On recherche la plus petite quantité d'extrait qui annule l'effet de la thyroxine (épreuve de la créatinurie). *Voir* tableau II.

TABLEAU II.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thyroxine $\gamma$/100$^g$.......... | 4 | 7 | 10 | 15 | 20 | 24 | 26 | 27 |
| Dose utile d'extrait $\gamma$/100$^g$.. | 15 | 25 | 36 | 55 | 73 | 90 | 154 | 370 |
| Rapport................. | 3,75 | 3,57 | 3,6 | 3,65 | 3,65 | 3,75 | 5,92 | 13,7 |

Comme pour l'hormone thymique, la dose utile d'extrait est une fonction linéaire de la dose de thyroxine. Comme pour l'hormone thymique également, la loi semble cesser de se vérifier au-dessus de 24$^\gamma$ de thyroxine.

3. *Action de la préparation sur la croissance des cobayes thymiprivés.* — Cinq cobayes mâles, thymiprivés, pesant de 150 à 180$^g$ au moment de l'opération reçoivent des injections de BC 47 à raison de quatre unités-cobaye par 100$^g$ et 48 heures [soit la dose suffisante pour l'extrait de thymus ([5])].

([5]) COMSA, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1940, p. 56.

L'expérience a été poursuivie pendant 40 jours (*voir* tableau III). Elle a été arrêtée, car entre le 40[e] et le 44[e] jour après l'opération, deux sur cinq témoins sont morts.

La différence de la vitesse de croissance des deux groupes d'animaux est notable.

TABLEAU III.

| | | Poids des cobayes thymiprivés en pour 100 du poids initial. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jour depuis l'opération.... | 0. | 5. | 10. | 18. | 27. | 35. | 40. |
| Aucun traitement........ | 100 | 100 ±5 | 106 ±4,8 | 104 ±6 | 116 ±2,9 | 123 ±8,3 | 131 ±11 |
| Injection de la préparation thymique BC 21....... | 100 | 120 ±5 | 127 ±6 | 150 ±7 | 172 ±4,5 | 180 ±7,2 | 193 ±5,6 |
| Injection de la préparation urinaire BC 47......... | 100 | 118 ±1,4 | 129 ±1,9 | 141 ±3 | 167 ±2,9 | 178 ±6,7 | 198 ±5,6 |

En somme, la préparation extraite de l'urine montre un certain nombre de traits communs avec l'hormone thymique extraite de la glande :

1° on peut l'extraire par le même procédé;

2° elle a une action antithyroïdienne qui suit la même loi;

3° elle permet la survie et la croissance des cobayes thymiprivés.

Il semble hautement probable qu'il s'agit là de substances très proches l'une de l'autre, sinon d'une seule et même substance.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Influence de la rétention expérimentale de la soie sur la métamorphose de* Bombyx mori (*L*). Note (*) de M. **Paul Allegret**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez *Bombyx mori*, le fonctionnement normal des glandes séricigènes paraît, d'après les travaux de Lesperon ([1]), indispensable à l'accomplissement de la métamorphose. Yositiro Umeya ([2]) a effectué des essais conduisant à des résultats analogues : la rétention de soie, expérimentalement provoquée par cautérisation de la filière, produit une intoxication. Dans le but de préciser l'importance de cette intoxication et d'en étudier le mécanisme, nous avons repris sur *Bombyx mori* (race industrielle Roustan 200 à 300) l'obturation de la filière à l'aide de l'électrocautère ([3]).

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Arch. Zool. Expér. et Génér.*, **79**, 1937.

([2]) *Bull. of the Seric. Exper. Station of Chosen*, **12**, 1926, n° **1**, Suigen Chosen Japan.

([3]) Ces essais ont été réalisés grâce aux élevages mis à notre disposition par la Station de Recherches Séricicoles d'Alès.

Ces opérations sont réalisées sur des larves du dernier stade, après la période d'alimentation qui demeure ainsi entièrement normale. Effectuée lors de la montée des vers sur la bruyère, la cautérisation supprime complètement le rejet de soie. En opérant à une période plus ou moins avancée de la construction du cocon, laquelle normalement se poursuit pendant 3 jours et demi, nous avons réussi à ne bloquer qu'une partie de l'émission soyeuse. Nous avons donc cautérisé différentes séries de chenilles soit dès la montée, soit 24, 36, 48, 60, 72 et 84 heures après ce point critique.

Le blocage total de l'émission de soie, réalisé par cautérisation au moment de la montée, inhibe dans la grande majorité des cas la mue nymphale : 75 % des chenilles meurent à l'état larvaire, après avoir pris une coloration voisine de celle de la soie puis brune et noirâtre. Ces larves mélaniques subissent souvent peu de temps après la mort, une sorte de momification : les tissus durcissent et se déshydratent. La dissection montre l'éclatement fréquent des glandes séricigènes surtout chez les mâles. Le reste des larves ébauche une mue nymphale, mais l'exuviation est souvent à peine commencée et 8 nymphes seulement ont été obtenues pour 105 sujets. Ces nymphes, toutes femelles et de poids très supérieur à celui des témoins, meurent après quelques jours et noircissent ([1]).

Le blocage partiel de l'émission de soie, effectué par cautérisation des larves pendant la construction du cocon, donne des résultats différents :

La mue nymphale devient très fréquente dès que l'émission d'une faible quantité de soie a été possible (80 % de mues nymphales pour les chenilles cautérisées 24 heures après la montée). La proportion des exuviations incomplètes diminue rapidement. L'apparition des nymphes est retardée pour toutes les cautérisations faites dans les 48 heures qui suivent la montée et ce retard est plus important pour les mâles que pour les femelles. Les nymphes apparaissent au contraire en temps normal pour toutes les chenilles cautérisées 60 heures ou plus après la montée.

Toutes les nymphes issues de chenilles cautérisées moins de 48 heures après la montée sont mortes 4 à 8 jours après la mue nymphale. Deux exceptions seulement (deux chenilles cautérisées 36 heures après la montée) ont donné des imagos femelles incapables de se dégager de leur exuvie.

Les imagos, rares lorsque les cautérisations ont lieu 48 heures après la montée, apparaissent de plus en plus nombreux dans les séries opérées tardivement. La proportion d'éclosions imaginales est normale dans le cas des opérations effectuées après 84 heures. Tous ces imagos sont féconds mais rejettent une quantité de méconium bien plus importante que les témoins.

---

([1]) Des larves et des nymphes d'aspect identique se retrouvent dans les élevages industriels et sont designés verts courts, de même que tous les individus n'ayant pas sécrété de soie.

Ces essais montrent bien la nécessité pour *Bombyx mori* du rejet de la soie pour l'accomplissement de la métamorphose. Nous pensons pouvoir expliquer facilement la plus grande sensibilité des mâles par l'importance plus grande chez eux de l'excrétion soyeuse, fait connu depuis Quajat ([5]).

Mais il semble exister deux facteurs distincts dans ce que les auteurs ont appelés toxicité de la soie.

D'une part la mue nymphale ne paraît possible que lorsque les glandes séricigènes sont capables d'accumuler la totalité des substances normalement excrétées sous forme de soie. Ce rapport entre la capacité des glandes et le volume total de la soie peut être variable suivant les races ([6]), et dans une même race suivant les sexes. Lorsque les glandes sont incapables de retirer du milieu intérieur les substances qu'elles éliminent normalement, ces déchets peuvent soit contrarier les mécanismes hormonaux, soit causer une intoxication brutale.

D'autre part, dans le cas où la mue nymphale se produit, les glandes séricigènes qui ont emmagasiné la totalité de la soie subissent au cours de la métamorphose une histolyse. Leur contenu retourne ainsi à l'hémocœle. La survie de la nymphe à cette période de l'histolyse et l'éclosion de l'imago ne semblent possibles que lorsque la quantité de déchets protidiques ainsi libérés est suffisamment faible pour être éliminée par les organes excréteurs normaux de la nymphe, (d'où vraisemblablement l'abondance du méconium chez les imagos provenant de chenilles cautérisées).

IMMUNOLOGIE. — *Immunité, sensibilité et insensibilité aux antigènes.* Note de M. **Philippe Barral**, transmise par M. Gaston Ramon.

Diverses recherches portant sur les phénomènes d'immunité et de sensibilité du Cobaye et du Cheval vis-à-vis de la strychnine, puis sur le sérum de chevaux ayant reçu des injections d'aninsuline, ont permis d'isoler deux fractions sériques, l'une à fonction immunisante B, l'autre à fonction sensibilisante M.

La fraction B est précipitée du sérum par addition à celui-ci de neuf fois son volume d'eau distillée.

Après élimination par centrifugation de la fraction B, la fraction M est obtenue en ajoutant au liquide limpide, de l'eau distillée (30 fois le volume initial du sérum).

---

([5]) *Boll. di Bachi*, Padoue, 1883.

([6]) Des essais effectués au même stade sur différentes races ont montré que les types de *Bombyx mori* à cocon petit et serré seraient plus sensibles à la cautérisation que ceux à cocon gros et lâche.

Les caractères essentiels de ces deux fractions sont notées dans le tableau ci-dessous :

| Caractères. | Fraction B. | Fraction M. |
| --- | --- | --- |
| Action physiologique vis-à-vis de l'antigène............ | Immunisante | Sensibilisante |
| Époque d'apparition de l'activité physiologique ou du pouvoir floculant spécifique dans le sérum de l'animal réactif.................. | Précoce, du 7e au 13e jour, rarement plus tôt | Tardive du 13e au 14e jour |
| Proportions relatives....... | Habituellement plus abondante | En général très faible |
| Pseudo-solubilité dans l'eau salée isotonique.......... | Plus lente et parfois difficile | Rapide et facile |
| Action du chauffage à 56°.... | Pouvoir spécifique thermolabile | Pouvoir spécifique thermostable |
| Action du temps........... | Pouvoir spécifique disparaissant en 13 à 14 jours mais persistant à la chambre froide | Pouvoir spécifique persistant |

Les divers états des fractions B et M rendent compte des différences de comportement de l'organisme vis-à-vis d'un antigène déterminé :

Immunité vis-à-vis de l'antigène, lorsque B présente la réaction spécifique;

Sensibilité lorsque M présente cette réaction;

Insensibilité lorsque B et M ne présentent pas de réaction spécifique.

Chacune de ces fractions réagit pour son compte, si bien que différentes combinaisons peuvent coexister dans le sérum.

L'évolution de ces fractions peut se concevoir ainsi :

*Fraction* B. — La répétition des interventions antigéniques entraîne la consommation et l'usure de celle-ci, avec réduction progressive de son activité spécifique et de son importance quantitative.

*Fraction* M. — L'organisme tend à l'éliminer par copulation avec l'hémoglobine ou l'hématine. La réinjection intraveineuse de sang lysé, les injections intraveineuses d'hémine font diminuer son pouvoir floculant spécifique et la font disparaitre elle-même. En pathologie, ce phénomène se traduit par une anémie pouvant être freinée par une augmentation de la résistance globulaire.

Parmi les espèces, comme parmi les individus :

Certains sont de bons producteurs d'immunité, tant est abondante la fraction B de leur sérum, et tant celle-ci est capable de se reconstituer et de réagir spécifiquement.

Chez d'autres au contraire, il y a développement de la sensibilité à la faveur d'une déficience constitutionnelle ou acquise de leur fraction B, et surtout de l'abondance de la fraction M envahissant le sang en permanence ou par décharges, et d'un dérèglement du système libérateur d'hémoglobine. Tout se passe comme si un tel organisme ne pouvait trouver dans sa propre substance les facteurs nécessaires à son immunisation et à son insensibilisation.

L'état humoral ne corrrespond pas toujours à chaque instant exactement aux réactions spécifiques des différents tissus de l'organisme. Dès que celui-ci a quitté son état initial d'insensibilité, les phénomènes d'immunité et de sensibilité devraient réaliser un état d'équilibre stable indispensable à sa défense. Lorsque cet équilibre fait défaut, l'instabilité passagère ou permanente qui en résulte entraîne une déviation secondaire des divers processus de réaction et d'interaction de l'organisme, conditionnant certains phénomènes pathologiques ([1]).

IMMUNOLOGIE. — *Séro-diagnostic de la syphilis par immobilisation du* Treponema pallidum (*méthode de Nelson*). Note de MM. **Constantin Levaditi**, **Aron Vaisman** et M^lle^ **Annette Hamelin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le séro-diagnostic de la syphilis s'est enrichi d'une nouvelle méthode permettant de mettre en évidence, soit dans le sérum de lapins préalablement syphilisés, soit dans celui de sujets humains atteints de tréponémose (actuelle ou ancienne), la présence d'anticorps capables d'immobiliser *in vitro* le *Treponema pallidum*, dans des conditions où les sérums normaux n'exercent que très rarement une telle action immobilisante. Ces anticorps sont totalement différents de ceux qui entrent en jeu dans les techniques de diagnostic de la syphilis utilisant un antigène de nature lipidique. Cette découverte a été effectuée en 1949 par Nelson et Mayer ([1]), et par Nelson, Diesendruck et Zheutlin([2]); elle a été confirmée par Magnuson et Thompson ([3]). Son importance nous a engagés, dès octobre 1950, à la soumettre à une vérification expérimentale; nous résumons dans la présente Note préliminaire l'ensemble de nos constatations ([4]).

---

([1]) On trouvera la bibliographie et le détail de ces recherches dans un article du *Bulletin de la Société de Pathologie Comparée* (sous presse).

([1]) *J. exp. Med.*, 89, 1949, p. 369.

([2]) *Division of Ven. Dis., United States Public Health Serv.*, 1949, p. 15.

([3]) *J. Ven. Dis. Inf.*, 30, 1949, p. 309.

([4]) La recherche des anticorps dans les infections tréponémiques a été effectuée déjà par C. Levaditi et Marie (*C. R. Soc. Biol.*, 62, 1907, p. 872), Eberson (*Arch. Derm. Syph.*, 4, 1921, p. 490), Tani et Ogiuti (*Japan. J. exp. Med.*, 14, 1936, p. 457), Turner (*J. exp. Med.*, 69, 1939, p. 867), mais les résultats ont été négatifs ou peu probants.

TECHNIQUE. — Nous avons appliqué la technique indiquée par Nelson et ses collaborateurs, en tenant compte des modifications que Nelson nous a communiquées personnellement, ainsi que des simplifications apportées par Magnuson et Thompson. Inactivation préalable, à 56°, des sérums à examiner. Milieu : celui de Nelson (à base d'albumine cristallisée des Laboratoires Armour), mais sans addition de vitamines. Complément de Cobaye, frais ou lyophilisé (sérum recueilli par ponction intracardiaque). Tréponèmes provenant de lésions syphilitiques de lapins (souche Gand ou Nichols), lésions localisées dans le scrotum ou le parenchyme testiculaire; ces syphilomes ont été prélevés 14 à 48 jours après l'inoculation. En présence de complément, la durée de la mobilité des spirochètes provenant de syphilomes récents a été plus prolongée que celle des parasites fournis par des lésions plus anciennes. Lecture après 15 heures de séjour à 35° dans une atmosphère d'azote et de gaz carbonique. Dénombrement des spirochètes immobilisés et évaluation du pourcentage d'immobilisation (calculs portant sur un minimum de 50 éléments). Emploi du microscope à fond noir. (Pour les détails complémentaires, se rapporter aux travaux originaux des auteurs américains.)

TEST D'IMMOBILISATION. — Pour chaque sérum, deux tubes :

1° *Un tube-réaction :* $0^{cm^3},4$ de suspension de spirochètes; $0^{cm^3},05$ de sérum à examiner, inactivé; $0^{cm^3},05$ de complément frais.

2° *Un tube-témoin :* $0^{cm^3},4$ de suspension de spirochètes; $0^{cm^3},05$ de sérum à examiner, inactivé; $0^{cm^3}05$ de complément chauffé à 56°.

RÉSULTATS. — 1° *Sérums de Lapins. — a. Lapins syphilisés.* — Vingt-trois lapins, dont l'infection (souche Gand ou Nichols) datait d'un mois à plus d'un an, ont tous donné lieu à un test d'immobilisation positif. La différence de pourcentage de tréponèmes immobilisés, entre le tube-réaction et le tube-témoin, a varié de 40 à 65 %. L'immobilisation a été d'autant plus intense que l'infection était plus ancienne, même si les animaux ne présentaient plus aucune lésion.

*b. Lapins témoins.* — Dix lapins non syphilisés ont tous fourni un résultat négatif (différence de moins de 20 % entre les deux tubes), à l'exception d'un seul, dont le sérum a immobilisé 40 % de plus de spirochètes dans le tube-réaction que dans le tube-témoin.

2° *Sérums de sujets humains. — a. Sujets syphilitiques.* — Chez neuf malades, dont la tréponémose datait de 2 à 19 ans, la plupart ne présentant plus aucun accident, mais ayant tous un B. W. positif, on a constaté des différences importantes entre les pourcentages d'immobilisation obtenus dans le tube-réaction et le tube-témoin; les chiffres ont varié de 65 à 95 %.

*b. Sujets normaux.* — Quatre individus normaux, sans antécédents spécifiques, et un sujet atteint d'eczéma, tous à B. W. négatif, ont fourni des résultats entièrement négatifs.

CONCLUSION. — *La méthode de Nelson, basée sur le pouvoir immobilisant à l'égard du* Treponema pallidum *des sérums des lapins syphilisés et des sujets syphilitiques, offre un intérêt de tout premier ordre du point de vue du sérodiagnostic de la syphilis.*

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination du Cobaye contre l'infection à* Br. melitensis *par l'association des anacultures de* Brucella *et de la souche* Br. abortus 112. Note de MM. **Louis Carrère** et **Henri Quatrefages**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dès 1938 Lisbonne, Roman et Renoux ([1]) avaient réalisé la vaccination du cobaye contre l'infection brucellique à *Br. melitensis*; pour la première fois, une immunisation vraie du Cobaye avait pu être ainsi réalisée au moyen d'un vaccin. Rappelons que les auteurs associaient à une souche *Br. abortus* 112 très particulière, strictement avirulente pour le Cobaye et pour l'Homme, les substances glucido-lipidiques extraites de *Br. melitensis* (technique de Boivin). Par la suite, de nombreuses expériences sur le Cobaye et la Brebis ont apporté confirmation de l'efficacité de ce vaccin, qui utilisé chez des bovins, a donné aussi des résultats favorables.

Convaincus, comme les précédents auteurs, que l'immunisation du Cobaye contre les *Brucella* ne pouvait résulter que de la synergie d'un germe vivant avirulent et des constituants antigéniques des *Brucella*, nous avons essayé, dès 1947, d'obtenir un vaccin efficace, ne nécessitant qu'une seule injection, dans lequel l'antigène glucido-lipidique, de préparation dangereuse et onéreuse, serait remplacé par ces constituants antigéniques.

Après diverses tentatives, plus ou moins fructueuses, notre choix s'est porté sur les anacultures de *Brucella* obtenues selon la technique de Ramon.

Les injections parentérales de ces anacultures sont capables de susciter l'élaboration d'anticorps : agglutinines, précépitines, bactériotropines, et, dans certains cas, augmentent la résistance des cobayes à l'infection brucellique; associées à la souche B 112, les anacultures de *Brucella* nous ont donné des résultats constants si satisfaisants que nous avons cru devoir en faire l'objet de la présente Note :

Treize cobayes reçoivent, en une seule injection (intradermique ou sous cutanée), $1^{\text{ml}}$ d'anacultures préparées avec une souche *Br. melitensis* très virulente, et une suspension contenant 1 milliard de B 112 vivants.

Deux des cobayes sont sacrifiés (avant l'épreuve d' infestation) : l'un, 1 mois, et l'autre, 1 mois et demi après l'injection du vaccin; l'examen anatomique et la culture effectuée à partir de prélèvements faits dans les organes montrent l'absence totale de lésions et de germes; les onze autres animaux ont été infectés, en même temps que des témoins, suivant la technique habituelle de scarifications de la peau sur lesquelles on dépose 1 million de *Br. melitensis* virulents.

---

([1]) *Cf.* : G. Renoux. Prophylaxie des Brucelloses. La vaccination préventive des animaux domestiques par le vaccin du C. R. F. O. *Revue d'Immunologie*, 14, n° 4, 1950, p. 279-290.

Sacrifiés et autopsiés 2 mois et demi, 3 mois et 7 mois après l'infestation, tous les animaux vaccinés ont été reconnus absolument indemnes de lésions et les cultures à partir des viscères, sont demeurées stériles; chez tous, le taux des agglutinines assez élevé à la date de l'infestation (1/400e en moyenne) avait fortement baissé (1/100e en moyenne); de plus, la réaction allergique très positive, en général, au début, est devenue négative dans la plupart des cas.

Chez les témoins, le taux des agglutinines s'est maintenu élevé (1/3 000e en moyenne), l'intra-dermo réaction est demeurée fortement positive; à l'autopsie, des lésions anatomiques étendues et les cultures toujours positives des viscères (foie-rate-ganglions) montrent une infection grave et évolutive.

De ces résultats comparatifs, nous pensons pouvoir conclure que l'association : anacultures et B 112, a réellement immunisé les animaux, puisqu'ils ont résisté à une infection d'épreuve très sévère à *Br. melitensis* qui n'a épargné aucun témoin.

Nous publierons prochainement avec plus de détails les résultats définitifs de ces recherches ainsi que le protocole d'expériences justificatif.

La séance est levée à 16h.

L. B.

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 6 novembre 1950.)

Note présentée le 30 octobre 1950, de M. *Florin Abelès*, Sur la détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des couches métalliques très minces :

Page 959, 15e ligne, *au lieu de* $X = \nu\varkappa d$, *lire* $X = \nu\varkappa\gamma$.
» dans la formule (4), *remplacer le signe* $\pm$ *par le signe* $+$.

(*Comptes rendus* du 6 décembre 1950.)

Note présentée le 27 novembre 1950, de M. *Jean Meyer*, Gigantisme nucléolaire et cécidogenèse :

Page 1333, 27e ligne, au lieu de *Rhodites Rosea*, lire *Rhodites Rosæ*.
» 1334, 12e ligne, *au lieu de* mitose extérieure, *lire* mitose ultérieure.
» » 3e ligne en remontant, *au lieu de* (²), *lire* (³).

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 22 JANVIER 1951.

PRESIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Mauguin** rend compte de l'activité de l'**Association française de Cristallographie**, qu'il préside, et qui joue le rôle de Comité National pour cette discipline, depuis sa fondation, en avril 1947.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Un Champignon parasite du Termite de Saintonge.* Note de MM. **Roger Heim** et **Harro Buchli**.

En juillet 1949, à l'occasion d'investigations sur les dégâts causés à la Rochelle par le Termite de Saintonge ([1]), l'un de nous (H. B.) constatait, après avoir réalisé de petits élevages en tubes de verre et boîtes de Petri à partir d'une colonie de cet insecte développée dans un vieux tronc de *Juglans regia*, que dans une colonie de 400 individus beaucoup d'entre eux, et de plus en plus, appartenant aux différentes castes, portaient des conidiophores dressés, brun foncé, parfois abondants, poussant sur les diverses parties du corps. Le parasite affectait visiblement l'importance numérique et la vivacité de la colonie.

Ce Champignon, qui semble très rare, est un Hyphomycète dont chaque individu est constitué d'une file linéaire de cellules cylindracées ou en tonnelet, brun ocré, dessinant une chaîne pseudoarthrosporée de 100 à $120^{\mu}$ de haut, large de $4\text{-}5^{\mu},5$, ressemblant à un *Hormiscium* mais terminée par une tête sporifère plus large, ovoïde ou irrégulièrement cylindrique, parfois fort longue (jusqu'à $50^{\mu}$), lisse, que moins de 18 cloisons transverses partagent en cellules cylindracées superposées, de $8\text{-}15^{\mu}$ de large, basses, inégalement

---

([1]) *Reticulitermes* sp. (*Rhinotermitidæ*), que pour la première fois A. de Quatrefages a distingué du Termite lucifuge (Note sur les Termites de la Rochelle, *Ann. Sc. Nat., Zool.*, 3e série, 20, 1853, p. 16-21).

pigmentées. Ces conidiophores fructifères simples dont la croissance peut se poursuivre après rupture, en raison d'une organisation tégumentaire particulière, sont toujours groupés par paire, chacun d'eux émanant de l'une des deux cellules centrales de capsules sporomorphes remarquables, de taille constante ($21\text{-}26 \times 8\text{-}9^{\mu}$), ellipsoïdes-aiguës, tétraloculaires, à membrane brune, adhérant fortement au revêtement de l'insecte par une assise plane peu distincte du corps même de ces éléments; ceux-ci sont comparables à des haustories individualisées d'un type morphologique et organique jusqu'ici inconnu. L'examen anatomique d'Insectes gravement atteints ne révèle la présence d'aucune hyphe ni d'altération histologique. De ce Champignon nous ferons l'espèce nouvelle *Antennopsis gallica* Heim et Buchli, type du genre nouveau *Antennopsis* Heim, qui sera d'autre part étudié en détail.

Ayant retiré du tube d'élevage toute la colonie infectée, pris garde de ne léser ni ses cloisons ni ses galeries, et installé cette colonie déjà très réduite dans un nouveau tube, nous avons introduit dans le premier une colonie indemne. Au bout de deux semaines celle-ci montrait les premiers signes de contamination. Ainsi a été réalisée expérimentalement, et répétée, l'infestation. En introduisant des Termites parasités parmi une colonie saine, nous avons réalisé la contamination directe d'un animal à un autre. Afin d'éviter que les étrangers ne fussent tués et dévorés par la colonie, nous avons conservé celle-ci, après entrée des contagieux, pendant plusieurs jours à basse température; ainsi s'accoutumait-elle à la présence des Termites étrangers. Ce mode de contamination s'est montré bien entendu plus lent, les Termites ne pouvant sans doute s'infecter au début que par contact direct des corps au cours du léchage.

Les conidiophores naissent sur tous les lieux du corps, particulièrement le crâne, les plaques thoraciques, les tergites. Sitôt développé, l'*Antennopsis* continue à se propager, à tel point que l'Insecte porte souvent un gazon mycotique sur chaque plaque chitineuse. Les parties les moins atteintes sont les antennes, les pièces buccales et les pattes ainsi que les sternites thoraciques, ce qui s'explique par la fréquence des mouvements et du frottement auxquels ces zones sont soumises, d'où résulte sans doute l'éviction des capsules haustoriales. Les portions flexibles des téguments, comme les pleurites, sont plus rarement atteintes.

Ce sont les représentants des castes qui travaillent et circulent le moins qui sont les plus gravement contaminés : couple royal imaginal, néoténiques ou sexués de remplacement, puis les soldats; les moins atteints sont, en général, les ouvriers les plus actifs des stades élevés. Même les larves du premier stade, qui ne dure que 7 à 9 jours, ont été contaminées, ce qui fait mesurer la rapidité de germination, après fixation sur l'Insecte, de l'haustorie sporoïde. De jeunes imagos essaimant peuvent être également parasités et causer ainsi une extension de l'affection vers de nouvelles colonies. En général, celle qui

est née d'un couple royal dont l'un des composants était infecté a très peu de chances de produire une colonie nouvelle.

Au début, le couple royal n'est pas très actif, dès la loge creusée. Le mois, correspondant à une activité moindre, qui sépare la construction de la loge royale de l'éclosion des premières larves apparaît le plus favorable au Champignon. Au bout de peu de semaines, des imagos qui ne possédaient qu'une ou deux paires de conidiophores en sont entièrement couverts. Quand les larves éclosent, elles sont immédiatement attaquées et n'évoluent que rarement. Par contre, dans les grandes colonies les possibilités d'infestation semblent limitées.

Cependant, nous avons constaté plusieurs fois que dans une petite colonie gravement contaminée, la production des conidies s'arrêtait au bout de quelque temps; le gazon fongique que portaient ceux des animaux qui ne muent pas (imagos, soldats) dégénère et ne sporule plus tout en conservant son pouvoir adhésif; quant aux castes qui muent encore, elles ne montraient plus, après la mue, la présence de l'*Antennopsis*.

L'effet du parasite sur l'Insecte paraît triple : 1° les Termites s'affaiblissent, se déplacent plus lentement; 2° ils muent difficilement. Tout individu sérieusement infecté est blessé par les assistants au cours de la mue, et ensuite dévoré, ce qui explique la rareté des jeunes larves. Les imagos parasités survivent par contre longtemps, pondent même. Neuf mois après la fondation, 70 % des couples malades sont morts ou en voie de succomber; à peine un ou deux ouvriers subsistent-ils tandis qu'une jeune colonie saine possède déjà 20 à 35 ouvriers et deux soldats; 3° une substance muqueuse se produit, liée à l'apparition du Champignon, et elle affecte le déplacement des animaux; leurs antennes adhèrent au crâne et aux pattes des Termites attaqués; ceux-ci ne peuvent utiliser aisément leurs pièces buccales pour se lécher; les échanges de nourriture sont difficiles; on voit des ouvriers traînant avec eux le long des galeries une ou deux larves du premier stade, déjà mortes parfois, collées au corps de l'ouvrier.

Ces observations nous ont conduits, bien entendu, à chercher si ce Champignon ne pourrait être utilisé expérimentalement pour la destruction des colonies du Termite. Mais une telle possibilité diminue rapidement avec l'accroissement de la colonie et avec l'espace qu'elle occupe. De petites colonies de moins de 300 individus s'amenuisent huit mois environ après la contamination et meurent quelques semaines plus tard. Mais de grandes colonies, laissant beaucoup moins de chances de contact entre les Insectes, n'offrent pas place pareillement à des effets pernicieux, qui restent légers et plutôt latents. Dans des conditions défavorables, en hiver, quand les animaux ne bougent que lentement, le parasite se répand, mais pas suffisamment pour compromettre le maintien de la colonie, et il disparaîtra presqu'entièrement au temps de grande activité. Des colonies rochelloises hébergent d'ailleurs le

Champignon à l'état latent, sporadiquement en quelque sorte. Les chances de réussite dans des essais d'infection dépendraient de la possibilité de cultiver au préalable le Champignon en masse ou d'introduire dans le nid les capsules haustoriales dont l'origine nous est encore inconnue. Ajoutons cependant que nous avons réussi à inoculer l'*Antennopsis* à une colonie de Termite lucifuge (*Reticulitermes lucifugus* Rossi), espèce voisine de celle de Saintonge.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les écoulements permanents subsonique, sonique et supersonique presque uniformes.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Développement de la théorie approchée des mouvements, à deux et trois dimensions, d'un fluide parfait compressible. Application de cette théorie aux écoulements soniques le long d'une paroi ondulée et entre deux pareilles parois.

Dans la théorie des écoulements permanents presque uniformes d'un fluide parfait compressible, on admet que les écarts relatifs de la vitesse, $\varepsilon=(q-q_1):q_1$, où $q_1$ est une vitesse moyenne, sont suffisamment petits pour qu'on puisse négliger leurs carrés et l'on substitue, à la loi adiabatique, la loi adiabatique approchée ([1])

$$(1)\qquad p-p_1=c_1^2\rho_1\left(1-\frac{\rho_1}{\rho}\right),\qquad c_1^2=\frac{\gamma p_1}{\rho_1},$$

où $p_1$, $\rho_1$, $c_1$ sont respectivement la pression, la densité et la célérité du son en un point où la vitesse est $q_1$. Selon qu'on applique la loi adiabatique ou la loi (1), la célérité locale du son est déterminée respectivement par les équations

$$(2)\qquad c=c_1\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^{\gamma-1}\qquad \text{et}\qquad c=c_1\frac{\rho_1}{\rho}=c_1\left(1+\frac{q_1^2}{c_1^2}\varepsilon\right).$$

En raison des simplifications admises, les échanges de la chaleur Q avec l'extérieur peuvent être également considérés comme nuls dans la propagation du son déterminée par la deuxième des équations (2),

$$(3)\qquad (\gamma-1)\,dQ=\frac{1}{\rho}dp+\gamma p\,d\frac{1}{\rho}=-\frac{\gamma+1}{2}\frac{q_1^4}{c_1^2}d\varepsilon^2\cong 0.$$

En tenant compte de l'équation $q=q_1(1+\varepsilon)$ et de la deuxième des équations (2), on a

$$(4)\qquad (M^2-1)=(M_1^2-1)(1-M_1 2\varepsilon),\qquad M=q:c,\qquad M_1=q_1:c_1.$$

L'expression (4) démontre que, si $M_1$ est inférieur, égal ou supérieur à l'unité, il en est de même pour M en tout point de l'écoulement considéré. Cette théorie approchée ne permet donc pas de considérer des écoulements

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1269-1271.

transsoniques, c'est-à-dire des écoulements mixtes, comprenant des zones de mouvements subsoniques et supersoniques.

Les mouvements que nous nommons *soniques* sont ceux où le rapport de la vitesse locale $q$ à la célérité locale du son $c^*$ est *partout* égal à l'unité, $M = M_1 = 1$. Il résulte de cette condition que, dans les mouvements soniques, l'aire de la section droite d'un filet fluide reste invariante tout le long du filet.

Les équations simplifiées régissant les mouvements irrotationnels presque uniformes d'un fluide parfait compressible sont :

$$(5) \qquad (1 - M^2)\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} = \ .$$

Il a été utile ([2]) d'introduire, pour l'étude des mouvements à trois dimensions, une deuxième fonction de courant. En nommant $\varphi$ le potentiel dont dérivent les vitesses $u$, $v$, $w$ des équations (6), $\psi'_1$ et $\psi'_2$ les deux fonctions de courant qui lui sont conjuguées, $\alpha$ un paramètre suffisamment petit pour qu'on puisse négliger les puissances, supérieures à la première, des termes où il figure comme multiplicateur, on peut définir un mouvement presque uniforme, soit sous la forme

$$(6) \quad \varphi_1 = x_1 + \alpha f(x_1, y_1, z_1), \qquad \psi_1 = y_1 + \alpha f_1(x_1, y_1, z_1) \qquad \psi_2 = z_1 + \alpha f_2(x_1, y_1, z_1),$$

soit, avec la même approximation, sous la forme

$$(7) \quad x_1 = \varphi_1 - \alpha f(\varphi_1, \psi_1, \psi_2), \qquad y_1 = \psi_1 - \alpha f_1(\varphi_1, \psi_1\, \psi_2), \qquad z_1 = \psi_2 - \alpha f_2(\varphi_1, \psi_1, \psi_2).$$

Dans les équations (6) et (7) les variables sont supposées être sans dimension; par exemple $x_1 = x : h$, $\varphi_1 = \varphi : q_1 h$, $\psi_1 = \psi'_1 : \sqrt{q_1 h^2}$, où $h$ a la dimension d'une longueur et $q_1$ celle d'une vitesse.

On obtient la solution générale du problème considéré en substituant dans les équations (6) ou (7) les expressions (8) des fonctions $f$, $f_1$, $f_2$,

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} f &= \frac{1}{\varkappa a}\sum_{\nu}[\mathcal{F}_\nu(\zeta) - \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta})] + \sum_{\mu}[\mathcal{F}_\mu(\zeta) + \mathcal{F}_\mu(\bar{\zeta})], \\ f_1 &= -\sum_{\nu} a_{1\nu}[\mathcal{F}_\nu(\zeta) + \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta})] - \varkappa a \sum_{\mu} a_{1\mu}[\mathcal{F}_\mu(\zeta) - \mathcal{F}_\mu(\bar{\zeta})], \\ f_2 &= -\sum_{\nu} a_{2\nu}[\mathcal{F}_\nu(\zeta) + \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta})] - \varkappa a \sum_{\alpha} a_{2\mu}[\mathcal{F}_\mu(\zeta) - \mathcal{F}_\mu(\bar{\zeta})], \end{aligned} \right.$$

où les $\mathcal{F}_\nu$, $\mathcal{F}_\mu$ sont des *fonctions arbitraires*, $a_{1\nu}^2 + a_{2\nu}^2 = 1$, $a_{1\mu}^2 + a_{2\mu}^2 = 1$, $a^2 = |M_1^2 - 1|$ et $(\varkappa a)^2$ est égal, pour les mouvements subsoniques, soniques et supersoniques,

---

([2]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 295-297 et p. 472-475; *Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, 152, 1939, p. 14-41.

respectivement à $-a^2$, o, $+a^2$. En substituant les équations (8) dans les équations (6), il faut poser dans les fonctions $\mathcal{F}_\nu$ et $\mathcal{F}_\mu$,

$$(9)\qquad \begin{cases} \zeta = x_1 + \varkappa a(a_{1\nu} y_1 + a_{2\nu} z_1), & \bar{\zeta} = x_1 - \varkappa a(a_{1\nu} y_1 + a_{2\nu} z_1); \\ \zeta = x_1 + \varkappa a(a_{1\mu} y_1 + a_{2\mu} z_1), & \bar{\zeta} = x_1 - \varkappa a(a_{1\mu} y_1 + a_{2\mu} z_1), \end{cases}$$

et, en substituant les équations (8) dans les équations (7),

$$(10)\qquad \begin{cases} \zeta = \varphi_1 + \varkappa a(a_{1\nu} \psi_1 + a_{2\nu} \psi_2), & \bar{\zeta} = \varphi_1 - \varkappa a(a_{1\nu} \psi_1 + a_{2\nu} \psi_2), \\ \zeta = \varphi_1 + \varkappa a(a_{1\mu} \psi_1 + a_{2\mu} \psi_2), & \bar{\zeta} = \varphi_1 - \varkappa a(a_{1\mu} \psi_1 + a_{2\mu} \psi_2). \end{cases}$$

La vitesse, la pression et la densité sont définies par les équations

$$(11)\qquad \varepsilon = \alpha \frac{\partial f}{\partial \varphi_1} = \alpha \frac{\partial f}{\partial x_1}, \qquad p = p_1(1 - \gamma M_1 \varepsilon), \qquad \rho = \rho_1(1 - M_1 \varepsilon).$$

A titre d'application de cette théorie, je rappellerai la solution que j'ai obtenue du problème de l'écoulement sonique à deux dimensions le long d'une paroi ondulée ([3]). En appliquant les équations (8), on a

$$f = -\frac{1}{\varkappa a}\Big[\cos(\varphi_1 + \varkappa a \psi_1) - \cos(\varphi_1 - \varkappa a \psi_1)\Big] = \frac{2}{\varkappa a} \sin \varphi_1 \sin \varkappa a \psi_1,$$
$$f_1 = +[\cos(\varphi_1 + \varkappa a \psi_1) + \cos(\varphi_1 - \varkappa a \psi_1)] = 2 \cos \varphi_1 \cos \varkappa a \psi_1,$$

En substituant ces expressions dans les équations (7), en faisant tendre $a^2 = |M_1^2 - 1|$ vers zéro et en passant à la limite, on a, en tenant compte des équations (11),

$$(12)\qquad \begin{cases} x_1 = \varphi_1 - \alpha \psi_1 \sin \varphi_1, \qquad y_1 = \psi_1 - \alpha \cos \varphi_1, \qquad q = q_1(1 + \alpha \psi_1 \cos \varphi_1), \\ \qquad p = p_1(1 - \alpha \gamma \psi_1 \cos \varphi_1), \qquad \rho = \rho_1(1 - \alpha \psi_1 \cos \varphi_1). \end{cases}$$

Les termes ayant $\alpha$ comme multiplicateur devant rester suffisamment petits, il ne faudra appliquer cette théorie qu'à des écoulements en bandes étroites limitées, par exemple, par la paroi $\psi_1 = -\lambda$ et la surface libre de pression constante $\psi_1 = 0$ ou bien par les deux parois $\psi_1 = -\lambda$ et $\psi_1 = +\lambda$. Au voisinage des sommets de la paroi $\psi_1 = -\lambda$ la vitesse $q = c^*$ en restant sonique, est supérieure à la vitesse sonique $q_1 = c_1^*$. L'écoulement le long d'une paroi ondulée défini par les équations (12) semble s'accorder assez bien avec les photographies d'écoulements similaires réels, que M. L. Prandtl ([4]) a obtenu en appliquant la méthode strioscopique.

Il est évident, que pour satisfaire aux équations (5), il suffirait de considérer

---

([3]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **108**, 1937, p. 37-38; 157, 1939, p. 22-23. Il faut noter que dans la figure 14 de la première de ces publications et dans la figure 4 de la seconde, ce sont les zones hachurées qui correspondent aux expansions, $p < p_1$, tandis que les zones restées blanches correspondent à des compressions, $p > p_1$.

([4]) *Reale Accademia d'Italia, Atti dei Convegni Volta*, Roma, **5**, 1936, p. 196.

le potentiel des vitesses défini par la première des équations (6), la première des équations (8) et les équations (9), mais les équations (7) ont l'avantage de faciliter considérablement le calcul et le tracé des surfaces équipotentielles et des lignes de courant.

Les recherches que nous venons d'exposer ont permis d'établir un lien étroit entre les mouvements subsoniques, soniques et supersoniques et la théorie des variables complexes $x+iy$, $x+ky$, $x+jy$, où $i^2=-1$, $k^2=0$, $j^2=+1$, et ont suggéré une nouvelle extension de cette théorie à l'espace.

## PLIS CACHETÉS.

MM. **François Gros**, **Michel Macheboeuf**, **Mirko Beljanski**, Mme **Françoise Grumbach**, M. **Fernand Boyer** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 27 novembre 1950 et enregistré sous le n° 12766.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Activité biologique des combinaisons streptomycine-acides gras*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

## CORRESPONDANCE.

L'**American Society for Metals** annonce qu'un **Congrès mondial de Métallurgie** se tiendra à Detroit, Michigan, du 15 au 19 octobre 1951.

L'**Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon** annonce qu'elle décernera, en 1951, un prix de 120000 frs au Savant ou à l'Institut de recherches qui aura le mieux contribué à la lutte contre le cancer, la syphilis et la tuberculose.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le climat de l'Indochine. Aperçu général et régime des vents*, par Étienne Bruzon, Paul Carton et André Romer.

2° Bayerische Akademie der Wissenschaften. *Jahrbuch* 1950.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Théorèmes généraux de fermeture.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Paul Montel.

Nous désignons par L l'ensemble de toutes les fonctions réelles ou complexes, définies sur toute la droite $R(-\infty < x < \infty)$, mesurables sur tout segment fini et telles que $\|f\| = \int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|\, dx < \infty$. On désignera par $\Omega(f)$ l'ensemble des points où la transformée de Fourier de $f$ s'annule. On dit que $f_n$ tend vers $f$, dans $l$, si $\|f_n - f\| \to 0$.

Soit E un ensemble ouvert situé sur la droite réelle R du plan complexe $\zeta = \xi + i\eta$. Si E est vide désignons par $\Delta_E$ le demi-plan supérieur, $\eta > 0$. Si, par contre, E n'est pas vide $\Delta_E$ désignera la partie du plan obtenue en retranchant du plan entier le complémentaire de E par rapport à R. Soit $M(r)$ une fonction positive définie pour $r > 0$. Nous dirons que la fonction $M(r)$ est associée à l'ensemble E, si toute fonction $\Phi(\zeta)$, holomorphe, uniforme dans $\Delta_E$ et y satisfaisant à l'inégalité $|\Phi(\zeta)| \leqq M(|\zeta|)|\eta|^{-1}$ est identiquement nulle.

A étant un ensemble situé sur la droite R, nous désignons par CA son ensemble complémentaire (par rapport à R), par $\mathcal{J}A$ son intérieur. Si A est fermé, décomposons-le selon le théorème de Cantor : $A = \mathcal{R}A \cup \mathfrak{T}A$, où $\mathcal{R}A$ est dénombrable et où $\mathfrak{T}A$ est parfait (ou vide). $h$ étant une quantité positive, désignons par $\underset{h}{A}$ son recouvrement $(h)$, c'est-à-dire l'ensemble

$$\underset{h}{A} = \bigcup_{x \in A} [x-h,\, x+h].$$

On peut démontrer le théorème général que voici :

Théorème I. — *Soit $f$ une fonction $p$ fois dérivable sur* R, $p \geqq 0$ *étant fini ou infini, avec* $\|f^{(n)}\| < M_n < \infty$ $(0 \leqq n < p+1)$, *et soit* $g \in L$. *Posons*

$$M(r) = \underset{0 \leqq n < p+1}{\text{Borne}} M_n r^{-n}.$$

*Si la fonction* $M(r)$ *est associée à l'un des ensembles* $E_j$ $(j = 1, 2)$,

$$E_1 = C\Omega(g), \qquad E_2 = E_1 \cup \mathcal{J}\Omega(f),$$

*ou si* $\mathcal{R}(CE_2) \subset \Omega(f)$, *la fonction* $M(r)$ *étant associée à* $E_3 = E_2 \cup \mathcal{R}(CE_2)$, $f(x+a)$ *est, quelle que soit la constante réelle* $a$, *une limite, dans* L, *des combinaison de la forme*

$$\sum_{n \leq N_1 < p} a_n f^{(n)}(x) + \sum_{n \leq N_2} b_n g(x + \xi_n).$$

Dans cette formule $n \geqq 0$, si donc $p = 0$, la première somme n'existe pas, et les translatées de $g$ interviennent seules.

Comme $E_1 \subset E_2 \subset E_3$, la généralité de l'énoncé du théorème précédent va en croissant lorsque $M(r)$ est supposé successivement associée à $E_1$, $E_2$ ou $E_3$.

Une constante est associée à l'ensemble vide, une fonction $M(r)$ décroissante, telle que

$$-\int^{\infty} \frac{\log M(r)}{r^2} dr = \infty.$$

est associée à la droite entière. Le théorème précédent contient ainsi, comme cas très particuliers, le théorème taubérien de Wiener, un théorème établi par l'auteur en collaboration avec Agmon, ainsi qu'un théorème établi dans ma Note précédente [1]. Mais les applications les plus intéressantes seront faites à partir du cas particulier, mais précis, suivant (le théorème qui suit est un cas particulier du théorème I, on l'obtient en précisant les fonctions associées aux ensembles très généraux).

Théorème II. — *Soit $f$ une fonction indéfiniment dérivable avec $f^{(n)} \in L(0 \leqq n)$, $\|f^{(n)}\| \leqq M_n < \infty$ et posons*

$$C(\sigma) = \overline{\text{Borne}}_{n \geq 0} (n\sigma - \log M_n).$$

*Soit $g \in L$; posons $E = C\Omega(g) \cup \mathcal{I}\Omega(f)$, et soit $\varphi(x)$ la fonction caractéristique de l'ensemble $R - (\underset{h}{C}E)$, où $h$ est une constante positive.*

*S'il existe une fonction continue $u(x)(-\infty < x < \infty)$ possédant les propriétés suivantes :*

1° *il existe deux constantes positives A et B telles que*

$$A \leqq u(x) \leqq \frac{1}{2} + \varphi(x) + B\varphi(x)\varphi(-x);$$

2° *ou bien $u(x)$ est à variation bornée, ou bien $u(x)$ admet une dérivée continue telle que $xu'(x)$ est à variation bornée et telle que*

$$\int x[u'(x)]^2\, dx < \infty,$$

3°
$$\int^{\infty} C(\sigma) e^{-\int^{\sigma} \frac{d\tau}{u(e^{\tau}) + u(-e^{\tau})}} d\sigma = \infty,$$

*alors, quelle que soit la constante réelle $a$, $f(x+a)$ est une limite, dans L, des expressions de la forme :*

$$\sum_{1}^{N} [a_n f^{(n)}(x) + b_n g(x + \xi_n)].$$

Dans l'énoncé précédent on peut remplacer E par $C\Omega(g)$ (cas plus particulier) ou, si $\mathcal{R}(CE_2) \subset \Omega(f)$, par $E \cup \mathcal{R}(CE)$(cas plus général).

---

[1] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 16.

Nous indiquerons dans une Note ultérieure les applications du théorème II à l'approximation d'une fonction par des polynomes sur un ensemble arbitraire, ainsi que la solution du problème des moments sur un ensemble quelconque (théorème d'unicité).

ALGÈBRE. — *Sur une propriété des opérations* max *et* min. Note (*) de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Trois nombres $a_i$, $a_j$, $a_k$ quelconques appartenant à l'ensemble des nombres réels vérifient, comme on sait ([1]), la relation

$$(1)\qquad \min\{\max(a_i, a_j), \max(a_i, a_k), \max(a_j, a_k)\} = \max\{\min(a_i, a_j), \min(a_i, a_k), \min(a_j, a_k)\},$$

qui met en évidence le fait que le premier membre reste invariant si les opérations *max* et *min* s'échangent.

Posons maintenant la question de savoir s'il existe une expression plus générale jouissant de ladite propriété. Comme il sera indiqué dans ce qui suit, la réponse est affirmative.

2. Prenons dans l'ensemble des nombres réels les $n$ nombres quelconques, en les rangeant par ordre de grandeur

$$(E)\qquad a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_n.$$

avec

$$(2)\qquad a_1 < a_2 < \ldots < a_k < \ldots < a_n.$$

A partir des $n$ éléments de l'ensemble (E) on peut former les $\binom{n}{k}$ combinaisons (sans répétitions) $k$ à $k$, à savoir

$$(3)\qquad a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_k;\ \ldots;\ a_{n-k+1},\ a_{n-k+2},\ \ldots,\ a_n \qquad (1 \leq k \leq n).$$

Par l'application d'opérations *max* et *min* à toutes les combinaisons (3), on peut former les expressions

$$(4)\qquad N = \min\{\max(a_1, a_2, \ldots, a_k), \ldots, \max(a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n)\};$$

$$(5)\qquad M = \max\{\min(a_1, a_2, \ldots, a_k), \ldots, \min(a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n)\}.$$

D'après (2), les expressions (4) et (5) deviennent

$$(6)\qquad N = \min(a_k, \ldots, a_n) = a_k;$$

$$(7)\qquad M = \max(a_1, \ldots, a_{n-k+1}) = a_{n-k+1}.$$

(*) Séance du 3 janvier 1951.

([1]) *Voir*, par exemple, O. Ore, *Number Theory and its History*, New-York, 1948, p. 107.

Si $k = n - k + 1$, c'est-à-dire $k = (n+1)/2$, on a

$$\text{(8)} \qquad N = M.$$

Étant donné que $k$ est un entier positif, la relation (8) aura lieu sous la condition que $n$ représente un entier positif impair et dans ce cas seulement.

Cela permet d'énoncer ce qui suit :

THÉORÈME. — *Si $n$ est un entier impair positif, les $n$ nombres quelconques* (E), *appartenant à l'ensemble des nombres réels, satisfont à la relation*

$$\text{(9)} \qquad \begin{aligned} &\min\{\max(a_1, a_2, \ldots, a_k), \ldots, \max(a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n)\} \\ &= \max\{\min(a_1, a_2, \ldots, a_k), \ldots, \min(a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n)\}, \end{aligned}$$

*où les opérations* max *et* min *sont appliquées à toutes les combinaisons de la classe $k[k = (n+1)/2]$, formées de $n$ nombres* (E).

Il est évident que la relation (9) renferme la relation (1) comme cas particulier en posant $n = 3$ dans la formule (9).

3. En étudiant les expressions (6) et (7) on est conduit aux inégalités suivantes :

$$M > N \begin{cases} \text{pour } 1 \leqq k \leqq \left[\dfrac{n+1}{2}\right] & \text{et } n = \text{nombre entier pair,} \\ \quad \text{»} \quad 1 \leqq k < \dfrac{n+1}{2} & \text{et } n = \text{» » impair;} \end{cases}$$

$$M < N \begin{cases} \quad \text{»} \quad \left[\dfrac{n+1}{2}\right] < k \leqq n & \text{et } n = \text{» » pair,} \\ \quad \text{»} \quad \dfrac{n+1}{2} < k \leqq n & \text{et } n = \text{» » impair.} \end{cases}$$

ALGÈBRE. — *Quelques propriétés des équivalences régulières par rapport à la multiplication et à l'union, dans un treillis à multiplication commutative avec élément unitée.* Note (*) de M[me] **MARIE-LOUISE DUBREIL-JACOTIN**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons par hypothèse, en notant par le signe $\equiv$ l'équivalence R considérée :

$$\left.\begin{aligned} a \equiv b &\to ax \equiv bx \\ a \equiv b &\to a \cup x \equiv b \cup x \end{aligned}\right\} \text{pour tout élément } x \text{ du treillis T,}$$

*Conséquences.* — 1° Si $a \leqq b$ et si $x \equiv a$ et $x \equiv b$, on a $x \equiv c$ pour tout $c$ tel que $a \leqq c \leqq b$.

2° Deux éléments premiers entre eux, $a$ et $b$, $(a \cup b = e)$, ne peuvent appartenir à la même classe sans appartenir à la classe de $e$.

3° Dans l'ensemble quotient de T par R, on peut définir l'union et la multi-

(*) Séance du 15 janvier 1951.

plication des classes. Désignons par A et B les classes de $a$ et de $b$; si $a \leqq b$, on a $a \cup b = b$, donc $A \cup B = B$; inversement si $A \cup B = B$ et si $a' \in A$ on peut toujours choisir $b' \in B$ tel que $a' \leqq b'$, il suffit de prendre $b' = a' \cup b$; en particulier s'il existe dans A un élément maximum $\bar{a}$ et dans B un élément maximum $\bar{b}$ on a $\bar{a} \leqq \bar{b}$.

En vue des théorèmes de décomposition, nous considérerons seulement les équivalences R telles que les classes contenant un élément entier comprennent seulement des éléments entiers : nous les appellerons $\rho$.

Théorème I. — *$a \equiv b$, $b \leqq e$ entraînent $a \leqq e$ si et seulement si $e_1 \equiv e \rightarrow e_1 \leqq e$.*

La condition est évidemment nécessaire et elle est suffisante, car, de $a \cup e \equiv b \cup e = e$, résulte $a \cup e \leqq e$ donc $a \leqq e$.

Les équivalences $\rho$ sont donc les équivalences R qui satisfont à :

Hypothèse A. — *La classe de $e$, E, ne comprend que des éléments entiers.*

Supposons le *treillis résidué ;* posons $q_a = e:a$, $q_b = e:b$, si $a \equiv b$, on a $aq_b \equiv bq_b \leqq e$ d'où $q_b \leqq q_a$; on a de même $q_a \leqq q_b$ d'où $q_a = q_b$. Nous pouvons donc énoncer :

Théorème II. — *Toute équivalence $\rho$ est plus fine que l'équivalence d'Artin $\mathcal{A}$* (définie par $a \equiv b$ si et seulement si $e:a = e:b$).

Si une classe A, dans une équivalence $\rho$ contient un résiduel de $e$ : $a' = e:\alpha$, $a'$ est maximal dans sa classe puisque $a^* \in A$ entraîne $\alpha a^* \equiv \alpha a' \leqq e$, donc $a^* \leqq a'$; et une classe ne peut contenir plus d'un résiduel de $e$. Dans l'équivalence $\mathcal{A}$ toute classe A contient un résiduel, l'élément $(e:e:a)$, puisque $e:a = e:(e:(e:a))$.

Supposons que $\rho$ soit telle que l'ensemble quotient soit un groupe; soit A une classe quelconque, il existe $a^*$ tel que $aa^* \equiv e$, alors $aa^* \leqq e$ donc $a^* \leqq e:a$, et $aa^* \leqq a(e:a) \leqq e$, et en vertu de 1° $a(e:a) \equiv e$, c'est-à-dire $e:a \in A^{-1}$ et $e:(e:a) \in (A^{-1})^{-1} = A$. On peut donc énoncer :

Théorème III. — *La seule équivalence arithmétisante* [1] *est l'équivalence d'Artin.*

Ce résultat a été obtenu sans utiliser l'hypothèse III.2° de P. Dubreil qui démontrait qu'$\mathcal{A}$ était *la plus fine* équivalence arithmétisante possible; de ce qui précède résulte aussi que sa condition II.1° est superflue, enfin la condition II.2° a été remplacée, en vertu du théorème II, par l'hypothèse A.

On sait que lorsque $\mathcal{A}$ est arithmétisante [c'est-à-dire dans un treillis complètement entier fermé : $a(a:e) \equiv e$ pour tout $a \in T$], elle est régulière par rapport à l'intersection; dans le sous-treillis entier du treillis quotient de T par $\mathcal{A}$, *toute classe est d'une manière unique produit de classes maximales, si et seulement si la condition de chaîne ascendante y est satisfaite.*

Si le treillis T est un groupe réticulé, le résiduel $e:a$ est l'inverse $a^{-1}$ de $a$, $\mathcal{A}$ est l'égalité, et l'on a, en vertu de ce qui précède :

---

(1) Cette notion a été introduite par P. Dubreil. *Voir* par exemple : M.-L. Dubreil-Jacotin et P. Dubreil, *Colloque de Géométrie algébrique*, Liége, 1949, p. 72.

THÉORÈME IV. — *Dans un groupe réticulé, il n'y a pas d'équivalence* $\rho$ *autre que l'égalité.*

Pour obtenir des théorèmes de décomposition du type précédent, qui portent sur les éléments entiers, on pourra considérer, par exemple, des équivalences définies seulement dans le sous-treillis entier : dans ce treillis, en effet, $e:a=e$ pour tout $a$ et $\mathfrak{A}$ est l'équivalence absolue.

Remplaçons maintenant l'hypothèse A par :

HYPOTHÈSE A*. — *La classe* E *de* $e$, *ne contient que l'élément* $e$.

Soient alors $a$ et $b$ avec $a\equiv b$ et $x$ tel que $x\cup a=e$, on a $x\cup a\equiv x\cup b$ donc $x\cup b=e$. On peut donc énoncer :

THÉORÈME V. — *S'il existe une équivalence* $\rho^*$ *régulière par rapport à la multiplication et à l'union et si* E *ne contient que* $e$, $\rho^*$ *définit dans le sous-treillis entier de* T *une équivalence plus fine que l'équivalence* $\mathcal{F}$ *définie par :* $a\equiv b$ *si et seulement si* $a$ *et* $b$ *sont premiers aux mêmes éléments.*

Comme $x\cup ab=e$ entraîne $x\cup a=e$ et $x\cup b=e$ d'où $x\cup(a\cap b)=e$ et inversement, on a : $ab\equiv a\cap b$ : $\mathcal{F}$ *est régulière par rapport à l'intersection*, et l'*on* $a$: $A\cap B=AB$.

Si $A\leqq B$, on a $A=AB$, (en particulier $A=A^2$); si $A<B$, il existe S telle que $A\cup S=\Theta\neq E$ et $B\cup S=E$; en effet, soient $a\in A$ et $b'\in B$ avec $a<b'$, comme $a\not\equiv b'$ il existe $s$ tel que $s\cup b'=e$ et $s\cup a\neq e$. Moyennant ces propriétés, on voit facilement que, dans le treillis quotient du sous-treillis entier de T par $\mathcal{F}$, toute classe est d'une manière unique produit de classes maximales si et seulement si la condition de chaîne ascendante et la condition affaiblie de chaîne descendante y sont satisfaites.

Dans le cas particulier d'un groupe réticulé, il y a correspondance biunivoque entre éléments entiers et éléments positifs, chaque élément correspondant à son inverse; comme la multiplication est ici distributive par rapport à l'intersection et comme E ne contient que $e$, la correspondance précédente transforme biunivoquement toute équivalence $\rho^*$ en une équivalence définie dans le sous-treillis positif, régulière par rapport à la multiplication et à l'intersection et plus fine que l'équivalence $\mathcal{J}$ introduite par M. Jaffard [2] : $\alpha\equiv\beta$ si et seulement si $\alpha$ et $\beta$ sont étrangers aux mêmes éléments [3]; équivalence qui, comme sa duale $\mathcal{F}$, est régulière par rapport aux trois opérations.

---

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1024.

(3) Deux éléments sont dits *étrangers l'un à l'autre* ou *disjoints* si $\alpha\cap\beta=e$ (*voir* BIRKHOFF, *Lattice theory*, p. 220). On emploie souvent dans le cas d'un groupe réticulé la notation additive, d'où le nom d'éléments positifs utilisé ici.

ALGÈBRE. — *Sur les treillis multiplicatifs complets à condition minimale.* Note de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Henri Villat.

Démonstration du théorème de Hopkins pour un treillis multiplicatif complet T vérifiant la condition de chaîne finie descendante. Application à la définition du radical d'un élément bilatère de T.

1° *Hypothèses et notations.* — Soit T un treillis multiplicatif complet ([1]), c'est-à-dire un treillis dans lequel existe une multiplication associative non nécessairement commutative satisfaisant à

(1) $$a.(b \cup c) = a.b \cup a.c \quad \text{et} \quad (b \cup c).a = b.a \cup c.a.$$

De plus ce treillis est complet, et l'on a

(2) $$a.\left(\bigcup_{\alpha \in \mathcal{J}} b_\alpha\right) = \bigcup_{\alpha \in \mathcal{J}} (a.b_\alpha) \quad \text{et} \quad \left(\bigcup_{\alpha \in \mathcal{J}} b_\alpha\right).a = \bigcup_{\alpha \in \mathcal{J}} (b_\alpha.a)$$

lorsque l'indice $\alpha$ décrit un ensemble $\mathcal{J}$ quelconque. Nous supposons en outre un élément zéro, vérifiant pour tout $x$ :

(3) $$0 \leq x \quad \text{et} \quad 0.x = x.0 = 0$$

et un élément $u$ satisfaisant pour tout $x$ :

(4) $$x \leq u \quad \text{et} \quad u.x \leq x.$$

*Exemple.* — 1. Le treillis des idéaux à gauche d'un anneau absolument quelconque, commutatif ou non, avec ou sans élément unité.

2. Le treillis des idéaux à gauche d'un annoïde, c'est-à-dire d'une algèbre à multiplication associative, les autres opérations binaires étant distribuées par multiplication ([2]) (*ringoïd* associatif, *L. T.*, p. 203).

3. Le sous-treillis des éléments entiers d'un treillis multiplicatif complet avec élément zéro et élément unité $e$ à gauche. Dans ce cas on a $u = e$ et $ux = x$.

En vertu des hypothèses ci-dessus le treillis T est résidué (*L. T.*, p. 202), le résiduel $h : k$ étant le plus grand élément $q$ qui vérifie $q.k \leq k$.

Relevons, parmi les règles de calcul sur les résiduels

$$a : (b.c) = (a : c) : b; \quad a : \left(\bigcup_{\alpha \in \mathcal{J}} b_\alpha\right) = \bigcap_{\alpha \in \mathcal{J}} (a : b_\alpha); \quad k \leq k' \quad \text{entraîne} \quad h : k \leq h : k'.$$

Les éléments $a$ de T sont tous éléments idéaux à gauche ($x.a \leq a$ pour

---

([1]) G. Birkhoff, *Lattice Theory*, 1948, p. 200. Référence L. T. pour la suite.

([2]) Ces idéaux ont déjà été considérés dans le cas commutatif par Viakalathur S. Krishnan, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1397.

tout $x \in T$). Certains d'entre eux sont aussi éléments idéaux à droite ($a.u \leqq a$ d'où $a.x \leqq a$ pour tout $x$). On les appelle éléments idéaux bilatères.

Un élément $b$ est *nilpotent* quand il existe un entier naturel $n$ tel que

$$b^n = 0$$

2° *Le théorème de Hopkins.* — Appelons treillis d'Artin un treillis multiplicatif complet T dans lequel la condition de chaîne descendante est satisfaite. Le théorème suivant joue le rôle du théorème de Hopkins dans la théorie des idéaux d'un anneau d'Artin, et nous le désignons par le même nom.

THÉORÈME 1. — *Dans un treillis d'Artin toute union $b$ d'éléments nilpotents $b_\alpha$ est un élément nilpotent.*

Pour un nombre fini d'éléments la démonstration de la propriété analogue pour les idéaux d'un anneau s'adapte immédiatement en langage de treillis [3]. Il n'en est pas de même, à ma connaissance, pour le cas d'un nombre infini d'éléments, par exemple dans les démonstrations de Ch. Hopkins, J. Levitzki, R. Brauer-Jacobson. Ma démonstration repose sur le lemme suivant :

LEMME [4]. — *Pour tout entier naturel $s$, on peut trouver un nombre fini de $b_\alpha$ dont l'union $b^*$ vérifie*

$$0 : b^p = 0 : b^{*p} \qquad (p = 1, 2, \ldots, s, s+1).$$

Soit $s$ le plus petit entier naturel tel que $b^s = b^{s+1}$. Déterminons $b^*$ d'après le lemme; l'élément $b^*$ est nilpotent; soit $\lambda$ le plus petit entier naturel tel que $b^{*\lambda} = 0$. Je dis que

$$\lambda \leqq s + 1.$$

Sinon, on aurait successivement

$$b^{*\lambda-s-1}.b^{*s+1} = 0; \qquad b^{*\lambda-s-1} \leqq 0 : b^{s+1} = 0 : b^s = 0 : b^{*s}; \qquad b^{*\lambda-1} = 0.$$

On déduit de $\lambda \leqq s + 1$ et du lemme

$$u = 0 : b^{*\lambda} = 0 : b^\lambda; \qquad b^{\lambda+1} \leqq u.b^\lambda \leqq 0; \qquad b^{\lambda+1} = 0.$$

Le théorème est démontré. On a en outre $s - 1 \leqq \lambda \leqq s$, et, si $u$ est unité à gauche, $\lambda = s$.

Une application immédiate du théorème 1 conduit à la notion de *radical* : l'union $r$ de tous les éléments nilpotents est le plus grand élément nilpotent du treillis d'Artin T; on l'appelle le radical de T; c'est un élément bilatère.

3° *Radical d'un élément bilatère.* — Soit $h$ un élément bilatère quelconque

(3) *Voir* par exemple : N. JACOBSON, *The theory of rings*, 1943, p. 63.

(4) La démonstration paraîtra dans un Ouvrage sur la théorie des treillis écrit en collaboration par M.-L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot (*Cahiers scientifiques* publiés sous la direction de M. G. Julia).

de T. La relation $x\mathcal{R}y$ définie par

$$x \cup h = y \cup h,$$

est une relation d'équivalence régulière par rapport à l'union et à la multiplication. L'ensemble quotient $T/\mathcal{R}$ est donc un treillis multiplicatif $T_h$ admettant pour zéro la classe H de $h$ et pour élément U la classe U de $u$. Il est complet comme T et vérifie comme lui la condition de chaîne descendante. Si $h \neq o$, il suffit d'ailleurs que T vérifie la condition affaiblie de chaîne descendante pour que $T_h$ vérifie la condition de chaîne descendante.

En considérant le radical R de $T_h$, on obtient dans T le résultat suivant :

THÉORÈME 2. — *$h$ étant un élément bilatère du treillis d'Artin* T, *l'union de tous les éléments $x$ tels que $x^n \leqq h$ pour un entier naturel $n(x)$, est un élément bilatère $r_h$ qui vérifie*

$$r_h^m \leqq h,$$

*$r_h$ est appelé le radical de $h$.*

On a donc d'après le théorème 2 $n(x) \leqq m$, $r_0$ est le radical $r$ de T; $r_r = r$; $T_r$ est un treillis d'Artin sans radical, ou treillis d'Artin semi-simple.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'approximation dans le corps des racines cubiques de l'unité.* Note de MM. **Georges Poitou** et **Roger Descombes**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Propriétés particulières du développement en fractions continues sur le corps $R(i\sqrt{3})$. Détermination des trois plus petites constantes d'approximation et limitations pour le plus petit point d'accumulation de l'ensemble des constantes d'approximation.

Le travail dont cette Note indique les résultats, montre qu'on peut préciser notablement des résultats déjà anciens à l'aide de la méthode que nous avons donnée récemment ([1]). Nous utiliserons les notations et définitions de cette Note, appliquées à $R(i\sqrt{3})$.

Ce corps possède en commun avec le corps des rationnels deux remarquables propriétés que n'ont pas les autres corps quadratiques imaginaires euclidiens, et qui simplifient la recherche des constantes d'approximation.

1. *Le module du déterminant de deux réduites consécutives est toujours égal à* 1. Autrement dit, *les meilleures suites régulières coïncident avec la suite de meilleure approximation.*

2. *Si une séquence (d'un nombre fini de quotients incomplets) est interdite, celle obtenue en inversant l'ordre de ses termes est aussi interdite.* (On peut définir une

---

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 264.

séquence interdite comme celle qui implique que l'un de ses termes est choisi en contradiction avec les règles de calcul de l'algorithme).

Deux séquences de quotients incomplets sont dites *homologues* si elles ont le même nombre de termes et si le quotient des termes correspondants est, pour ceux d'une certaine parité, l'une des unités du corps, et, pour l'autre parité, l'unité conjuguée (et inverse). Si une séquence est interdite, ses homologues le sont aussi. Deux suites (infinies de quotients incomplets) homologues correspondent, si elles ne sont pas interdites, à des nombres déduits l'un de l'autre par une multiplication par une unité du corps, ainsi que leurs réduites de même rang.

L'énoncé des résultats exige l'introduction de quelques notations. Nous posons $2\omega = 1 + i\sqrt{3}$, $\bar{\omega}$ étant l'imaginaire conjugué. Nous désignons par S la séquence de quotients incomplets $1\ \bar{\omega}\ 1$, par T la séquence $1\ \omega\ 1\ \omega$ et par U la séquence $1\ \omega\ \omega\ \omega\ \omega\ \bar{\omega}\ \bar{\omega}\ \bar{\omega}\ \omega\ 1$ ou l'une quelconque de leurs homologues respectives. Des lettres S, T ou U écrites en nombre fini (ou infini) à la suite les unes des autres désignent une séquence (ou une suite) obtenue en écrivant de la même manière à la suite les unes des autres les séquences en question en s'arrangeant par des rotations appropriées pour que le dernier terme de chacune d'elles soit confondu avec le premier terme de la suivante. Exemple : STST désigne la séquence $1\ \bar{\omega}\ 1\ \omega\ 1\ \omega - \omega\ \omega\ 1\ \omega\ 1$ ou l'une quelconque de ses homologues.

On montre assez facilement que les suites où interviennent une infinité de quotients incomplets de module strictement supérieur à 1 correspondent à des nombres dont la constante d'approximation est supérieure à $\sqrt{13/3} = 2{,}0816\ldots$ sauf certaines suites qui correspondent à une constante d'approximation égale à 2. Puis une étude assez longue des suites dont tous les quotients incomplets sont, à partir d'un certain rang, des unités, nous a permis d'établir les résultats suivants :

*Il existe une première constante d'approximation (constante d'Hurwitz du corps) égale à* $\sqrt[4]{13} = 1{,}8988\ldots$ (résultat déjà établi par Perron en 1931).

*Elle est isolée et les suites qui lui correspondent sont celles constituées à partir d'un certain rang par la répétition indéfinie du chiffre ω, et les suites homologues ou imaginaires conjuguées.* Exemple : les solutions de l'équation $x^2 = \omega x + 1$ ont $\sqrt[4]{13}$ pour constante d'approximation.

*Il existe une seconde constante d'approximation égale à 2. Elle est aussi isolée, et correspond aussi à des nombres quadratiques parmi lesquels le nombre i.*

*Il existe une troisième constante d'approximation égale à*

$$\sqrt{\frac{32\sqrt{3}}{13}} = 2{,}06487\ldots.$$

*Elle est encore isolée et les suites qui lui correspondent sont celles constituées à*

*partir d'un certain rang par la répétition indéfinie de la séquence* ST, *et les suites imaginaires conjuguées.* Notons que la période d'une telle suite n'est pas de 5 mais de 10 termes. Parmi les nombres quadratiques qui se développent ainsi, citons les solutions de l'équation $4x^2 + 4\omega x - (3\omega + 1) = 0$.

*Toute autre constante d'approximation est supérieure à* 2,070068.

D'autre part, on peut montrer que

$$\sqrt{\frac{28 + 16\sqrt{3}}{13}} = 2,0701693\ldots$$

*est un point d'accumulation de l'ensemble des constantes d'approximation du corps.* En fait, c'est la limite lorsque $n$ augmente indéfiniment, des constantes d'approximation correspondant aux suites périodiques obtenues en répétant indéfiniment $\mathrm{UTST}\ldots\mathrm{TST}\overline{\mathrm{U}}\overline{\mathrm{T}}\overline{\mathrm{S}}\overline{\mathrm{T}}\ldots\overline{\mathrm{T}}\overline{\mathrm{S}}\overline{\mathrm{T}}$ ($n$ fois S et $n$ fois $\overline{\mathrm{S}}$). C'est aussi la constante d'approximation d'une infinité continue de nombres.

*Le plus petit point d'accumulation est donc contenu dans l'intervalle*

(2,070068, 2,0701693...).

Signalons enfin que les suites correspondant à une constante d'approximation égale à 2 sont toutes, à partir d'un certain rang, périodiques et constituées de quotients incomplets de module au plus égal à 2. Elles correspondent toutes aux mêmes nombres quadratiques dont les développements sont fournis par l'une ou l'autre de ces suites suivant les précisions qu'on apporte relativement au caractère strict ou large des inégalités qui interviennent dans la définition de la suite de meilleure approximation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une théorie ensembliste des jeux alternatifs.* Note de M. **Claude Berge**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Utilisons les propriétés établies pour les transformateurs [1] dans l'étude des *Jeux alternatifs :* deux joueurs, (X) et (X'), jouent à tour de rôle, (X) essayant d'amener le jeu dans une position appartenant à un certain ensemble K, dit *ensemble de mat à* (X'), et (X') essayant d'amener le jeu dans une position de l'*ensemble de mat à* (X), K'. Une *position* ne comporte pas seulement les coordonnées des différents éléments du jeu, mais aussi l'indication du prochain à jouer, ou le *trait.* X sera l'ensemble des positions dont le trait est au joueur (X); on supposera ici que le jeu n'est pas de *qui perd gagne*, c'est-à-dire que $K \subset X'$, $K' \subset X$.

Nous appellerons *transformateur fondamental du jeu* la relation $\Gamma$ telle que $\Gamma e$ soit l'ensemble des positions consécutives aux positions de $e$; si l'on définit $D_\Gamma$

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1404 (A) et **232**, 1951, p. 134 (B).

par les ensembles de positions permises de même trait et autres que celles de $K \dotplus K'$, $\Gamma$ est un transformateur complet dans $D_\Gamma$.

$\Gamma^{-1}e$ est l'ensemble des positions qui appartiendront à $e$ au coup suivant; $\Gamma^{*}e$ est l'ensemble des positions susceptibles d'appartenir à $e$ au coup suivant; $(\Gamma^{*})^{-1}e$ est l'ensemble des positions qui ne peuvent être obtenues qu'à partir d'une position de $e$; $(\Gamma^{-1})^{*}e$ est l'ensemble, généralement vide, des positions $y$. consécutives aux positions $x$ de $e$ qui ne peuvent donner que $y$ au coup suivant

2. Le jeu sera *semi-régulier* ou *semi-isovalent* pour (X) si $\Gamma$ est régulier ou isovalent pour les sous-ensembles de X; il sera *régulier* ou *isovalent* si $\Gamma$ est régulier ou isovalent.

Montrons qu'il ne peut y avoir de jeux isovalents non réguliers. Si le jeu n'admet pas de *positions de pat* (²), le théorème est évident, car on a démontré que si $\Gamma$ est isovalent et tel que $\Gamma e = O$ entraîne $e = O$, $\Gamma$ est régulier (A). Dans le cas général, si $\Gamma$ n'est pas régulier, on peut avoir

$$\sum_{x \in e_1} \Gamma x = \sum_{x \in e_2} \Gamma x; \qquad (e_1 \neq e_2),$$

On peut supposer $e_1 \supset e_2$ strictement, quitte à remplacer $e_1$ par $e_1 \dotplus e_2$. On a donc une position $y$ telle que

$$\Gamma y \neq O, \qquad \Gamma y \subset \Sigma \Gamma x_\lambda, \qquad y \neq x_\lambda.$$

Si $\Gamma$ était isovalent, on aurait

$$\Gamma y . \Gamma(\Sigma x_\lambda) = \Gamma(y \Sigma x_\lambda) = \Gamma O = O,$$

ce qui est absurde, car

$$\Gamma y . \Gamma(\Sigma x_\lambda) = \Gamma y . \Sigma \Gamma x_\lambda = \Gamma y \neq O.$$

Nous distinguerons donc seulement trois catégories de jeux alternatifs :

1° Jeux réguliers isovalents; dans ce cas, $\Delta_\Gamma$ est une famille multiplicative; le transformateur-associé $\Gamma^{*}$ est régulier et isovalent dans $\Delta_\Gamma$, et l'inverse $\Gamma^{-1}$ est un transformateur complet et régulier dans $\Delta_\Gamma$ (B).

2° Jeux réguliers non isovalents; $\Delta_\Gamma$ n'est pas une famille multiplicative, car alors $\Gamma$ serait régulier (A). $\Gamma^{-1}$ est un transformateur complet et régulier dans $\Delta_\Gamma$.

3° Jeux ni réguliers ni isovalents, comme le jeu des échecs, qui ne peut être régulier puisqu'il admet des positions de pat.

3. On appelle *coup juste pour* (X) une position de X' telle que (X) puisse gagner, quoi que fasse (X'). Soit G leur ensemble; on a $G \supset K$. Les coups $x$ justes pour (X) qui donnent mat à (X') au coup suivant vérifient $\Gamma x \subset \Gamma^{*} K$; donc $G \supset (\Gamma^{-1}\Gamma^{*})K$. De proche en proche, on aura donc la

(²) Ce sont, par définition, les positions $x$ telles que $\Gamma_x = O$, $x \in D_\Gamma$.

formule

$$G = K \dot{+} (\Gamma^{-1}\Gamma^{*})K \dot{+} (\Gamma^{-1}\Gamma^{*})^{2}K \dot{+} \ldots \dot{+} (\Gamma^{-1}\Gamma^{*})^{n}K \dot{+} \ldots$$

On appelle *coup faux pour* (X) une position de X′ telle que (X) puisse perdre quoi qu'il fasse par la suite; en appelant P leur ensemble, on a les relations $G = \Gamma^{-1}P'$ et $P = \Gamma^{*}G'$ : $x \in G$ équivaut à $\Gamma x \subset P'$, et $x \in P$ équivaut à $\Gamma x . G' \neq O$. On en déduit aisément le « théorème des jeux alternatifs » : Si le jeu n'est pas « injuste », c'est-à-dire si la position initiale $\alpha_0 \notin G'$ et $\alpha_0 \notin P'$, on a

$$\Gamma\alpha_0 \not\subset P; \qquad \Gamma\alpha_0 . G = O.$$

(X) prendra donc une position $\alpha_1$ telle que $\alpha_1 \notin G$, et, en supposant qu'il joue bien, telle que $\alpha_1 \notin P$ : on retombe donc sur les mêmes hypothèses, et le jeu, n'ayant pas de raisons de s'arrêter, sera « vain » ([3]).

Un jeu injuste pour (X′) tel que $\Gamma \subset \Gamma^{-1}$ dans X est dit *strictement injuste* pour (X′) ([4]). Comme $\alpha_0 \in P'$, on a $\alpha_1 \subset \Gamma\alpha_0 \subset \Gamma P' \subset \Gamma^{-1}P' = G$. Quoi qu'il fasse et à n'importe quel moment, (X) prendra une position $x$ juste; on a $x \in (\Gamma^{-1}\Gamma^{*})^{n}K$, et le plus petit entier $n$ tel qu'il en soit ainsi est l'*ordre* $F(x)$ de la position $x$. Avec une méthode de fuite, (X′) prétendra résister un temps $f(x) \leq F(x)$, et devra jouer le coup $y$ ($\in \Gamma x$) tel que $\inf_{z \in \Gamma y} f(z)$ soit maximum. L'entier $f(x)$, ou *fonction guide de fuite*, a les propriétés caractéristiques suivantes :

1° $x \in K$ entraîne $f(x) = 0$, et réciproquement.

2° $\sup_{y \in \Gamma x} \left[ \inf_{z \in \Gamma y} f(z) \right] \geq f(x) - 1$ quel que soit ($x \in X'$).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières d'ordre fini ou nul.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans une précédente Note ([1]), j'ai énoncé une propriété qui, dans un sens, approfondit un théorème dû à M. Biernacki. Cette propriété est la suivante :

*Étant donné une fonction entière $f(z)$ d'ordre fini non nul, cette fonction possède, en commun avec ses dérivées successives, au moins une direction de Borel-Valiron.*

Une telle direction est rappelons-le, caractérisée par le fait que, dans son

([3]) Bien entendu, ces raisonnements peuvent être répétés avec des positions de nullité : positions de pat, positions cycliques ou pseudo-cycliques.

([4]) Exemple : Jeu de poursuite, la vitesse du poursuivant (X) étant supérieure à celle du poursuivi (X′); ce jeu continu à été étudié par M. Choquet, dont nous conservons ici la terminologie.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 402-403.

voisinage angulaire, la fonction prend toute valeur finie $a$ (sauf une au plus) un si grand nombre de fois que l'exposant de convergence des points $z$ où la fonction prend la valeur $a$ est maximum, c'est-à-dire est égal à l'ordre de la fonction.

Dans la Note précitée, j'ai indiqué que la propriété précédente est susceptible d'extension aux fonctions entières d'ordre nul dont la croissance n'est pas trop lente.

Rappelons enfin que le théorème de M. Biernacki dont il est question plus haut précise l'existence d'au moins une direction de Julia commune à toute fonction entière d'ordre fini non nul, et à ses intégrales et dérivées successives.

2. En complément de la propriété rappelée au n° 1, j'ai obtenu les résultats suivants :

Théorème I. — *Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre fini. Toute suite de cercles de remplissage pour cette fonction, suite dans laquelle le théorème de Borel est supposé vérifié, donne naissance à une suite de cercles de remplissage analogue pour chacune des intégrales successives de la fonction. Chaque cercle de la deuxième suite est dans le voisinage du cercle correspondant de la première suite.*

En conséquence, et après utilisation d'un théorème dû à M. Rauch, on obtient la propriété suivante :

Théorème II. — *Toute direction de Borel-Valiron d'une fonction entière d'ordre fini est aussi direction de Borel-Valiron des intégrales successives de la fonction.*

La conséquence suivante est alors immédiate :

Théorème III. — *Toute direction limite des directions de Borel-Valiron des dérivées successives d'une fonction entière d'ordre fini est direction de Borel-Valiron commune à la fonction, à ses intégrales et à ses dérivées successives.*

La direction en question doit être limite de directions relatives à une infinité de dérivées.

Ce théorème, qui précise la propriété rappelée au n° 1, est tout à fait dans le cadre du théorème de M. Biernacki, lequel en devient une conséquence.

3. Les théorèmes I, II et III s'étendent, *mutadis mutandis*, au cas des fonctions d'ordre nul dont la croissance n'est pas trop lente.

4. Signalons encore une conséquence simple du théorème III :

Théorème IV. — *Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre fini $\rho$ supérieur à $1/2$. Cette fonction, ses intégrales et ses dérivées successives ont en commun plusieurs directions de Borel-Valiron. L'angle le plus petit qui contient ces directions a une ouverture au moins égale à $2\pi - \pi/\rho$, si $\rho$ est compris entre $1/2$ et $1$, et à $\pi/\rho$ si $\rho$ est au moins égal à $1$.*

On montre sur des exemples que cette propriété ne peut pas être améliorée.

La fonction exponentielle fournit un exemple simple dans le cas où l'ordre est égal à 1 : les directions de Borel-Valiron de la fonction, où de l'une quelconque de ses intégrales ou dérivées, sont les deux parties de l'axe imaginaire.

GÉOMÉTRIE. — *Les plans parallèles dans les espaces riemanniens globaux.* Note de M. **T.-J. Willmore**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Bien que plusieurs articles aient été publiés, relatifs aux champs de $r$-plans parallèles, l'attention s'est limitée surtout aux propriétés locales. La démonstration du présent théorème résulte d'une investigation sur les restrictions des caractéristiques topologiques d'une variété riemannienne différentiable admettant globalement un champ de $r$-plans parallèles.

Théorème. — *Si une variété riemannienne compacte, à* $2n$ *dimensions, de métrique définie positive, admet globalement un champ de r-plans parallèles, (r impair) la caractéristique d'Euler-Poincaré* $\chi$ *est nulle.*

La démonstration est basée sur la généralisation de la formule de Gauss-Bonnet, découverte par Allendoerfer-Weil ([1]), et d'après laquelle si la *courbure totale* $K_T$ d'une variété à $2n$ dimensions est représentée, selon la notation habituelle, par

$$K_T = \frac{R_{\alpha_1\alpha_2\beta_1\beta_2} R_{\alpha_3\alpha_4\beta_3\beta_4} \ldots R_{\alpha_{2n-1}\alpha_{2n}\beta_{2n-1}\beta_{2n}} \varepsilon^{\alpha_1\ldots\alpha_{2n}} \varepsilon^{\beta_1\ldots\beta_{2n}}}{(2n)!\, 2^n g}, \tag{1}$$

alors

$$\int_{V_{2n}} K_T\, g^{\frac{1}{2}}\, dx = \omega^{2n} \frac{\chi}{2}, \tag{2}$$

où $\omega^{2n}$ est l'aire d'une sphère-unité à $2n$ dimensions.

Or, si une variété de métrique définie positive admet un champ de $r$-plans parallèles, elle est localement réductible; c'est-à-dire, chaque point $x_0$ a un voisinage N de coordonnées canoniques où la métrique de la variété prend la forme

$$ds^2 = \sum_{\alpha,\beta=1}^{r} g_{\alpha\beta}(x^1, \ldots, x^r)\, dx^\alpha dx^\beta + \sum_{\lambda,\mu=r+1}^{2n} g_{\lambda\mu}(x^{r+1}, \ldots, x^{2n})\, dx^\lambda dx^\mu. \tag{3}$$

Désignons les ensembles d'indices de la manière suivante :

$$L = (1, 2, \ldots, r); \qquad M = (r+1, \ldots, 2n).$$

On peut facilement vérifier que les composantes mixtes du tenseur de Riemann-Christoffel $R_{hijk}$ s'annulent (indices pris dans les *deux* groupes L et M). Mais, puisque $r$ est impair et que les indices pour les composantes dans (1) sont choisis par couples, il résulte de (1) que $K_T$ s'annule identiquement dans le voisinage N. Cette conclusion tient pour tous les voisinages N de tout point de la variété. Il résulte alors de (2) que $\chi = 0$.

---

([1]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **53**, 1943, p. 101.

2. La démonstration dépend de la généralisation de la formule de Gauss-Bonnet, qui est un résultat assez profond; il est possible que l'on puisse démontrer notre théorème par des méthodes plus simples, qui peuvent encore s'appliquer dans des circonstances plus générales, par exemple, lorsqu'on n'exige plus que la variété soit ni compacte ni de métrique définie positive. Il semble que le théorème puisse être valable pour des variétés de métrique indéfinie; mais on ne voit guère la possibilité d'obtenir une généralisation de la formule de Gauss-Bonnet applicable à de tels cas.

La remarque suivante, due à M. A. G. Walker, indique que le théorème est encore valable pour les métriques indéfinies dans le cas particulier $r=1$. Ici la variété admet un champ de 1-plans parallèles, c'est-à-dire, en chaque point de la variété il y a un système de vecteurs avec une commune direction mais dont la longueur est variable. On peut ainsi obtenir un champ continu de directions, défini sur toute la variété. Dans ces circonstances, $\chi=0$.

Si la variété $V_{2n}$ est le produit métrique et topologique de deux espaces riemanniens de dimension impaire, c'est-à-dire $V_{2n}=V_r\times V_{2n-r}$, alors le théorème résulte immédiatement de la relation bien connue

$$\chi(V_r\times V_{2n-r})=\chi(V_r)\,\chi(V_{2n-r}),$$

puisque $\chi=0$ pour un espace de dimension impaire. Un raisonnement analogue s'applique dans le cas plus général où $V_{2n}$ est un espace fibré.

Selon M. T. Y. Thomas ([2]), les conditions de notre théorème impliqueraient que la variété est décomposable globalement en un produit topologique, et notre théorème serait trivial. Pourtant, M. A. G. Walker ([3]) a démontré récemment que ce résultat de M. T. Y. Thomas est faux; l'existence d'un champ de $r$-plans parallèles ne suffit pas pour garantir la réductibilité globale. A vrai dire, il semble nécessaire de faire davantage d'hypothèses avant de pouvoir affirmer que la variété est un espace fibré; encore moins peut-on avancer qu'elle est un produit topologique.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur la répartition des décimales de rang donné dans les tables numériques*. Note (*) de M. **Roger Huron**, présentée par M. Henri Villat.

1. Il s'agit des tables des valeurs numériques d'une fonction $y=f(x)$, monotone et continue sur le segment $(a, b)$. On en déduit que $x=\varphi(y)$, $\varphi(y)$ étant elle-même continue et monotone sur le segment d'extrémités $f(a)$

([2]) *Monats. für Math. Phys.*, 47, 1939, p. 388.

([3]) *J. London Math. Soc.* (sous presse).

(*) Séance du 15 janvier 1951.

et $f(b)$. On peut, sans diminuer la généralité, supposer $f(x)$ croissante, positive ainsi que $a$ et $b$. On prendra $b > a$. La table est obtenue en insérant entre $a$ et $b$, $n-1$ moyens arithmétiques : $a_r(r=1, 2, \ldots, n-1, b=a_n)$ et en calculant les valeurs correspondantes de la fonction.

2. Si $[A]$ désigne la partie entière du nombre positif A et $m$ la moyenne arithmétique des décimales de rang $i$ de la table, nous avons, en écartant les décimales de $f(a)$ :

$$m = \lim_{n=\infty} \frac{1}{n} \sum_{r=1}^{r=n} [10^i f(a_r)] - \frac{10}{n} \sum_{r=1}^{r=n} [10^{i-1} f(a_r)],$$

ou, avec des notations évidentes,

$$(1) \qquad m = \lim_{n=\infty} \frac{S_n^i}{n} - 10 \frac{S_n^{i-1}}{n}.$$

On montre que

$$(2) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{S_n^i}{n} = \frac{1}{b-a} \{ B^i b - A^i a - (x_1 + x_2 + \ldots + x_k) \}$$

avec

$$A^i = [10^i f(a_r)], \qquad B^i = [10^i f(b_r)];$$

$$x_1 = \varphi\left(\frac{A^i+1}{10^i}\right), \qquad x_2 = \varphi\left(\frac{A^i+2}{10^i}\right), \qquad \ldots, \qquad x_k = \varphi\left(\frac{B^i}{10^i}\right).$$

Pour certaines fonctions simples : $x$, $\sqrt{x}$, $\sqrt[3]{x}$, $\log x$, etc. la somme $x_1 + x_2 + \ldots + x_k$ peut être calculée exactement.

On déduit des formules obtenues de nombreuses propriétés et en particulier que pour $i$ et $b$ assez grands $m$ est voisin de 4,5, mais pour $\sqrt{x}$, $i=1$, $a=0$, $b=1$ par exemple, $m=6{,}15$. Valeur qu'il est facile de vérifier.

Si les conditions d'application de la formule sommatoire d'Euler-Marc-Laurin sont réalisées, et elles le sont dans les cas usuels, on peut montrer que l'on a

$$(3) \quad m = 4{,}5 + \frac{1}{2(b-a)10^i} \left\{ \frac{1}{f'(a)} \{ (d^i)^2 + (0{,}2-10)d^i - 0{,}9\alpha + 16{,}5 \} - \frac{1}{f'(b)} \{ (\delta^i)^2 + (0{,}2-10)\delta^i - 0{,}9\nu + 16{,}5 \} \right\} + \ldots,$$

$\delta^i$ et $\nu$ ayant relativement à $f(a)$ le même sens que $d^i$ et $\alpha$ relativement à $f(b)$.

*Application* : $y = \log x$ ; $a=1$ ; $i=2$ ; si $b=1000$ on a : valeurs de la moyenne obtenue :

*a*. par le calcul direct de la somme : $x_1 + x_2 + \ldots x_k$, $m = 4{,}69$ ;

*b*. par application de (3), $m = 4{,}69$ ;

*c*. valeur expérimentale approchée (d'après une table), $m' = 4{,}674/999 = 4{,}68$, si $b = 436$ ; $m = 4{,}41$ ; $m' = 4{,}40$.

3. Soit $l$ l'un des nombres : 0, 1, 2, ..., 9, posons

$$x_p = \varphi\left(\frac{A^{i-1}+p}{10^{i-1}} + \frac{l}{10^i}\right); \qquad x'_p = \varphi\left(\frac{A^{i-1}+p}{10^{i-1}} + \frac{l+1}{10^i}\right)$$

($p$ variant de 0 à $B^{i-1} - 1 = k$),

$$\Delta p = x'_p - x_p.$$

Désignons par $f_l$ la fréquence relative des décimales de rang $i$ égales à $l$, on montre que

$$(4) \qquad f_l = \frac{1}{b-a} \{ (\Delta_0) + (\Delta_{k+1}) + \Delta_1 + \Delta_2 + \ldots + \Delta_k \}$$

les parenthèses indiquant que $\Delta_0$ et $\Delta_{k+1}$ ont des valeurs dépendant de $l$; $a$, $b$ et $f(x)$ étant fixés.

Par exemple : si $d^i > l$, $(\Delta_{k+1}) = \Delta_{k+1}$; si $d^i = l$, $(\Delta_{k+1}) = b - x_{k+1}$; si $d^i < l$, $(\Delta_{k+1}) = 0$.

En général on a

$$(5) \quad f_l = \frac{1}{10} + \frac{1}{b-a} \left\{ \frac{1}{2f'(b)\,10^{i+1}} \left\{ 2l - 2d^i - 9 - 0,2\alpha + \begin{pmatrix} 20 & \text{si } d^i < l \\ 2\alpha & \text{si } d^i = l \\ 0 & \text{si } d^i < l \end{pmatrix} \right\} \right.$$
$$\left. - \frac{1}{2f'(a)\,10^{i+1}} \left\{ 2l - 2\delta^i + 11 - 0,2\nu - \begin{pmatrix} 20 & \text{si } \delta^i < l \\ 20 - 2\nu & \text{si } \delta^i = l \\ 0 & \text{si } l^i < \delta^i \end{pmatrix} \right\} + \ldots \right\},$$

formule de laquelle on peut évidemmment déduire (3).

Si $\lim_{n=\infty} [f(n)/n] = 0$, on peut poser $b = n$. On en déduit en particulier :

*a*. dans les tables numériques donnant les racines carrées et les racines cubiques de la suite des nombres entiers, les décimales de rang $i$ forment des suites de nombres où les chiffres : 0, 1, 2, ..., 9 figurent avec une égale fréquence;

*b*. pour $y = \log x$; $a = 1$ et $b$ étant une puissance de 10 on a

$$f_l = \frac{1}{10} + \frac{\log 10}{2.10^{i+1}}(2l - 9).$$

Si l'on prend $i = 2$, $f_l$ croît de 0,090 à 0,111 quand $l$ croît de 0 à 9.

MÉCANIQUE. — *Dynamomètre à sensibilité variable.* Note (*) de M. **Raymond Comolet**, présentée par M. Joseph Pérès.

En utilisant dans certaines conditions une lame élastique comme dynamomètre, celle-ci peut subir des déformations qui ne restent pas proportionnelles à la force appliquée. Le même appareil peut servir pour étudier des efforts variant considérablement. La mesure s'effectue à l'aide d'extensomètres à fil résistant.

La mesure d'une force avec une précision donnée à l'avance ne présente généralement pas de difficultés, il existe suffisamment d'appareils qui remplissent les conditions exigées.

(*) Séance du 8 janvier 1951.

L'indication $x$ fournie par ces dynamomètres est généralement une fonction linéaire de la force F à mesurer. La sensibilité absolue $\Delta F/\Delta x$ est constante tout le long de l'échelle. Il en est ainsi en particulier pour les appareils dont le principe repose sur les déformations élastiques des matériaux : flexion, torsion, traction. En général ce n'est pas un inconvénient, et dans chaque cas on peut trouver un dynamomètre adapté aux efforts à étudier.

On est parfois amené à mesurer avec le même appareil des forces variant considérablement, par exemple dans un rapport de 1 à 1 000. Il serait commode d'employer dans ces conditions un dynamomètre à sensibilité absolue variable (par exemple à sensibilité relative constante : $\Delta F/F = K\Delta x$).

Soit une lame (ou une poutre) rectiligne AB, encastrée en A. Supposons que la force F à mesurer soit appliquée en B mais fasse un certain angle $\alpha$ avec la direction de la lame (*fig.* 1). Il est facile de voir, dans ces conditions que la lame va subir simultanément des déformations de flexion et de traction dont le rapport n'est pas égal à celui des composantes transversale et longitudinale de la force F (sauf pour les très petites déformations). Le rapport des déformations varie avec la grandeur de la force appliquée. On peut ainsi concevoir un dynamomètre dont les déformations, presque uniquement de flexion pour les faibles efforts, changeraient progressivement de nature à mesure que la force augmente, pour devenir presque uniquement de traction pour les grands efforts. Si l'on peut mesurer les déformations d'un type ou de l'autre nous aurons réalisé un dynamomètre dont la sensibilité varie (augmente ou diminue) d'une manière continue en fonction de la force appliquée. Les extensomètres à fil résistant permettent d'effectuer facilement de telles mesures.

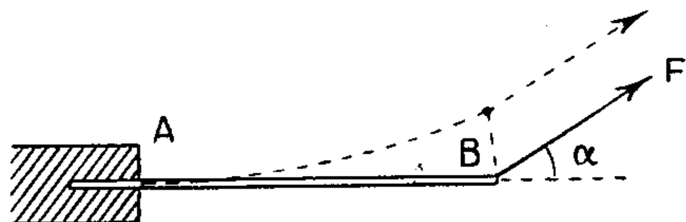


Fig. 1.

Fig. 2.

Nous avons, dans ce but, réalisé un appareil constitué par une lame encastrée $s$B présentant au repos une faible courbure (*fig.* 2). La lame est en acier trempé courbée suivant un arc de cercle. La direction de la force appliquée est parallèle à la tangente au point d'encastrement. Les extensomètres, collés en $s$, donnent les déformations de flexion de la lame, à l'exclusion des déformations de traction.

En fait, dans le dispositif employé, l'application de la force F est telle qu'il s'introduit en B un couple supplémentaire, mais il ne présente pas d'inconvénient particulier.

Les résultats obtenus (*fig.* 3) montrent que la sensibilité absolue de l'appareil diminue à mesure que la force augmente. Elle devient environ 170 fois plus petite quand la force passe de 0 à $4^{\text{kgr}}$.

La sensibilité relative n'est pas constante : il n'y a, en effet, aucune raison pour que la courbe représentative $F = f(x)$ soit une exponentielle. Il est toutefois possible que ce résultat puisse être atteint par un montage convenable.

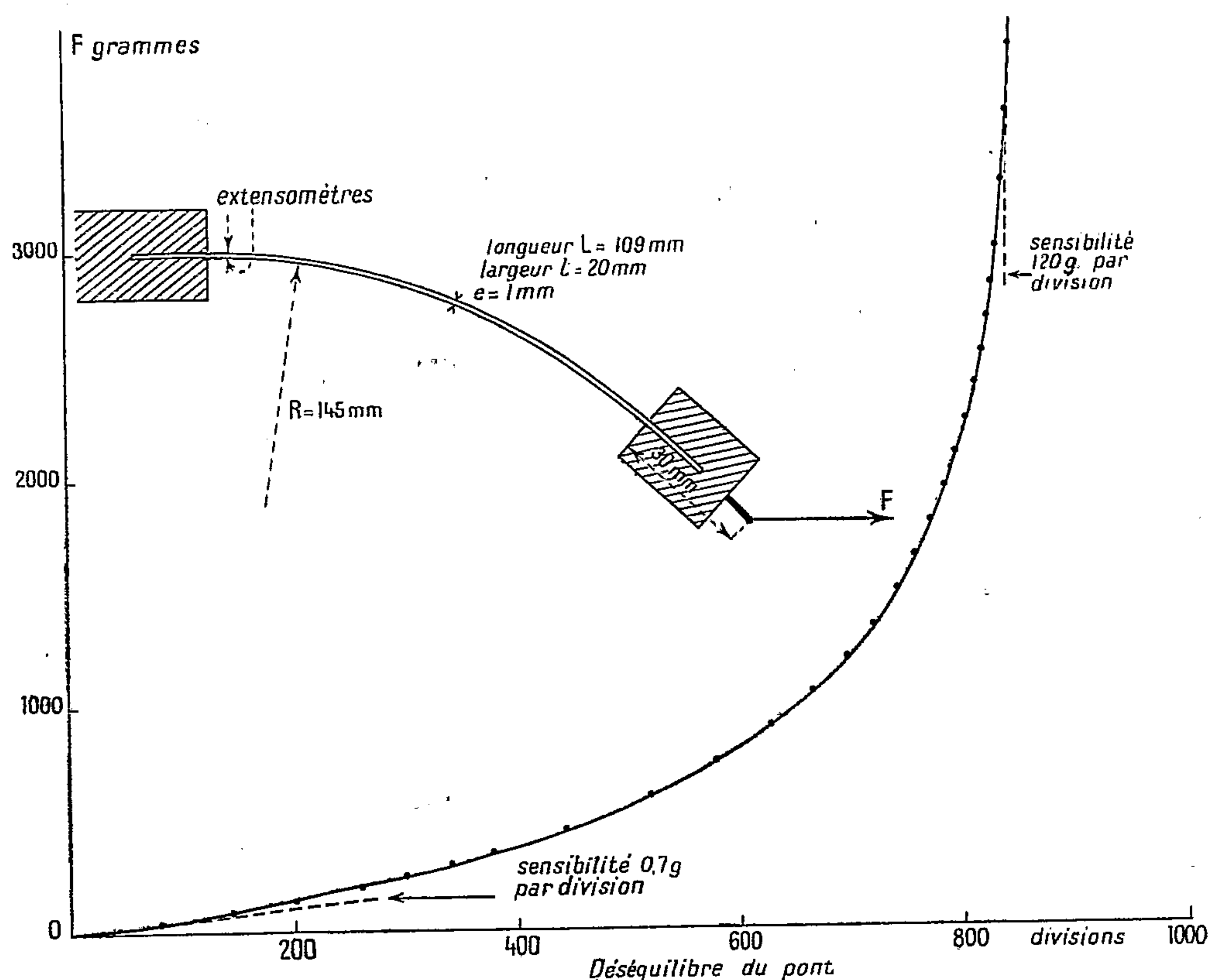



Fig. 3.

Nous nous proposons d'utiliser ce dynamomètre, pour étudier les forces de frottement s'exerçant sur deux surfaces en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Henri Villat.

Recherche des potentiels $\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(xy)$ dans le cas $\alpha = (\pi/2n)$, $n$ entier, et des potentiels $\Phi = e^{i(\sigma t + kz)}\varphi(xy)$ dans le cas $\alpha = (\pi/4)$.

1. Dans une Note antérieure ([1]) relative aux mouvements de la mer sur une plage, justiciables d'un potentiel $\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(x, y)$ j'ai donné l'expression

(*) Séance du 15 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1212.

de $\varphi(x, y)$ en fonction de $\varphi(x, 0)$. Pour déterminer le potentiel à la surface libre on écrit $\Delta\varphi = 0$ ce qui conduit à

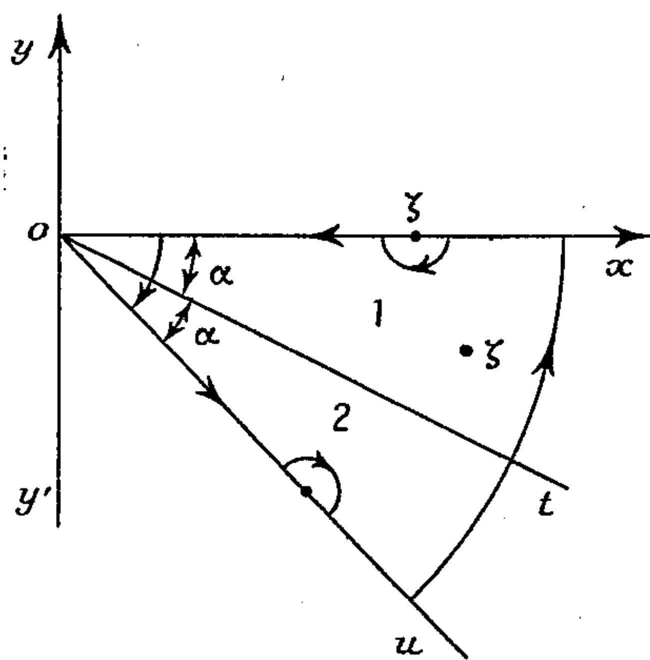
$$(1) \qquad \varphi + \frac{\sigma^2}{g\pi}\int_0^{\infty} \mathrm{L}\left|1 - \left(\frac{x}{x'}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}}\right| \varphi(x')\,dx' - a\mathrm{L}x = b.$$

On en conclut que près de l'origine la solution est de la forme $\varphi = \varphi_1 \mathrm{L}x + \varphi_2$ $\varphi_1$ et $\varphi_2$ étant régulières ainsi que leurs dérivées partielles du premier ordre, $\left(\text{sous réserve que } \int_0^x \varphi\,dx \text{ existe}\right)$.

Soient $\psi$ la fonction harmonique conjuguée de $\varphi$ et $f(z) = \varphi + i\psi$. Les conditions aux limites s'écrivent

$$\mathrm{I}m\left(e^{-i\alpha}\frac{df}{dz}\right) = 0 \text{ sur } \mathrm{O}t \qquad \text{et} \qquad \mathrm{I}m\left(\frac{df}{dz} + if\right) = 0 \text{ sur } \mathrm{O}x.$$

[avec $\sigma^2/g = 1$, ce qui ne restreint pas].




On peut prolonger analytiquement $e^{-i\alpha}(df/dz)$ dans le domaine 2 symétrique de 1 par rapport à O$t$ et si $z = xe^{-2i\alpha}$, $x$ réel, on a

$$f(z) = \overline{f(x)}, \qquad f'(z) = e^{2i\alpha}\overline{f'(x)}, \qquad \ldots, \qquad f^{(k)}(z) = e^{2ki\alpha}\overline{f^{(k)}(x)}.$$

On retrouve l'équation (1) en calculant $\int_{\mathrm{C}} f'(z)\,dz/[(z/\zeta)^p - 1]$ le long d'un contour convenable avec $p = \pi/\alpha$ entier et $\zeta$ réel. Dans le cas où $\pi/\alpha = 2n$, $n$ entier, on calcule l'intégrale

$$\int_{\mathrm{C}} \frac{z^{n-1}\mathscr{F}(f)\,dz}{\left(\frac{z}{\zeta}\right)^{2n} - 1} \qquad (\zeta \text{ étant intérieur au domaine}).$$

$\mathscr{F}(f)$ désigne une fonctionnelle de $f$ choisie de façon que les intégrales prises sur O$x$ et O$u$ s'annulent.

Sur l'axe réel $df/dz + if$ est réel. Il en est de même de

$$\mathcal{F}(f) = f^{(n)}(z) + a_1 f^{(n-1)}(z) + \ldots + a_n \quad \text{si le polynome} \quad P_n(u) = u^n + a_1 u^{n-1} + \ldots + a_n$$

est le produit par $u + i$ d'un polynome à coefficients réels.

D'autre part on peut écrire

$$\text{en } x: \qquad \mathcal{F}(f) = f^{(n)}(x) + a_1 f^{(n-1)}(x) + \ldots + a_n,$$

$$\text{en } z = x e^{-2i\alpha}: \quad \mathcal{F}(f) = e^{2ni\alpha}\left[\overline{f^{(n)}(x)} + a_1 e^{-2i\alpha}\overline{f^{(n-1)}(x)} + \ldots + a_n e^{-2ni\alpha}\right].$$

Si l'on choisit les $a_j$ de telle sorte que $\bar{a}_1 = a_1 e^{-2i\alpha}$, $\bar{a}_2 = a_2 e^{-4i\alpha}$, ..., les valeurs prises par $\mathcal{F}(f)$ en $x$ et $z = xe^{-2i\alpha}$ sont opposées, ce qui assure la compensation des intégrales prises sur $Ox$ et $Ou$.

En admettant que $f^{(n)}$ et $f^{(-n+1)}$ sont bornés à l'infini, on obtient l'équation différentielle $\mathcal{F}(f) = A/\zeta^n$ (H. Lewy a obtenu cette équation par une autre voie).

Les $n$ zéros du polynome $P_n(u)$ satisfont aux conditions :

1° $i$ est un zéro;

2° les autres zéros sont deux à deux conjugués;

3° si $\lambda$ est un zéro, $\bar{\lambda} e^{2i\alpha}$ est un zéro.

Ces conditions déterminent les zéros sous la forme

$$\lambda_K = e^{i\pi\left(\frac{K}{n} + \frac{1}{2}\right)} \qquad (K = 1, 2, \ldots, n).$$

2. Recherche des potentiels $\Phi = e^{i(kz - \sigma t)}\varphi(xy)$ dans le cas d'une plage inclinée de 45° sous l'horizontale.

En supposant $\sigma^2/g = 1$ on a les équations $\Delta\varphi - k^2\varphi = 0$ dans le secteur $tOx$ :

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \varphi \quad \text{sur } Ox \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{sur } Ot.$$

Il suffit de chercher une fonction $\varphi$ définie dans le quadrant $y'Ox$ prenant la même valeur en deux points symétriques par rapport à $Ot$ et telle que

$$\Delta\varphi = k^2\varphi \quad \text{dans } y'Ox, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial y} - \varphi = 0 \quad \text{sur } Ox \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \varphi = 0 \quad \text{sur } Oy'.$$

On pose

$$u = \left(\frac{\partial}{\partial y} - 1\right)\left(\frac{\partial}{\partial x} + 1\right)\varphi, \qquad \text{d'où} \qquad \Delta u = k^2 u \qquad \text{et} \qquad u = 0 \quad \text{sur } Ox \text{ et } Oy'$$

et l'on prend

$$u = K_2(kr)\sin 2\theta, \qquad r^2 = x^2 + y^2, \qquad \theta = \operatorname{Arc\,tg}\frac{y}{x},$$

$K_2$ fonction de Bessel d'argument imaginaire d'ordre 2.

Par intégration on obtient la solution

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \qquad k_1 = \sqrt{1 - k^2},$$

$$\varphi_1 = \mathrm{C}[e^{-x}(k_1 \cos k_1 y + \sin k_1 y) + e^y(k_1 \cos k_1 x - \sin k_1 x)],$$

$$\varphi_2 = \mathrm{A}\left[\frac{\pi}{k^2}\{e^y(k_1 \sin k_1 x - \cos k_1 x) - e^{-x}(k_1 \sin k_1 y + \cos k_1 y)\}\right.$$
$$+ \mathrm{K}_0 - e^{-x}\int_{-\infty}^{x} e^{\tau}\mathrm{K}_0(k\sqrt{\tau^2 + y^2})\,d\tau - e^y \int_1^{+\infty} e^{-t}\mathrm{K}_0(k\sqrt{x^2 + t^2})\,dt$$
$$\left. + e^{y-x}\int_y^{+\infty}\int_{-\infty}^{x} e^{\tau - t}\mathrm{K}_0\,dt\,d\tau\right].$$

HYDRAULIQUE. — *Seuils déversants à dépression surmontés de vannes secteurs.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

La présence de piles et de vannes secteurs sur des seuils Creager fonctionnant en dépression, avec un coefficient de débit élevé, ne compromet pas la stabilité de l'écoulement.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons étudié le déversement, sous des charges $h$ dépassant nettement H, au-dessus d'un seuil dont le tracé est celui d'un profil Creager correspondant à une charge H. Nous avons montré que l'écoulement est très stable, tout particulièrement tant que $h$ ne dépasse guère 1,65 H. La Note actuelle résume les principaux résultats auxquels nous conduit l'étude du fonctionnement d'un tel seuil, surmonté de piles encadrant des vannes secteurs.

1° *Influence des piles sur la stabilité de l'écoulement.* — Nous avons placé dans l'axe d'un déversoir, de $1^{\text{m}}$ de largeur et de profil Creager correspondant à une charge $\mathrm{H} = 0^{\text{m}},14$ une pile d'épaisseur $0^{\text{m}},06$, de section horizontale rectangulaire, et terminée par deux faces planes verticales.

En faisant varier la longueur de la pile dans de grandes limites, de part et d'autre du parement amont du barrage, nous avons constaté que le décollement et l'aération de la lame déversante ne peuvent être provoqués par les piles tant que $h$ ne dépasse guère 1,65 H.

2° *Fonctionnement des vannes secteurs.* — En adoptant une pile centrale allant de $0^{\text{m}},30$ en amont à $0^{\text{m}},20$ en aval du parement amont du barrage, nous avons monté, dans chacune des deux passes, une vanne secteur de rayon $\mathrm{R} = \mathrm{H}\sqrt{2}$, comme l'indique la figure 1.

Nous avons caractérisé l'ouverture de la vanne par la distance verticale A entre le point le plus haut du seuil et l'arête inférieure de la vanne et déterminé, pour sept ouvertures différentes correspondant aux valeurs suivantes

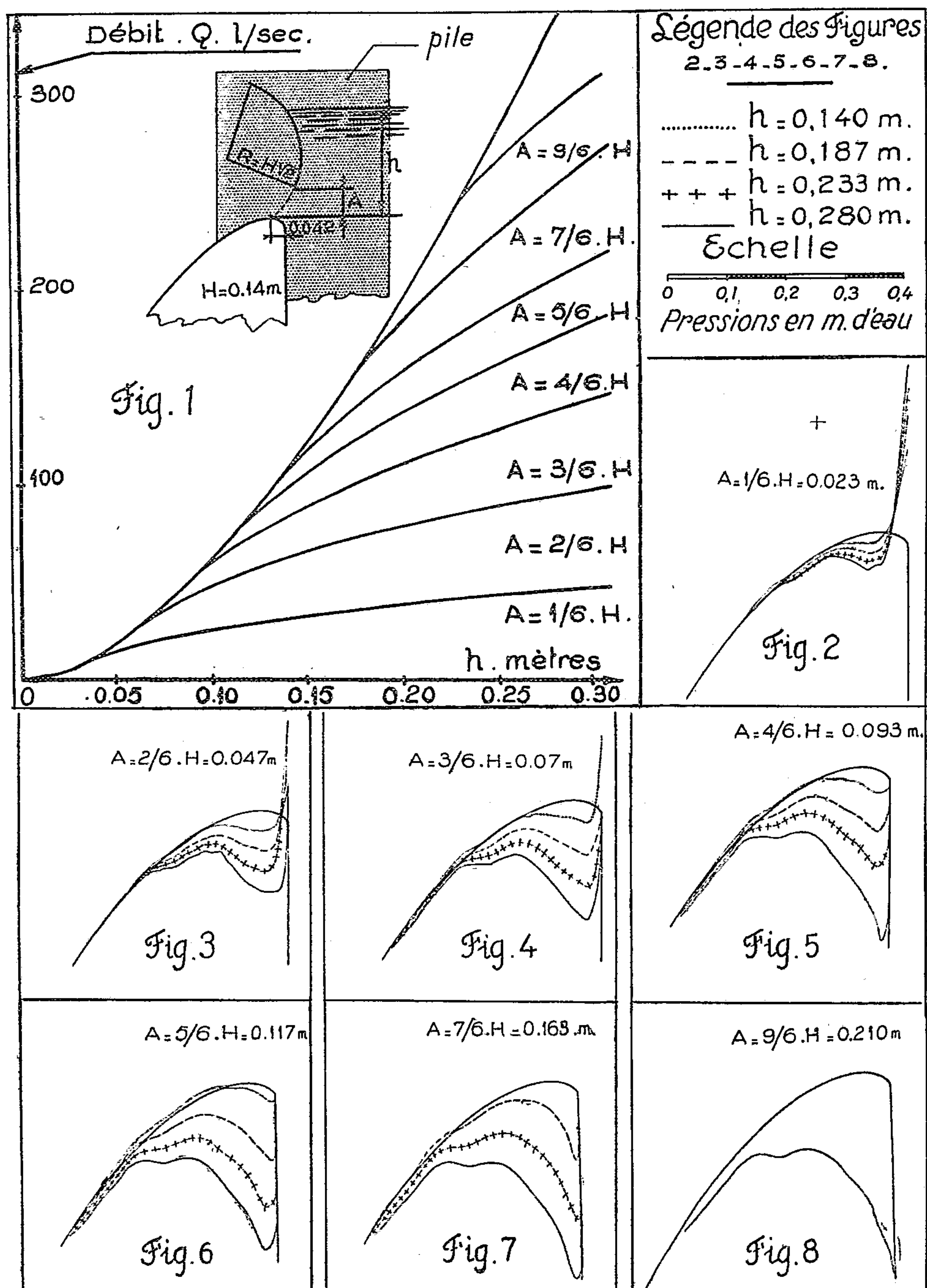
(*) Séance du 15 janvier 1950.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 149.

de A :

$$\frac{H}{6}, \quad \frac{2H}{6}, \quad \frac{3H}{6}, \quad \frac{4H}{6}, \quad \frac{5H}{6}, \quad \frac{7H}{6}, \quad \frac{9H}{6},$$

le débit des deux passes, d'une largeur unitaire de $0^m,47$, en fonction de $h$ (*fig.* 1).



Nous avons également déterminé la répartition des pressions sur le seuil déversant, pour ces sept valeurs de A et pour les quatre valeurs de $h$ :

$$0^{m},140 \quad 0^{m},187 \quad 0^{m},233 \quad 0^{m},280$$

Les sept figures numérotées de 2 inclus à 8 inclus représentent les résultats obtenus.

On voit qu'il existe des dépressions notables qui sont d'autant plus élevées que la valeur de $h$ est plus grande.

Nous avons étudié tout particulièrement les risques de décollements et d'entrées d'air pouvant menacer la stabilité de l'écoulement. Nous avons constaté que, pour toutes les valeurs de $h$ inférieures à 1,65 H, il était impossible d'engendrer un décollement en provoquant artificiellement les incidents les plus dangereux susceptibles de se produire dans la pratique industrielle, dans les conditions les plus défavorables.

*Conclusion.* — La présence de piles et de vannes secteurs, sur les seuils déversants Creager fonctionnant en dépression, n'affecte pas la stabilité de l'écoulement, pour les charges $h$ inférieures à 1,65 H.

Ce résultat confirme les conclusions auxquelles avait abouti notre étude précédente concernant le fonctionnement de ce type de seuils déversants en l'absence de piles ou de vannes mobiles, et souligne le caractère de généralité de l'intérêt qu'ils présentent pour les applications industrielles.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Comparaison des spectres des opérateurs* $H_t$ *et* $-(h/2\pi i)(\partial/\partial t)$. Note (*) de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Discussion physique des caractères du spectre de l'opérateur $-(h/2\pi i)(\partial/\partial t)$, par nous défini, et de sa comparaison avec le spectre de l'hamiltonien.

A la suite des résultats contenus dans nos récentes Notes ([1]), nous sommes en mesure de développer tout le formalisme quantique non superquantifié sous forme relativiste entièrement covariante ([2]); par raison de symétrie évidente, le spectre sur une hypersurface $\mathcal{S}$ du genre espace de l'opérateur $-(h/4\pi i)[\partial'] \equiv -(h/4\pi i)\left[\underset{>}{\partial'} - \underset{<}{\partial'}\right]$, spectre que nous avons défini par sa fonction caractéristique satisfaisant au critère de Bochner, doit représenter de quelque manière l'énergie totale de la particule relativiste plongée dans un

(*) Séance du 15 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 626.

([2]) La théorie est faite essentiellement pour des particules relativistes à spin; les fonctions caractéristiques des matrices de spin restent à étudier.

champ extérieur; la difficulté consiste en la différence, à partir du second moment statistique, de ce spectre avec celui de l'hamiltonien H, lorsque ce dernier opérateur dépend du temps. Nous voulons examiner ici quelques aspects de cette question.

Dire que le problème étudié est celui d'une particule d'onde $\psi$ plongée dans un quadri-potentiel extérieur $A^k$, c'est dire qu'on néglige la réaction de la particule sur le champ, supposé contenir un très grand nombre de quanta; du reste, cette réaction est finalement prise en considération, sous la forme des quanta émis ou absorbés par la particule dans les transitions qui font changer son énergie totale. Dans le cas relativiste, où nous nous plaçons essentiellement, le champ extérieur $A^k$, et par conséquent l'hamiltonien perturbé $H_t$, ont un caractère propagatif; étant donné, partout sur une $\mathcal{E}$, $A^k$ et sa dérivée normale, toute l'évolution spatio-temporelle de $A^k$ est déterminée par les équations de son champ; alors, le $\psi$ étant supposé partout donné sur la même $\mathcal{E}$, l'intégration de son équation d'onde fournit toute l'évolution du $\psi$. *Ainsi disparaît complètement en théorie relativiste ce qui, en théorie non relativiste, serait un paradoxe insurmontable : la fonction caractéristique du quadri-opérateur $i[\partial^k]$ sur une $\mathcal{E}$ dépend de toute l'évolution spatio-temporelle de l'hamiltonien, mais celle-ci est entièrement contenue dans les données sur $\mathcal{E}$.* S'il se trouve que $|\psi|$ tombe à une valeur négligeable à distance spatiale finie, et si, pour calculer le spectre de $i[\partial^k]$ sur $\mathcal{E}$, l'on tient compte seulement des valeurs de $A^k$ intérieures à cette région, la prévision faite ne sera pas la même que si l'on tenait compte des valeurs de $A^k$ sur $\mathcal{E}$ toute entière; là non plus il n'y a de paradoxe, car on sait bien que la forme de la prévision dépend des éléments dont il est tenu compte.

Pratiquement, tous les problèmes où l'hamiltonien H dépend du temps sont traités par la méthode de la variation des constantes de Dirac; chaque fois que l'on interprète le $|c_q(t)|^2$, bien connu, comme la probabilité de la valeur $W_q$ de l'énergie totale de la particule, cela implique, en vertu de l'un des principes fondamentaux de la mécanique ondulatoire, que la perturbation est supposée levée à l'instant $t$, car $W_q$ *doit être valeur propre de l'hamiltonien régnant à l'instant $t$.* De plus on peut remarquer que, d'une manière quasi générale, c'est uniquement la valeur limite $|c_q(+\infty)|^2$ qui est confrontée avec l'expérience.

Il apparaît donc que la comparaison des spectres des deux opérateurs $H_t$ et $-(h/4\pi_i)[\partial^t]$ n'aura un sens clair et expérimentable que si elle porte sur les *variations* des fonctions de distribution ou des fonctions caractéristiques, entre deux instants $t_1$ et $t_2$ où l'hamiltonien régnant est l'hamiltonien non perturbé $H_0$, et de plus tels que $H_t = H_0$ pour $t \leqq t_1$ et $t \geqq t_2$; il est donc exigé que l'intervalle de temps $t_{02} - t_{01} \equiv \delta t$ pendant lequel s'exerce la perturbation soit entièrement compris dans l'intervalle entre les deux mesures $t_2 - t_1 \equiv \Delta t$. Avec un

$\Delta t$ fini, et malgré le caractère propagatif du potentiel perturbateur $A^k$, cela est physiquement possible si $|\psi|$ tombe à une valeur négligeable à distance finie; en effet il faut et suffit alors que les régions efficaces des deux hyperplans de mesures $t_1$ et $t_2$ soient entièrement contenues l'une dans le *passé*, l'autre dans le *futur* de tous les hypercônes propageant la perturbation, à une vitesse qui est supposée indiscernable de $c$.

Cela étant les *variations* des deux fonctions caractéristiques considérées s'écrivent respectivement

$$(1)\qquad \begin{cases} F_{2,1}(s) = \sum [|c_q(t_2)|^2 - |c_q(t_1)|^2]\, e^{\frac{2\pi i}{h} W_k s}, \\ F'_{2,1}(s) = \sum \left[c_q^*\left(t_2 - \frac{s}{2}\right) c_q\left(t_2 + \frac{s}{2}\right) - c_q^*\left(t_1 - \frac{s}{2}\right) c_q\left(t_1 + \frac{s}{2}\right)\right]. \end{cases}$$

Pour simplifier le discours et l'écriture, supposons que les milieux des deux intervalles $\Delta t$ et $\delta t$ coïncident; au moyen des résultats contenus dans nos précédentes Notes, on voit alors aisément : 1° *que, pour toutes les valeurs de* $s$ *telles que*

$$(2)\qquad -\Delta t + \delta t \leqq s \leqq \Delta t - \delta t \qquad (\Delta t > \delta t),$$

*les deux expressions* $F_{2,1}(s)$ *coïncident;* 2° *que, pour toutes les valeurs de* $s$ *telles que*

$$(3)\qquad s \leqq -\Delta t - \delta t \qquad \text{ou} \qquad \Delta t + \delta t \leqq s,$$

l'expression $F'_{2,1}(s)$ est identiquement nulle ([3]). Repassant, par transformation de Fourier, aux fonctions de distribution de l'énergie totale, on voit : 1° *que les spectres de la variation entre* $t_1$ *et* $t_2$ *de l'énergie totale sont identiques pour les deux opérateurs considérés si l'intervalle de temps* $\Delta t \equiv t_2 - t_1$ *devient infiniment grand;* 2° *que, si* $\Delta t$ *est fini, toutes les raies du spectre de variation pour* $H_t$ *(qui sont discrètes et fines dans le cas d'un spectre ponctuel de* $H_0$*) deviennent larges avec l'opérateur* $-h/4\pi i[\partial^t]$, *conformément à la quatrième relation d'incertitude* $\Delta W(\Delta t + \delta t) \simeq h, (\Delta t > \delta t)$. Rappelons qu'en outre l'énergie totale et l'énergie moyenne sont les mêmes pour les deux spectres.

Nous pensons qu'à la suite des remarques précédentes le conflit des deux opérateurs $H_t$ et $-h/4\pi i[\partial^t]$ s'avère moins grave qu'on ne pouvait le craindre, et que, sous réserve toujours d'une interprétation soignée des formules, rien ne doit plus s'opposer à l'entière réconciliation de la Relativité et des Quanta.

([3]) Les ailes de cette fonction caractéristique se coupent donc d'elles mêmes de la manière qu'il fallait, et il n'y a pas lieu de procéder arbitrairement à cette opération comme nous l'avions d'abord cru.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Quelques aspects des propriétés du méthacrylate de méthyle.* Note (*) de M. **Félix Zandman**, présentée par M. Joseph Pérès.

Jusqu'à présent il était généralement admis que le méthacrylate de méthyle est élastique au même titre que les verres. Or, au cours des recherches récentes, nous nous sommes rendu compte que cette hypothèse est entachée de quelques erreurs.

Nous avons effectué des essais de traction desquels il résulte que si l'on applique une force déterminée pendant une durée suffisante pour atteindre l'équilibre avec les forces internes, il existe une variation importante de l'allongement de l'éprouvette entre le moment de l'application de la force extérieure et le moment où cet équilibre est atteint.

Voici quelques chiffres relatifs à la réactivité du méthacrylate de méthyle :

| F (kg/mm²). | A (%). | t (min). | a (1/100mm). |
|---|---|---|---|
| 0,84 | 10 | 90 | 38,5 |
| 2,52 | 8,2 | 1500 | 98,5 |
| 4,2 | 10,8 | 2900 | 186,5 |

F, effort en kilogrammes par millimètre carré;

A %, allongement supplémentaire en pour-cent par rapport à l'allongement instantané;

*t*, durée de l'application de la force en minutes;

*a*, allongement total en centièmes de millimètre.

Donc A est de l'ordre de 10 environ et augmente avec la force.

Le module d'élasticité dépend de la façon dont on établit le chargement. Par exemple : pour un chargement graduel jusqu'à équilibre de 0,17 kg/mm², E = 145 kg/mm²; pour un chargement rapide de 0 à 2,2 kg/mm², E = 190 kg/mm².

Une autre observation : Nous avons chargé une éprouvette graduellement (en ayant soin de ne pas dépasser la limite élastique) et nous avons relevé la droite correspondante; nous chargeons ensuite une éprouvette semblable rapidement en appliquant une force dont la valeur est comprise dans les limites de l'expérience précédente. A charge constante l'allongement croîtra jusqu'à équilibre, mais il n'atteindra pas la valeur obtenue par le chargement progressif. Il en résulte donc que la notion classique de l'élasticité appliquée au méthacrylate de méthyle devrait être remise en question.

Nous constatons que la limite élastique énoncée par certains auteurs devrait être divisée en deux régions. La première où cette matière est parfaitement

(*) Séance du 8 janvier 1951.

élastique sans aucune déformation permanente; elle correspond à 1,5 kg/mm² environ; la deuxième région est comprise entre 1,5 et 3 kg/mm²; elle est caractérisée essentiellement par l'existence d'une déformation permanente. En outre nous constatons que ces deux régions ont des modules d'élasticité différents, celui de la deuxième région notamment excède celui de la première région de 6 % (l'explication doit évidemment en être cherchée dans la constitution classique des verres). Il est à remarquer que l'éprouvette continue à s'allonger pendant plusieurs jours pour des forces de la deuxième région et surtout pour des forces au delà de cette région.

Signalons enfin la différence d'allure de la courbe allongement en fonction du temps selon qu'il s'agisse de la charge ou de la décharge de l'éprouvette. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre dans le cas de la charge est plus grand que dans le cas de la décharge (toutes choses égales d'ailleurs), la différence étant de l'ordre de 25 %. Cette propriété du méthacrylate de méthyle se retrouve dans les propriétés optiques de ce corps, la biréfringence provoquée variant plus vite dans le premier cas que dans le deuxième. De même la constante photoélastique C varie de 15 % environ pendant une heure, par ailleurs cette constante varie également avec la charge.

La formule classique $\delta = (n_1 - n_2)e = C(\nu_1 - \nu_2)e$ n'est donc qu'une approximation.

On rapprochera nos résultats en ce qui concerne $A = f(t)$ à $F =$ const. de ceux obtenus par N. da C. Andrade sur les métaux à basse température.

Des essais sont en cours sur le méthacrylate de méthyle aux températures élevées.

ASTRONOMIE. — *Photométrie globale des galaxies par la méthode de Ch. Fabry.* Note de M. **Joseph Bigay**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note précédente ([1]), on donnait les premiers résultats de mesures photométriques de nébuleuses extra-galactiques par la méthode de Fabry (28 nébuleuses).

1. Depuis, le nombre des nébuleuses étudiées a été porté à 175, chacune étant mesurée sur 3 ou 4 clichés indépendants et avec des diaphragmes de diamètres angulaires différents. On remarque qu'en général l'éclat total d'une nébuleuse augmente progressivement à mesure qu'on utilise de plus grands diaphragmes, jusqu'à atteindre des diamètres angulaires parfois trois ou quatre fois supérieurs à ceux des catalogues, ce qui met nettement en évidence la contribution des régions extérieures faibles, mais très étendues.

2. On a cherché particulièrement à établir une bonne séquence photo-

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 550.

graphique de nébuleuses étroitement groupées sur la sphère céleste. 40 objets de toutes classes et de magnitudes comprises entre 9,2 et 13,2 ont été mesurés dans l'amas de Virgo avec toute la précision possible. Ces nébuleuses standard sont susceptibles d'être utilisées, pour des comparaisons photométriques d'une manière analogue aux séquences stellaires.

3. Il est intéressant de comparer ces mesures avec celles effectuées par les autres méthodes. Pour cela, on a construit des diagrammes avec en abscisses les magnitudes Fabry et en ordonnées les magnitudes des mêmes nébuleuses déterminées par les diverses autres méthodes;

*a. Comparaison avec les mesures de Harvard et de Lund faites par la méthode de la chambre à court foyer.* — On constate une très grande dispersion des points avec des écarts individuels qui dépassent parfois $1^m,5$ dans le cas du catalogue Shapley-Ames ([2]) (157 nébuleuses communes) et $2^m,0$ avec les mesures de Reiz ([3]) (110 nébuleuses communes). En outre, il existe un important écart systématique avec les magnitudes Fabry et celles de Harvard et de Lund :

(1) $$m_H = 0,826\,m_F + 2,55 \qquad \text{e. m.} = \pm 0,42;$$

(2) $$m_R = 0,804\,m_F + 2,80 \qquad \text{e. m.} = \pm 0,49$$

où $m_H$, $m_R$ et $m_F$ désignent respectivement les magnitudes de Harvard (catalogue Shapley-Ames), de Reiz et Fabry.

*b. Comparaison avec les mesures extra-focales : C. K. Seyfert* ([4]), *à Harvard et P. C. Keenan* ([5]) *à Yerkes.* — On remarque que : 1° Les magnitudes de Seyfert et celles de Keenan ne présentent pas entre elles de différences systématiques importantes; 2° les écarts individuels entre les magnitudes extrafocales et Fabry dépassent rarement 1,0 mag.; 3° il existe un écart systématique entre les deux séries de magnitudes, représenté par les relations :

$$m_{ex.f} - m_F = 0,42$$

dans l'intervalle 10,6 à $12,5\,m_{pg}$ (échelle Fabry), et seulement :

(3) $$m_{ex.f} - m_F = 0,33$$

dans l'intervalle 9,7 à $13,2\,m_{pg}$.

*c. Comparaison avec les magnitudes photoélectriques : Whitford* ([6]) *et Stebbins et Whitford* ([7]). — Pour 17 nébuleuses mesurées avec des diaphragmes sensiblement de mêmes diamètres angulaires, l'accord est très satisfaisant et il

---

([2]) *Harvard Annals*, 88, 1932, p. 43.
([3]) *Annals of the Observatory of Lund*, 9, 1941.
([4]) *Harvard College Observatory Circular*, 403, 1935.
([5]) *Astrophysical Journal*, 85, 1937, p. 326.
([6]) *Astrophysical Journal*, 83, 1936, p. 424.
([7]) *Astrophysical Journal*, 86, 1937, p. 247.

n'existe pas d'écart systématique appréciable. Mais beaucoup d'autres n'ont pu être comparées, car les diaphragmes placés devant la cellule avaient un diamètre angulaire bien trop petit pour qu'on puisse parler de magnitude totale. On constate dans ce cas que les mesures du Mont Wilson ont toujours des valeurs numériques plus grandes que les magnitudes Fabry.

*d. Comparaison avec les magnitudes intégrées à partir des enregistrements microphotométriques.* — Les magnitudes de Redmann et Shirley (8) prises dans leur ensemble ne présentent pas d'écart systématique avec les nôtres et les écarts individuels sont faibles : 0,10 mag. environ pour 7 objets sur 9 communs. L'accord est tout à fait remarquable avec les récentes mesures de Holmberg (9) (10 nébuleuses communes), tant par la très faible dispersion des points que par l'absence de tout écart systématique.

4. La photométrie précise des nébuleuses est difficile et dans son ensemble, très en retard par rapport à la photométrie stellaire. Parmi les méthodes employées, certaines semblent peu correctes et donnent des résultats imprécis et, ce qui est plus grave, entachés d'erreurs systématiques importantes (méthode extra-focale et surtout de la chambre à court foyer). Il semble qu'on améliorerait sensiblement ces magnitudes en leur faisant subir une correction calculée à l'aide des équations (1), (2) ou (3).

Par contre, la méthode de l'intégration des profils photométriques et celles qui utilisent un diaphragme : mesures photoélectriques, ou photographie du cercle oculaire, conduisent à des mesures correctes. La première a l'avantage de renseigner sur la distribution de la brillance dans les images nébulaires, de faire connaître leur diamètre total et par suite de calculer la magnitude sans risque d'erreur par défaut. Mais son rendement est trop faible pour qu'elle puisse être généralisée. Les méthodes à diaphragme sont plus rapides et l'emploi des multiplicateurs d'électrons serait en particulier susceptible de fournir assez vite les magnitudes correctes et précises d'un assez grand nombre de galaxies.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Potentiel et champ d'un type particulier de lentille cylindrique.* Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il s'agit d'une lentille électronique qui serait formée de deux demi-plans parallèles disposés entre deux plans indéfinis eux-mêmes parallèles aux deux premiers et portés à un potentiel différent.

Pour calculer le potentiel et le champ d'un tel système le plus simple est

---

(8) *Monthly Notices*, **96**, 1936, p. 588; **98**, 1938, p. 613.

(9) *Meddelande fran Lunds Astronomika Observaterium Ser.* II, n° **128**.

(*) Séance du 3 janvier 1951.

d'utiliser une suite de transformations conformes, comme l'indique la figure 1. On part d'un quadrillage régulier dans le plan $\zeta = \xi + i\eta$; la partie comprise dans la bande $0 < \xi < \pi/2$ et $-\infty < \eta < +\infty$ constitue les lignes équipotentielles et les lignes de force d'un système de deux plans parallèles portés

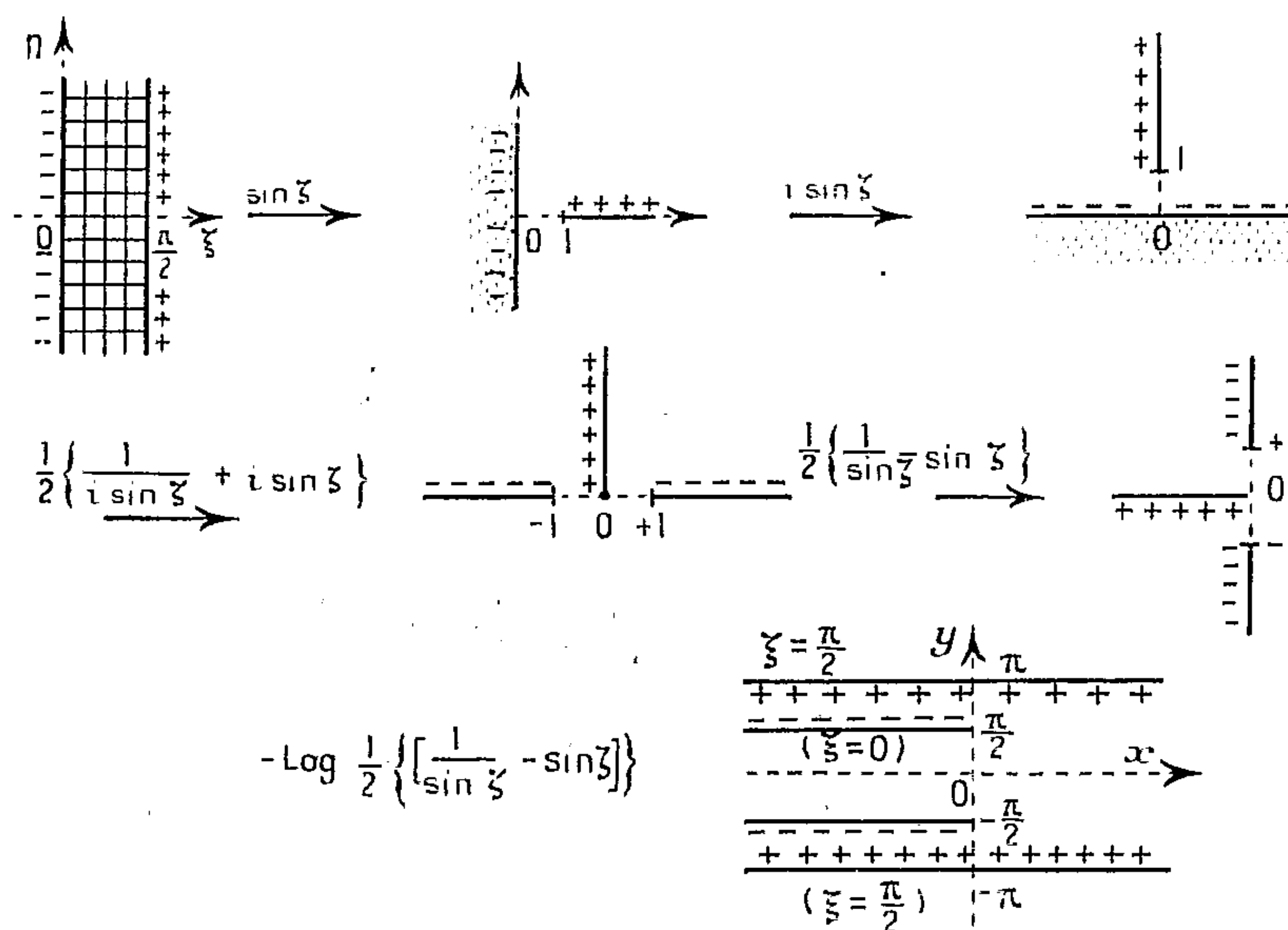



Fig. 1.

à des potentiels différents, donc ayant des charges de signes contraires. La transformation $\sin\zeta$ plie la droite $\xi = \pi/2$ suivant la partie de l'axe réel comprise entre $+1$ et $+\infty$. En multipliant par $i$ nous faisons tourner la figure de $\pi/2$ dans le sens direct. Puis, la transformation de Joukowsky ouvre une brèche dans la ligne négative et fait correspondre au demi-plan supérieur précédent la totalité du nouveau plan. Nouvelle rotation de $\pi/2$ dans le plan en multipliant par $i$. Enfin la transformation logarithmique changée de signe nous donne le système cherché. La transformation du plan $\zeta = \xi + i\eta$ sur le plan $z = x + iy$ s'écrit donc $z = -\mathrm{Log}[(1/2)(\cos^2\zeta)/(\sin\zeta)]$. Pour que $y$ varie de 0 à 1 quand $\xi$ varie de 0 à 1, nous l'écrirons

$$(1)\qquad z = -\frac{1}{\pi}\,\mathrm{Log}\left\{\frac{1}{2}\,\frac{\cos^2\left(\dfrac{\pi\zeta}{2}\right)}{\sin\left(\dfrac{\pi\zeta}{2}\right)}\right\}.$$

La séparation des parties réelles et imaginaires, quoique assez laborieuse, n'offre pas de difficultés particulières; on trouve

$$(2)\qquad x = -\frac{1}{2\pi}\,\mathrm{Log}\left\{\frac{1}{8}\,\frac{[\mathrm{ch}(\pi\eta) + \cos(\pi\xi)]^2}{\mathrm{ch}(\pi\eta) - \cos(\pi\xi)}\right\},$$

$$(3)\qquad y = k - \frac{1}{\pi}\,\mathrm{arc\,tg}\left\{\mathrm{th}\left(\frac{\pi\eta}{2}\right)\mathrm{cotg}\left(\frac{\pi\xi}{2}\right)\frac{\mathrm{ch}(\pi\eta) - \cos(\pi\xi) + 2}{\mathrm{ch}(\pi\eta) - \cos(\pi\xi) - 2}\right\},$$

avec $k = 0$ si $0 < y < 1/2$ et $k = 1$ si $1/2 < y < 1$. On notera que $y \to (1/2) + (\xi/2)$ quand $\eta \to \infty$.

En faisant $\xi = \text{const.}$ ou $\eta = \text{const.}$ dans les formules (2) et (3) on a l'équation paramétrique des lignes équipotentielles ou des lignes de force. La figure 2 montre les courbes que l'on obtient ainsi (compléter par symétrie par rapport à $Ox$).

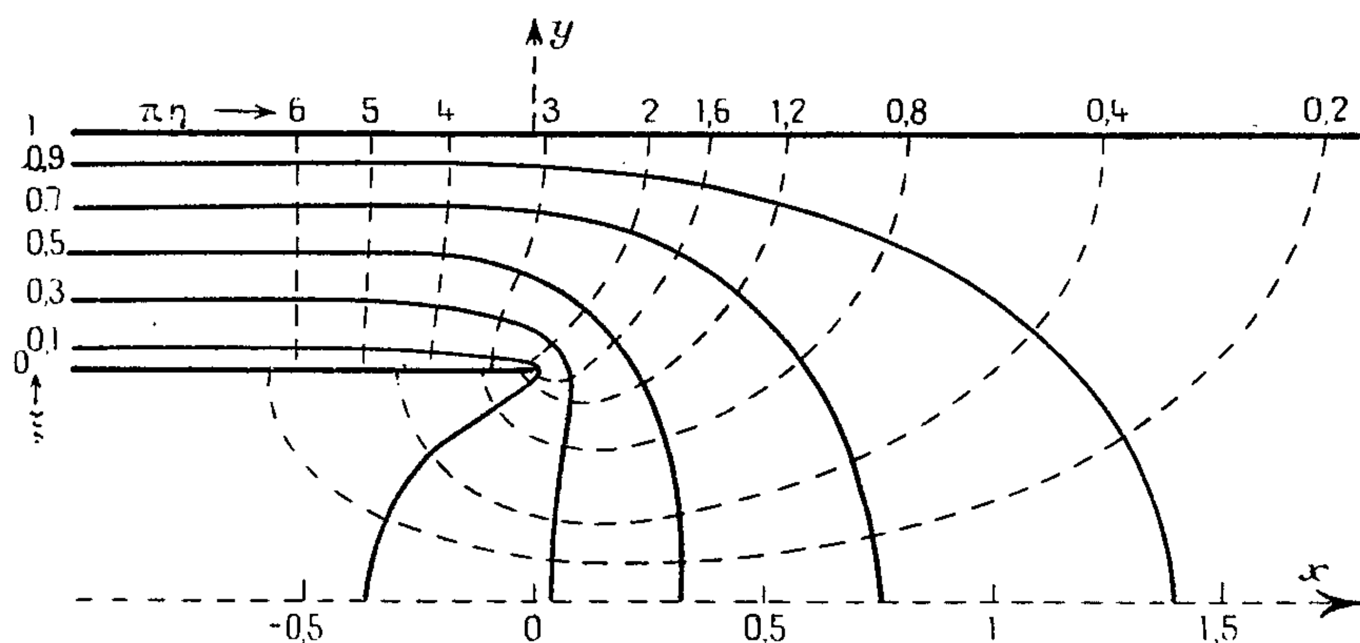



Fig. 2.

La transformation (1) s'inverse aisément et donne

$$\zeta = \frac{2}{\pi} \arcsin \left\{ \sqrt{e^{-2\pi z} + 1} - e^{-\pi z} \right\}. \tag{4}$$

La connaissance du potentiel dans le plan de symétrie $y = 0$ est seule utile en Optique électronique; la formule (4) avec $y = 0$ donne alors pour le potentiel et le champ

$$\xi = \frac{2}{\pi} \arcsin \left\{ \sqrt{e^{-2\pi x} + 1} - e^{-\pi x} \right\},$$

$$-\frac{d\xi}{dx} = \sqrt{\frac{2}{\sqrt{2^{2\pi x} + 1}} \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{e^{2\pi x} + 1}} \right]}.$$

Quand $x$ varie de $-\infty$ à $+\infty$ le potentiel $\xi$ varie de 0 à 1.

SPECTROGRAPHIE. — *Calcul des fréquences fondamentales de vibration du cyclohexane.* Note de M. **Marcel Larnaudie**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'énergie potentielle de vibration s'exprime en fonction des coordonnées de déplacement de valence R, ou des coordonnées symétriques $\mathcal{R}$ par les relations

$$2V = R' F R = \mathcal{R}' \mathcal{F} \mathcal{R},$$

F (ou $\mathcal{F}$) est la matrice des constantes de force et d'interaction exprimée en

fonction des coordonnées R (ou $\mathcal{R}$). R′ est la matrice transposée de R. Les deux systèmes de coordonnées sont liés par une relation de la forme

$$R = U\mathcal{R},$$

la matrice U étant orthogonale. On a alors

$$F = U'\mathcal{F}U.$$

La matrice $\mathcal{F}$ se décompose en sous-matrices nulles et en sous-matrices disposées suivant sa diagonale, chacune de celles-ci correspondant à une classe de symétrie des vibrations.

Nous avons appliqué cette méthode de calcul au cyclohexane. On obtient alors, avec les notations d'une précédente Note (1),

$$\mathcal{F} = \mathrm{diag} \| \mathcal{F}_{A_{1g}} \quad \mathcal{F}_{A_{1u}} \quad \mathcal{F}_{A_{2g}} \quad \mathcal{F}_{A_{2u}} \quad \mathcal{F}_{E_g} \quad \mathcal{F}_{E_g} \quad \mathcal{F}_{E_u} \quad \mathcal{F}_{E_u} \|,$$

$\mathcal{F}_{A_{1g}}$ a été déterminé par la méthode approchée donnée par P. Torkington (2), en adoptant les attributions suivantes pour les vibrations $A_{1g}$(Ra. pol.)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta_\alpha$........ | 2 922 cm$^{-1}$ | $\beta$......... | 1 443 | $\Delta$....... | 802 |
| $\Delta_s$........ | 2 853 | $\gamma$......... | 1 157 | $\alpha$....... | 384 |

De plus nous avons dû identifier

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\delta$............. | 1 259 | $\varepsilon$............. | 1 350 |

Nous avons ainsi obtenu le tableau suivant de constantes (en $10^5$ d/cm)

$$\mathcal{F}_{A_{1g}} = \begin{Vmatrix} 4,517 & 0 & 0 & -0,033r & -0,041 & -0,058r' \\ 0 & 4,545 & 0,041r & 0 & 0,267 & 0 \\ 0 & 0,041r & 0,570r^2 & 0 & -0,267r & 0 \\ -0,033r & 0 & 0 & 0,376r^2 & -0,020r & -0,029rr' \\ -0,041 & 0,267 & -0,267r & -0,020r & 4,161 & 0,285r' \\ -0,058r' & 0 & 0 & -0,029rr' & 0,285r' & 0,404r'^2 \end{Vmatrix} \begin{matrix} (\Delta_a) \\ (\Delta_s) \\ (\beta) \\ (\gamma) \\ (\Delta) \\ (\alpha) \end{matrix}$$

($r$ = distance C — H;, $r'$ = distance C — C)

et

$$f_\delta = 0,465r^2, \qquad f_\varepsilon = 0,458r^2.$$

Nous avons admis que les termes des autres sous-matrices de $\mathcal{F}$ sont égaux aux termes correspondants de $\mathcal{F}_{A_{1g}}$, ce qui revient à négliger le couplage, d'ailleurs faible, entre les différents groupements $CH_2$ de la molécule.

Les fréquences de vibration des autres modes du cyclohexane ont alors été calculées et nous ont permis une interprétation satisfaisante des spectres :

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1292.

(2) *J. Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 1026.

| Observé Ra. | Observé IR. | Calculé cm⁻¹. | Observé Ra. | Observé IR. | Calculé cm⁻¹. | Observé Ra. | Observé IR. | Calculé cm⁻¹. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| – | – | 260 $\alpha E_u$ | – | 1158 | 1158 $\gamma E_u$ | 2853 | – | 2853 $\Delta_s A_{1g}$ |
| 384 | – | 384 $\alpha A_{1g}$ | – | – | 1179 $\gamma A_{2u}$ | | – | 2856 $\Delta_s E_g$ |
| 426 | – | 418 $\alpha E_g$ | 1267 | – | 1259 $\delta E_g$ | – | 2862 | 2865 $\Delta_s E_u$ |
| – | 667 | 633 $\alpha A_{2u}$ | – | 1259 | 1259 $\delta E_u$ | – | | 2869 $\Delta_s A_{2u}$ |
| 802 | – | 802 $\Delta A_{1g}$ | 1348 | – | 1350 $\varepsilon E_g$ | – | – | 2916 $\Delta_a E_u$ |
| – | 905 | 895 $\Delta E_u$ | – | 1350 | 1350 $\varepsilon E_u$ | 2922 | – | 2922 $\Delta_a A_{1g}$ |
| 1029 | – | 1127 $\Delta E_g$ | – | 1453 | 1443 $\beta E_u$ | | | 2929 $\Delta_a E_g$ |
| 1157 | – | 1157 $\gamma A_{1g}$ | 1443 | – | 1443 $\beta A_{1g}$ | – | 2935 | 2934 $\Delta_a A_{2u}$ |
| | – | 1161 $\gamma E_g$ | 1465 | – | 1464 $\beta E_g$ | – | – | – – |
| – | – | – – | – | – | 1468 $\beta A_{2u}$ | – | – | – – |

Une seule divergence notable est observée pour $\Delta E_g$ (Ra. pol. à 1029 cm⁻¹) et provient de l'interaction entre les deux vibrations $\alpha E_g$ et $\Delta E_g$. En annulant cette interaction par une transformation orthogonale convenable des coordonnées symétriques, nous avons obtenu 1032 cm⁻¹, résultat voisin de la fréquence observée.

Les fréquences interdites sont les suivantes :

1350 : $\varepsilon A_{1u}$ et $\varepsilon A_{2g}$; 1259 : $\delta A_{1u}$ et $\delta A_{2g}$; 1256 : $\Delta A_{1u}$.

Enfin les fréquences d'absorption ou de diffusion qui ne s'interprètent pas comme fondamentales peuvent être attribuées à des combinaisons :

| Ra. | IR. | Interprétation. | |
|---|---|---|---|
| – | 524 | 260 × 2 | $(E_u)^2 = A_{1g} + A_{2g} + E_u$ |
| – | 862 | 426 × 2 | $(E_g)^2 = A_{1g} + A_{2g} + E_u$ |
| – | 1017 | 1443 − 426 | $E_g E_u = A_{1u} + A_{2u} + E_g$ |
| – | 1041 | 384 + 667 | $A_{1g} A_{2u} = A_{2u}$ |
| | | 260 + 802 | $A_{1g} E_u = E_u$ |
| – | 1110 | 667 + 426 | $A_{2u} E_g = E_u$ |
| 2887 | – | 1443 × 2 | $(E_u)^2 = A_{1g} + A_{2g} + E_u$ |
| 2937 | – | 1465 × 2 | $(E_g)^2 = A_{1g} + A_{2g} + E_u$ |

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Spectres de Raman de monocristaux de chlorure d'ammonium à basse température.* Note de MM. **Jean-Paul Mathieu**, **Rafael Martínez Aguirre** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Détermination des fréquences et des types de symétrie des raies de Raman au-dessous de la température du point de transition de seconde espèce. Comparaison avec le spectre d'absorption infrarouge.

Pour compléter les résultats concernant le spectre de Raman de monocristaux de chlorure et de bromure d'ammonium [1], nous avons répété les

(1) L. Couture et J. P. Mathieu, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, **28** A, 1948, p. 401.

mesures de fréquence, d'intensité et de polarisation des raies du spectre de $ClNH_4$, au-dessous de la température de son point de transition (—30,5°C). Nous donnons ici les premiers résultats expérimentaux. Le cristal étant cubique, mais son groupe de symétrie étant encore incertain, nous désignerons les types des raies dans la notation de Placzek, par A, E et F, en négligeant les indices, qui dépendent du groupe, mais dont les facteurs de dépolarisation des raies sont indépendants. Les cas d'orientation du cristal que nous avons étudiés sont les cas 1 et 2*b* ([2]).

Le tableau contient, outre nos résultats, les fréquences (K) des spectres de Raman données par Krishnan ([3]) sans étude de polarisation et celles (W. H.) des spectres d'absorption infrarouge de Wagner et Hornig ([4]).

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta\nu$ à 173°T... | 183 | 1400 | 1421 | 1717 | 1792 | 1811 | ~2025 | ~2050? | ~2090 |
| Type........ | F | F | E+F | E | F | F | – | – | – |
| Intensité..... | I | m | m | I | I | m | f | f | f |
| K, 85°T..... | 91–183–278 | 1401 | 1420 | 1716 | 1790 | 1810 | 2025 | 2075 | |
| W-H, 83°T... | – | 1403 | – | – | 1794 | 1817 | | 2005 à 2100 | |
| $\Delta\nu$ à 173°T... | 2820–2880 | 3045 | 3053 | 3069 | 3093 | 3123 | – | 3162 | – |
| Type........ | F | A | F | E? | F | F | – | E+F? | – |
| Intensité..... | m | I | I | f | f | m | – | m | – |
| K, 85°T..... | 2829–2876 | 3048 | – | 3072 | – | 3121 | 3138 | 3162 | 3215 |
| W-H, 83°T... | 2828 | – | 3050 | – | 3089 | 3126 | – | – | 3223 |

I, intense; m, moyenne; f, faible.

L'accord est excellent entre nos résultats et ceux de Krishnan. La séparation des raies 3045 et 3053 $cm^{-1}$ n'a pu se faire que grâce à l'étude en lumière polarisée. Il existe une correspondance de fréquence très étroite entre les vibrations actives en absorption infrarouge (qui sont seulement de type F) et les vibrations de type F du spectre de Raman. Cela fait penser à l'absence de centres de symétrie dans le cristal, absence confirmée d'ailleurs par la présence de la piézoélectricité.

On observe avec l'abaissement de température un changement profond dans le spectre de basse fréquence, qui révèle un changement de réseau. A basse température, la présence d'une seule raie forte de type F s'accorde avec la symétrie $T_d^1$, qui correspond à la structure la plus simple compatible avec les résultats des rayons X ([5]).

Par contre, le spectre de vibrations internes de l'ion $NH_4$ change peu : les bandes s'affinent et se résolvent, mais persistent avec le même type de symétrie.

([2]) L. Couture et J. P. Mathieu, *Ann. Phys.* 3, 1948, p. 521.
([3]) *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 26 A, 1947, p. 432.
([4]) *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 296.
([5]) A. C. Menzies et H. R. Mills, *Proc. Roy. Soc.*, 148 A, 1935, p. 407.

La vibration $\nu_1$ de type A se trouve à 3045 $cm^{-1}$.

Pour $\nu_2$, qui doit être de type E dans le modèle tétraédrique de $NH_4$, on trouve une raie à 1717 $cm^{-1}$.

L'attribution de $\nu_4$ est moins immédiate. Mais l'une ou l'autre des valeurs possibles, 1400 ou 1421, conduit pour la combinaison $\nu_2 + \nu_4$ à 3117 ou 3138, valeurs fort différentes de 3086, qui lui est attribuée par Wagner et Hornig. L'attribution de la fréquence 3053 $cm^{-1}$ à la combinaison $\nu_2 + \nu_4$ apparaissant par résonance de Fermi soulève donc une difficulté. Comme à Wagner et Hornig, l'attribution de la fréquence 3123 $cm^{-1}$ à $\nu_3$ nous semble satisfaisante.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur la détermination de structures moléculaires des couches périphériques de produits phosphorescents.* Note (*) de M. **Boris Pregel**, présentée par M. Camille Gutton.

Les expériences dont nous résumons ici les résultats ont eu pour but de rechercher la structure moléculaire des couches actives périphériques d'un produit phosphorescent, notamment d'un corps à plusieurs centres luminogènes étudié précédemment ([1]).

Nous avons utilisé des émissions de rayons X ultra-durs et très pénétrants produits par une source des rayons cathodiques à 150 kV.

La décroissance de l'intensité lumineuse en fonction du temps s'effectue sous forme des fonctions intégrales ([2]) et l'absence de maxima et de minima ou d'autres points singuliers rend difficile la détermination exacte des régimes structurels. L'emploi de rayons X très pénétrants permet l'obtention d'une courbe représentative beaucoup plus tendue que celle qui s'obtient par excitation normale par les rayons visibles ou ultraviolets. Nous augmentons ainsi de plusieurs dizaines de fois la précision des observations expérimentales.

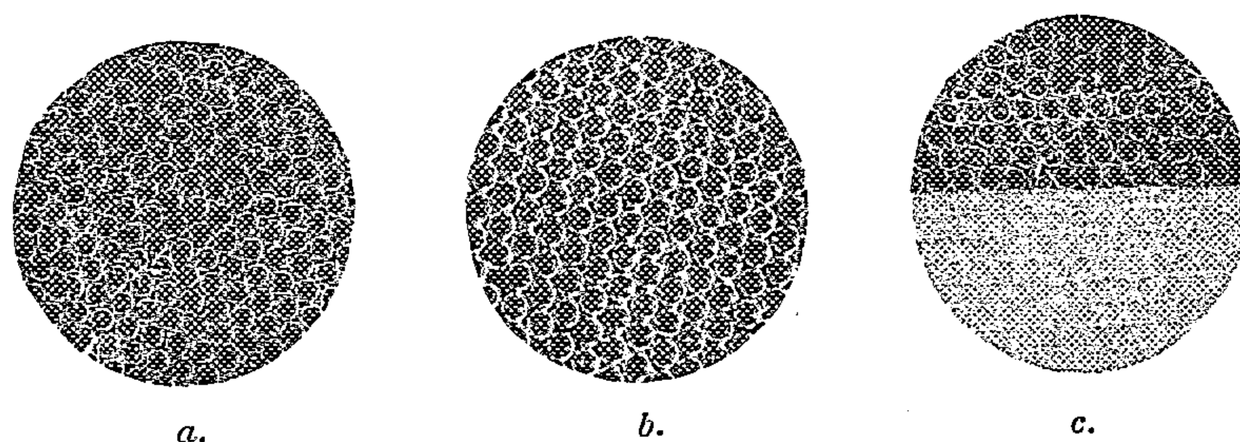
Nous avons obtenu de nombreux diagrammes de spectres d'émission, dont les bandes spectrales sont comprises entre 1800 et 2400 Å pour le produit de couleur de base *verte* et dont la composition est à prédominance de $LiCO_3$ avec $SrCO_3$ et en présence de $RbNO_3$ et $BiNO_3$, au lieu de 2000-2105 Å obtenus normalement. D'après toute une série d'observations des bandes spectrales des produits de couleurs de base différentes, nous avons pu constater avec un haut degré de précision, que la *structure moléculaire* d'un produit phosphorescent composé de plusieurs centres luminogènes et de plusieurs matières dissolvantes, est un réseau très régulier *polycristallin;* nous avons dû en conclure que la diffusion des photons dans la couche périphérique s'effectue par des chocs élastiques.

(*) Séance du 15 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 489.

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 898.

Les microphotographies ci-dessous, prises au moyen d'un microscope électronique puissant et grossies 200 000 fois, montrent avec quelle parfaite régularité se forment les cellules cristallines phosphorescentes de la couche périphérique ou active. L'intensité de l'excitation lumineuse, pour un temps de référence donné, fait varier la *mosaïque* du réseau cristallin. Plus l'intensité est forte, plus régulier est le réseau. L'existence de grosses cellules au milieu d'un système régulier de petites cellules apparaît de temps en temps. C'est une irrégularité due certainement à la présence d'un corps actif étranger à la composition prévue. Physiquement une telle grosse cellule représente une tache noire microscopique.



*a.* *b.* *c.*

La microphotographie *a* donne une vue de nappe cristalline parfaite à deux dimensions. Le produit en expérience est composé de $CO_3Li$, $CaS$ (Bi), $Na_2SO_4$, $KSO_4$, $Sr(OH)_2$ en présence de $RbNO_2$, $TiNO_3$, $BiNO_3$, NaF et LiF. Le temps d'excitation jusqu'à saturation complète a été réduit à 1 minute 45 secondes grâce à l'emploi des rayons X très pénétrants engendrés par les rayons cathodiques à 150 kV. La prise *b* correspond au même échantillon d'expérience, mais excité jusqu'à 2/3 de sa saturation totale, le temps étant de 1 minute 05 seconde. La vue *c* donne la superposition de deux états de phosphorescence; la partie supérieure représente une nappe cristalline apparue après l'excitation jusqu'à sa saturation totale (comme dans le cas de *a*), tandis que la partie inférieure est due à la réexcitation du produit jusqu'à sa saturation totale après un écoulement de temps de 3 minutes comptées à partir du début de l'expérience. Cette microphotographie montre qu'il y a un glissement d'un réseau par rapport à l'autre. Ce glissement est simple, n'entraîne pas de modifications cristallines et du reste très peu perceptible.

Cette question de détermination des structures moléculaires des nappes des produits phosphorescents a une grande importance pour les études physiques. Dans la technique industrielle des pigments luminescents cette question allègerait sensiblement les recherches scientifiques nouvelles et les mises au point des fabrications diverses. L'examen de structures moléculaires des produits composés permettrait aussi de déceler les réactions chimiques internes défavorables aux systèmes étudiés ou bien les actions irrégulières des activateurs luminogènes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'absorption et la diffusion en arrière des électrons et du rayonnement* β. Note (*) de MM. Georges Charpak et Francis Suzor, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une première Note (1) nous avons exposé les faits expérimentaux qui nous ont amené à émettre l'hypothèse que le rayonnement pourrait être constitué de particules distinctes des électrons et se transformant en électrons dans des chocs inélastiques en traversant quelques milligrammes par centimètre carré de matière. Ces particules seraient instables et pourraient se désintégrer en électrons avec l'émission d'un ou plusieurs photons suivant une loi exponentielle en fonction du temps. L'énergie ainsi libérée en vol dans le vide sous forme de photons doit être suffisamment faible pour ne pas modifier sensiblement la direction de la vitesse, ce qui explique la possibilité de la focalisation des rayons dans les spectographes de petite et grande dimension. Ces particules en traversant la matière auraient une grande probabilité lors des chocs atomiques de se transformer en électrons. Une telle hypothèse, qui nous permet en grande partie d'interpréter nos expériences a l'avantage d'expliquer des observations faites par d'autres auteurs.

En particulier notre hypothèse explique la différence de la valeur de l'énergie moyenne des rayons du RaE mesurée par calorimétrie et calculée à l'aide des histogrammes obtenus à la chambre de Wilson. En effet l'énergie moyenne calorimétrique est environ (2) 15 % supérieure à celle déduite de l'histogramme. Dans le calorimètre la particule s'est transformée en électron avec émission de un ou de plusieurs photons de faible énergie qui sont absorbés. Dans l'appareil Wilson, après un parcours de l'ordre du centimètre, la majeure partie des β s'est transformée en électrons; l'histogramme donnerait la valeur moyenne de l'énergie des électrons et non celle des β. Le même dispositif expérimental nous a permis de préciser certains faits. Nous avons refait avec une source beaucoup plus intense les expériences sur $^{99}$Tc* donnant des électrons obtenus par conversion des γ de 141 keV. La courbe A ne présente pas l'aspect indiqué dans notre précédente Note, mais ceci ne modifie pas nos conclusions; les premiers points relatifs à sa montée ont été très probablement faussés dans notre première expérience par la présence d'une impureté à vie courte. Les courbes B et S distinctes (17 % maximum) pour de faibles épaisseurs d'aluminium sont confondues pour des épaisseurs plus grandes.

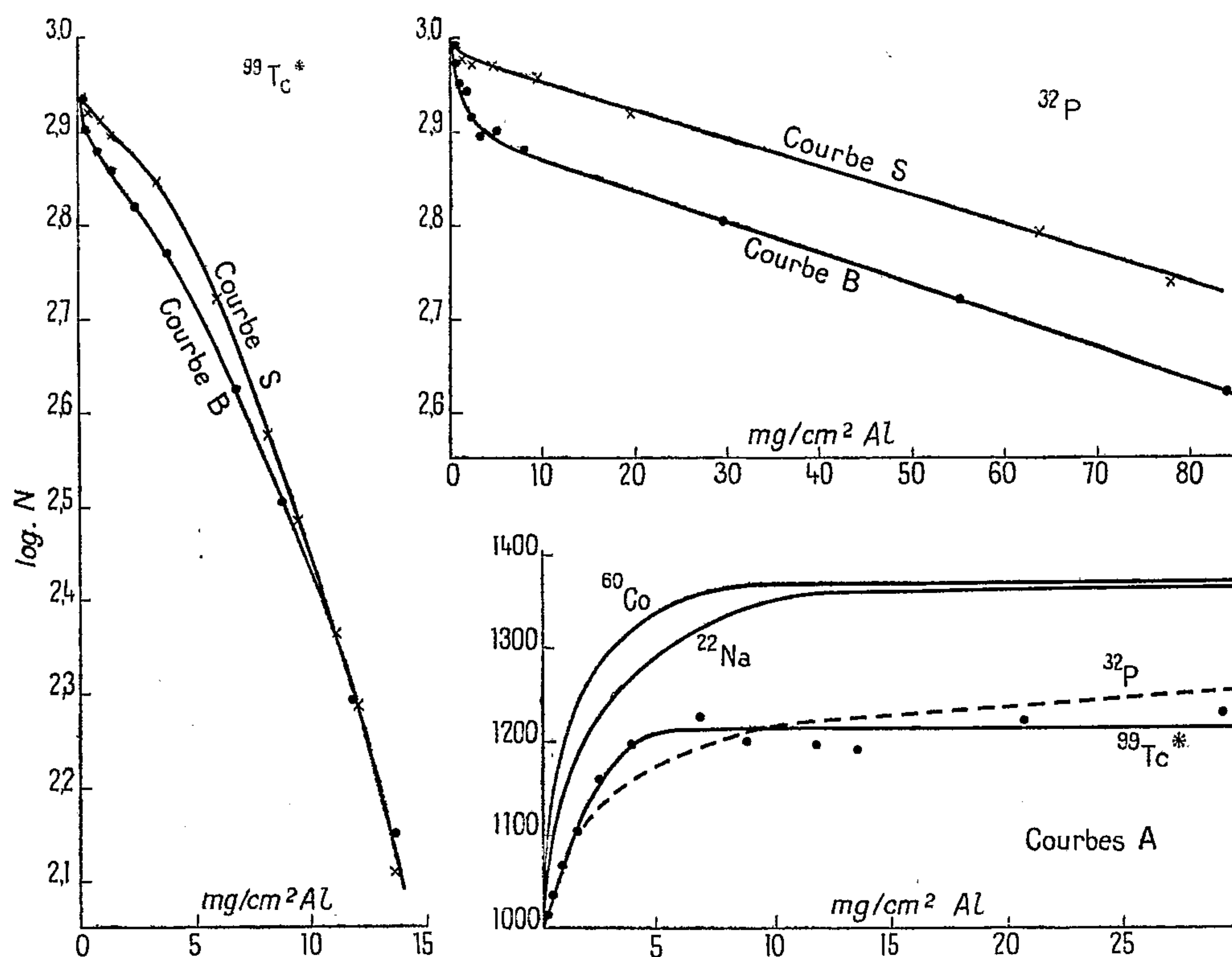
---

(*) Séance du 15 janvier 1951.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1471.

(2) C. D. Ellis, W. A. Wooster, *Proc. Roy. Soc.*, A, 117, 1928, p. 109; L. Meitner, W. Orthmann, *Zeits. Phys.*, 60, 1930, p. 1943; M. Lecoin, *Comptes rendus*, 224, 1947 p. 912.

Raisonnons sans tenir compte de notre hypothèse en assimilant le rayonnement $\beta$ à des électrons. La théorie indique que pour des électrons la probabilité d'un choc avec déviation d'un angle donné est d'autant plus faible, que la vitesse de l'électron est plus grande; par conséquent le pourcentage $p$ des électrons renvoyés en arrière par une feuille de 0,17 mg/cm² d'aluminium, par exemple, ne pourra être qu'une fonction décroissante de l'énergie de ces




électrons. Nos expériences indiquent que $p = 2\%$ pour la raie électronique du $^{99}$Tc* (120 keV), $p = 10\%$ pour le spectre du $^{60}$Co dont l'énergie maximum est 308 keV et $p = 2\%$ pour le spectre du $^{32}$P dont l'énergie maximum est 1,71 MeV. Ceci impose que $p$ soit nettement supérieur à 10 % pour des énergies inférieures à 120 keV afin de trouver 10 % en moyenne pour le spectre du $^{60}$Co, et que $p$ se maintienne à 2 % pour des énergies allant de 120 keV jusqu'à 1,71 MeV afin d'obtenir 2 % pour le spectre du $^{32}$P. Nos expériences permettent un raisonnement analogue pour une feuille d'aluminium de 0,6 mg/cm². Ceci impose que le rayonnement du $^{60}$Co renvoyé en arrière par une épaisseur saturante d'aluminium soit en très grande majorité formé d'électrons ayant une énergie inférieure à 120 keV, toute la partie du spectre comprise entre 120 et 308 keV étant relativement peu renvoyée en arrière. Nous sommes alors en présence d'une contradiction

due à l'aspect des courbes B et S qui prouve que, après traversée d'une feuille de 12 mg/cm² d'aluminium, il passe dans le cas du $^{99}Tc^{*}$ 20 % du rayonnement direct et $0 \pm 1$ % du rayonnement réfléchi et dans le cas du $^{60}Co$, 15 % du rayonnement direct et $15 \pm 4$ % du rayonnement réfléchi.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Dispositif simplifié pour l'étude de l'absorption paramagnétique nucléaire.* Note de M. **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Description d'un dispositif nouveau détectant l'absorption nucléaire pure à l'exclusion de la dispersion, comprenant un simple circuit oscillant. Expression de la sensibilité. Indication sur les résultats expérimentaux et sur un phénomène particulier observé dans la résonance d'une solution de nitrate ferrique.

1. *Description de l'appareil.* — Le schéma de principe de l'appareil est donné par la figure 1. Il se compose simplement d'un circuit oscillant de surtension élevée ($Q = 150$ à 200 suivant les bobines utilisées) très faiblement couplé par des capacités $c_1$ et $c_2$ de faibles valeurs ($5pF$) à un générateur de résistance interne très élevée et à un récepteur à entrée cascode entre lesquels il sert de liaison.

Ce circuit est accordé sur la fréquence $f_0$ du générateur réglée à une valeur (30 Mc) apte à produire la résonance du proton dans un champ de 7 010 gauss.

Quand cette dernière se produit, la tension E appliquée au récepteur se trouve modifiée d'une quantité $\delta E$ dont les composantes en phase et en quadrature avec E sont respectivement au second ordre près :

$$(\delta E)_0 = -R_P \frac{4\pi\varphi}{K}(\chi'' H_1) \quad \text{et} \quad (\delta E)_{\frac{\pi}{2}} = -R_P \frac{4\pi\varphi}{K}(\chi' H_1),$$

$R_P$, résistance équivalente du circuit accordé LC; $R_P = \omega^2 L^2/r$;
$\varphi$, coefficient de remplissage de la bobine;
$H_1$, amplitude du champ radiofréquence dans la bobine;
K, coefficient défini par $K = H_1/i$, $i =$ courant dans la bobine;
$\chi'$ et $\chi''$ parties réelles et imaginaires de la susceptibilité

$$\chi = \chi' - j\chi''.$$

Mais ce dispositif n'étant pas un dispositif de pont, la tension E est toujours grande vis-à-vis de $\delta E$, si bien que seule la composante de $\delta E$ en phase avec E sera détectée par un récepteur à modulation d'amplitude.

C'est le principal avantage de cet appareil qui permet de détecter l'absorption nucléaire à l'exclusion de la dispersion sans que cette discrimination nécessite aucun réglage compliqué.

2. *Le récepteur.* — Il doit être capable de démoduler une onde d'amplitude notable (0,1 à 5 V environ), mais de taux de modulation très faible. La partie haute fréquence pour ne pas être saturée par l'onde porteuse est prévue pour fonctionner automatiquement en classe C dès que le niveau d'entrée atteint la valeur provoquant la saturation. Le gain haute fréquence est juste suffisant pour porter le bruit de l'étage d'entrée à un niveau supérieur à celui du bruit de la détection : tout le gain de l'appareil est obtenu en basse fréquence.

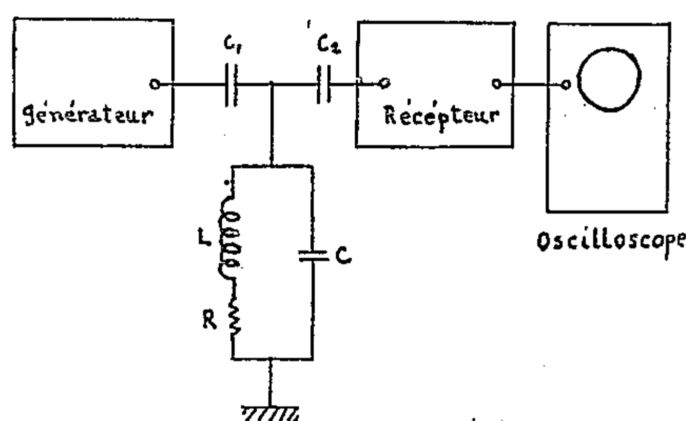


Fig. 1.

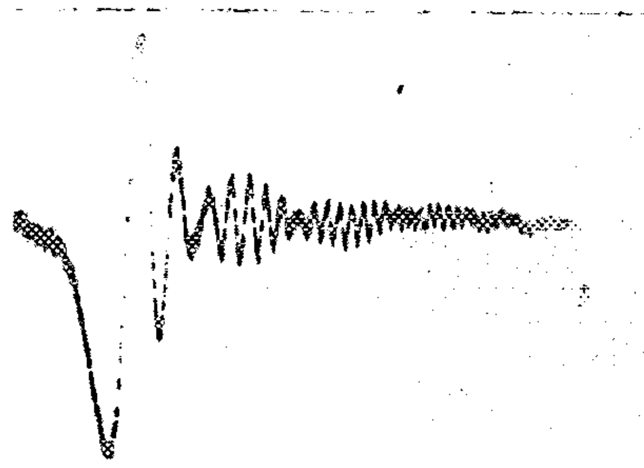


Fig. 2.

3. *Sensibilité.* — Le bruit du générateur n'est pas éliminé comme dans les procédés ordinaires de pont et c'est lui qui limite la sensibilité de l'appareil.

Le rapport signal/bruit, de cet appareil a été comparé à celui du pont ([2]) au moyen d'un signal de résonance et s'est avéré quoique plus faible, être du même ordre de grandeur.

4. *Résultats expérimentaux.* — Nous avons observé avec cet appareil, la résonance du proton dans l'eau pure, dans l'eau oxygénée et dans une solution de nitrate ferrique.

Il apparaît dans les deux derniers cas un phénomène particulier représenté ([4]) sur la figure 2.

Lorsque le balayage alternatif du champ continu possède une amplitude suffisante pour faire apparaître la solution : « oscillations amorties » des équations de Bloch ([3]) appelée « wiggles » par les auteurs américains, on constate une modulation de l'amplitude de ces dernières ayant la forme d'oscillations amorties.

---

([1]) P. GRIVET, M. SOUTIF et R. GABILLARD, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 27 ; R. GABILLARD et M. SOUTIF, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1754.

([2]) P. GRIVET, M. SOUTIF et M. BUYLE, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 113.

([3]) E. E. SALPETER, *Proc. Phys. Soc.*, 63, p. 4-A.

([4]) MM. Bene, Denis et Exterman ont interprété un signal de cette forme comme dû à des battements entre les fréquences de Larmor légèrement différentes de deux échantillons placés en des points légèrement différents du champ d'un système de bobines d'Helmholtz. (Communication au *Congrès de Spectroscopie aux radiofréquences*, Amsterdam, 1950.

Le phénomène est très prononcé pour une solution très diluée de nitrate ferrique (N/100) il diminue quand on augmente la concentration et finit par disparaître complètement.

Il existe également pour l'eau oxygénée. Il n'apparaît pas avec l'eau pure mais le signal étant alors plus faible il se peut qu'il soit masqué par le bruit de fond.

RADIOACTIVITÉ — *Sur le rayonnement de conversion interne du plutonium* 239. Note de M^lle GEORGETTE ALBOUY et M. JEAN TEILLAC, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons étudié, à l'aide des émulsions sensibles aux trajectoires individuelles d'électrons, le rayonnement de conversion interne du $^{239}$Pu. Cette méthode, déjà appliquée à l'ionium (1), au radiothorium (2) et à l'uranium 234 (3) offre principalement les avantages suivants :

la quantité de radioélément nécessaire est très faible et permet de travailler aisément avec les corps à vie longue;

il n'est pas nécessaire que la purification, par rapport aux autres éléments radioactifs, soit très poussée.

Nous devons à l'obligeance de M^me Joliot-Curie et de M. B. Goldschmidt d'avoir pu obtenir le plutonium nécessaire. M. B. Goldschmidt a, en outre, effectué les purifications et les préparations chimiques et nous a fourni, sur notre demande, le plutonium en solution acétique 5 % ou dans une solution de $CO_3Na_2$.

Des expériences récentes sur l'ionium nous ont montré que le pH de la solution d'imprégnation avait un effet sur la sensibilité de l'émulsion, en accord avec des observations de H. Faraggi (4) sur des plaques non sensibles aux trajectoires d'électrons.

Les meilleurs résultats, du point de vue pénétration et sensibilité, ont été obtenus à partir de la solution acétique ramenée à pH voisin de 7 avec une solution de carbonate de sodium. Les plaques utilisées étaient les plaques Ilford (type $G_5$ épaisseur $200^{\mu}$).

Nous effacions les traces d'électrons enregistrées par la plaque pendant son transport et son stokage, en la maintenant dans une atmosphère saturée en vapeur d'eau à 60° pendant 20 heures, suivant une technique mise au point par l'un de nous (5). Les plaques ainsi « effacées » étaient imprégnées

(1) G. ALBOUY, H. FARAGGI, M. RIOU et J. TEILLAC, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 435.
(2) G. ALBOUY et J. TEILLAC, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 945.
(3) J. TEILLAC, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1056.
(4) *Thèse*, Paris, 1950, p. 17.
(5) G. ALBOUY, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1351.

pendant 1 heure 30 minutes, séchées rapidement, et développées quelques jours après suivant la méthode de « développement température » (6).

Les mesures ont été effectuées comme nous l'avons indiqué par ailleurs (1). Nous avons ainsi mesuré 5200 trajectoires α, toutes attribuées au Pu, la proportion de traces parasites étant certainement négligeable comme le montre la figure 1.

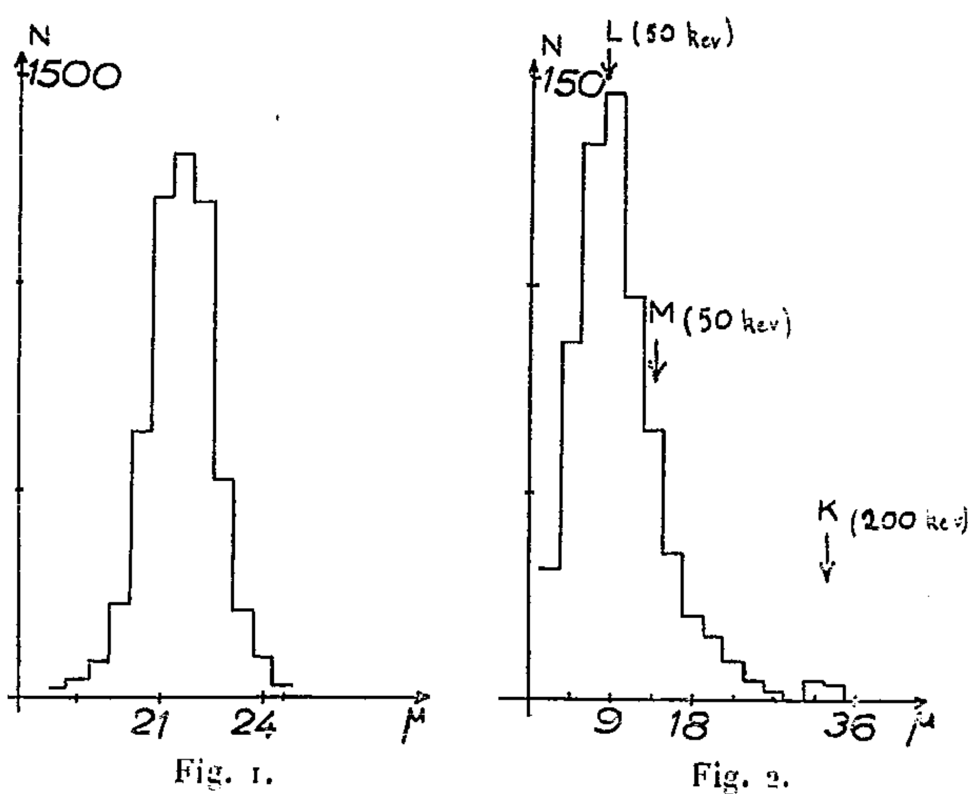



Fig. 1. Fig. 2.

824 trajectoires α ont une origine commune avec celle d'un électron; la figure 2 donne la répartition des parcours de ces électrons. D'après la relation parcours-énergie (7), le maximum correspond à des électrons dont l'énergie est de 30 à 35 keV et qui sont vraisemblablement les électrons de conversion dans la couche L du γ de 50 keV, mis en évidence par Ghiorso (8) et confirmé par l'étude de la structure fine (9).

En admettant que ces électrons sont dus uniquement à la conversion de ce γ, on trouve une intensité probable de 16 électrons par 100 désintégrations. (La valeur maxima obtenue est de 19 par 100 désintégrations, en tenant compte des électrons dont l'origine est douteuse, mais les difficultés d'observation d'électrons dont le parcours est aussi court que 7μ, rendent difficile l'obtention d'une précision meilleure.)

Nous avons indiqué sur la figure 2 le parcours des électrons de conversion dans la couche M. Comme on le voit, la séparation des raies L et M n'est pas possible; cependant il est probable que le rapport :

$$\frac{\textit{Nombre d'électrons extraits de la couche L}}{\textit{Nombre d'électrons extraits de la couche M}} \text{ est grand.}$$

(6) C. C. Dilworth, G. Occhialini et L. Vermaesen, *Bull. Centre Phys. Nucl.* (Bruxelles).
(7) B. Zajac et M. A. S. Ross, *Nature*, 164, 1949, p. 311.
(8) *Plutonium Project Report C. K.*, 1944, p. 1511.
(9) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 638.

D'autre part, la probabilité d'excitation du niveau de 50 keV de l'uranium 235 estimée par Rosenblum, Valadarès et Goldschmidt (9) étant de 23 pour 100 désintégrations, on calcule que le coefficient de conversion interne du $\gamma$ de 50 keV est de 2,3. Ces remarques confirment l'analogie signalée par les auteurs ci-dessus (9) entre la transmutation du plutonium et celles pour lesquelles la différence de spin entre les états fondamentaux est nulle. Signalons, enfin, que nous avons observé quelques électrons plus énergiques correspondant probablement à la conversion K d'un rayonnement $\gamma$ d'environ 200 keV, l'intensité étant comprise entre 1 ‰ et 1 %.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'existence possible des gerbes cosmiques primaires.* Note (*) de M. **Anatole Rogozinski**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On soumet à une discussion purement qualitative les phénomènes qui pourraient être à l'origine des gerbes cosmiques primaires et l'on examine les conditions expérimentales qui permettraient de les mettre éventuellement en évidence.

De nombreuses observations permettent de conclure qu'une partie notable du rayonnement cosmique primaire consiste en protons et en noyaux lourds de grande énergie. Il est admis tacitement que ces particules nous arrivent individuellement. Or, les explosions nucléaires observées dans des émulsions photographiques laissent désormais présumer qu'une fraction du rayonnement cosmique primaire consiste en particules multiples (gerbes primaires), dérivant, soit directement, soit après une cascade de processus intermédiaires, d'une particule mère de grande énergie qui a subi une collision avec un noyau de matière galactique, provoquant une explosion nucléaire analogue à celles que révèlent les plaques photographiques.

Examinons d'abord le cas des gerbes provenant des espaces interstellaires, qui sont remplis principalement d'hydrogène avec une densité moyenne de l'ordre de $2.10^{-24}\,g.cm^{-3}$ (1), et où le libre parcours moyen de particules de la gerbe peut dépasser des valeurs de l'ordre de $10^{25}$ cm. Les durées de parcours correspondantes étant ainsi de l'ordre de $10^7$ années, il convient de faire pour ces particules une distinction entre celles qui, sans être créées dans le même acte, descendent néanmoins d'une particule ancêtre commune et celles qui sont nées dans un seul acte et qui ont, par conséquent, même âge.

Nous désignerons les premières par *particules isogènes* et les secondes par *particules isochrones*. A ces deux catégories de particules, nous en ajouterons une troisième : les *particules synchrones*, en attribuant, dans ce cas précis, à la notion de synchronisme un sens purement empirique, étroitement lié au temps de résolution $\tau$ des instruments destinés à la détection de ces particules.

(*) Séance du 15 janvier 1951.

(1) *Voir* par exemple, H. Mineur, *L'espace interstellaire*, Paris, 1947.

C'est ainsi que nous considérerons comme synchrones deux ou plusieurs particules traversant, dans les limites de la durée $\tau$, le plan d'observation dans lequel sont disposés ces instruments (nous admettrons que les retards de transmission des informations provenant de différents détecteurs sont compensés). La précision de l'appréciation du synchronisme dépend donc essentiellement de la valeur $\tau$. On distinguera, d'autre part, entre les particules synchrones vraies et fortuites suivant qu'elles sont ou ne sont pas isogènes.

Un calcul élémentaire montre que des protons isochrones d'origine galactique, donc *très âgés*, et, *a fortiori*, des particules isochrones plus lourdes, ne nous parviendront en synchronisme que s'ils sont doués de vitesses invraisemblablement voisines, ou si l'énergie de chacun d'eux dépasse une valeur difficilement acceptable. Il est donc tout à fait improbable que des particules lourdes galactiques constituent les agents synchrones primaires. Il en est de même des mésons, à cause de leur instabilité, et des électrons, en raison des pertes d'énergie qu'ils subissent en traversant les champs magnétiques galactiques et des régions où la densité des photons est élevée (²). Par conséquent, seuls les photons isochrones pourraient constituer les gerbes primaires synchrones d'origine galactique.

Le seul phénomène connu et vérifié expérimentalement, aboutissant à la création de photons isochrones de grande énergie, est la décomposition des mésons $\pi$ neutres en deux photons (Berkeley). Or, comme certaines explosions nucléaires impliquant une grande énergie sont accompagnées d'une émission abondante de mésons $\pi$ neutres (³) dont la vie moyenne serait de l'ordre de $10^{-13}$ sec, elles doivent constituer également le point de départ d'une gerbe de photons quasi-isochrones. Cependant, après un parcours suffisamment long des photons dans l'espace galactique, la distance moyenne qui les sépare pourra devenir très grande et même dépasser notablement les dimensions de notre globe, sinon celles du système solaire. Aussi ne détectera-t-on, en général, que des photons individuels (⁴).

On peut en conclure que seules seraient susceptibles d'être mises en évidence les gerbes primaires composées de particules *jeunes*, donc provenant de sources proches, telles que le soleil. Notons que, dans ce cas, on sera en mesure de détecter non seulement des photons isochrones, mais même des particules lourdes isogènes non nécessairement isochrones. Or, de telles particules, une fois interceptées par notre atmosphère, peuvent y donner naissance, chacune,

---

(²) E. Feenberg et H. Primakoff, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 449.

(³) A. G. Carlson, I. E. Hooper et D. T. King, *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 701.

(⁴) Dans la matière interstellaire, le libre parcours moyen de tels photons, qui disparaissent par le processus prépondérant de la création de paires, a une valeur effective de l'ordre de $5.10^{25}$ cm, donc comparable à celui des particules lourdes dont ces photons dérivent. Aussi le rayonnement cosmique qui nous parvient devrait-il comprendre une proportion appréciable de photons de grande énergie.

à une grande gerbe atmosphérique (gerbe d'Auger), l'ensemble de ces gerbes formant une espèce de super-gerbe de très grande envergure.

L'existence possible de telles super-gerbes atmosphériques suggère la voie à suivre pour mettre expérimentalement en évidence les gerbes cosmiques primaires : en effet, d'après divers travaux ([5]), l'envergure d'une gerbe d'Auger ne doit pas excéder une centaine de mètres. Les particules qui se trouvent au delà, ont une énergie relativement faible et leur densité y est également faible. Il en résulte que, si l'on parvient à mettre en évidence des gerbes dont l'envergure excède très notablement la valeur indiquée et si, de plus, on trouve des cas où la densité des particules dans des régions séparées par ces grandes distances est relativement élevée, on pourra considérer de tels faits comme un argument sérieux en faveur de l'existence des gerbes primaires.

Des expériences sont en cours, en vue de l'étude des gerbes atmosphériques ayant des dimensions horizontales allant jusqu'à plusieurs kilomètres. Le principe de la méthode utilisée consiste à employer simultanément plusieurs émetteurs, desservant des groupes de compteurs séparés par de grandes distances. Un poste récepteur central enregistre les coïncidences entre les divers groupes de compteurs. Cette méthode permettra également de poursuivre les mêmes expériences à de très grandes altitudes à l'aide de plusieurs avions, comprenant, chacun, un ensemble de compteurs un émetteur approprié. Le récepteur central sera disposé soit à bord de l'un des avions, soit au sol.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesures des viscosités de laitiers synthétiques du système* FeO, $SiO_2$, $TiO_2$. Note (*) de M. **Georges Urbain**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le faible volume de nos connaissances sur la viscosité des scories fondues s'explique, malgré leur importance métallurgique, par les difficultés expérimentales rencontrées dans ce domaine. Le cas des laitiers riches en oxyde ferreux présente encore une aggravation de ces difficultés due à l'activité chimique de ces produits.

1. La méthode d'amortissement d'oscillations est choisie pour sa simplicité mécanique et son adaptation aisée aux mesures de faibles viscosités.

2. Le laitier est fondu dans un creuset cylindrique en fer Armco (*fig.* 1). Un plongeur cylindrique de forme et de dimension convenables y oscille dans la scorie liquide. Il est suspendu par le tube D à l'équipage mobile C et à un fil de torsion en élinvar. Le prisme $D_1$ permet une visée pyrométrique dans cet axe. Avec un pyromètre optique de précision on obtient entre 1100 et 1450° C

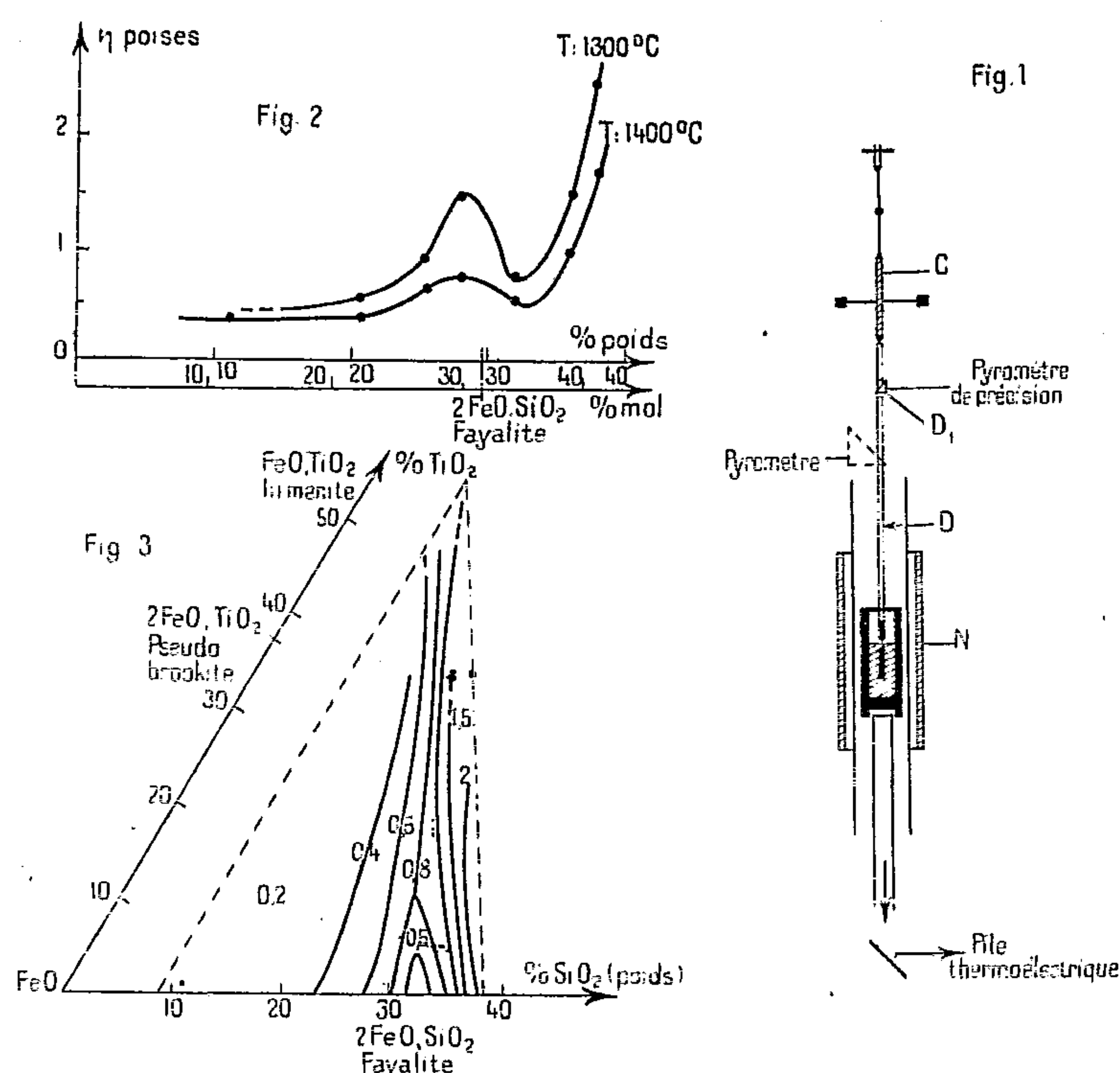
([5]) L. W. Nordheim et J. Roberg, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 44; L. Janossy, *Cosmic Rays*, Oxford, 1950.

(*) Séance du 3 janvier 1951.

des mesures de température à $\pm$ 2° C. Le creuset repose sur un tube d'acier inoxydable fermé à son extrémité supérieure, permettant un contrôle, par pile thermoélectrique, de la stabilité, en température, du creuset.

3. Le chauffage par induction (générateur haute fréquence à étincelles) d'un tube de graphite N permet d'obtenir avec des montages convenables une zone isotherme suffisante et de faibles inerties thermiques.

Les scories synthétiques sont préparées par fusion au chalumeau oxyacétylénique des poudres, après moulage. L'oxyde ferreux est obtenu par calcination de l'oxalate ferreux.




4. Le viscosimètre est étalonné avec des huiles (cylindres) et une huile de ricin dont les viscosités sont mesurées avec précision par une méthode d'écoulement. On étudie l'influence, sur les mesures, de déréglages (décentrement, immersion incomplète, etc.) et montre qu'avec les dimensions données ceux-ci n'introduisent pas des variations supérieures à 4 % sur les lectures de l'appareil.

5. *Mesures sur des scories appartenant au système* $FeO.SiO_2$. — Ces mesures ont porté sur sept compositions dans le domaine accessible aux mesures avec un appareillage en fer. Les courbes viscosité-température de chaque composition présentent un accroissement brutal de viscosité pour une température voisine (ou légèrement supérieure) à celle du liquidus. Ceci correspond à la présence d'une phase solide; on n'a plus alors un liquide newtonien. La figure 2

montre les courbes isothermes (1400 et 1300° C) viscosité-composition; leur accord avec les résultats de P. P. Kozakevitch (1), (2), (3) est excellent ainsi qu'avec les données d'analyse thermique de Bowen et Schairer (4).

6. *Mesures sur des scories appartenant au système* $FeO.SiO_2.TiO_2$. — Dix mesures permettent de se rendre compte grossièrement du comportement des courbes d'isoviscosité dans la partie du diagramme ternaire accessible aux mesures. La figure 3 représente une famille de ces courbes tracées à 1400°C pour 2; 1,5; 1; 0,8; 0,5 et 0,4 poises.

La courbe en traits interrompus délimite la région actuellement explorée. La viscosité reste voisine de 0,2 poise (à 1400°C) dans toute la région très riche en FeO; vers 39 % de $SiO_2$ on note un accroissement brutal de la viscosité alors que les régions riches en $TiO_2$ montrent un accroissement plus continu de celle-ci.

L'anomalie présentée par la fayalite ($2FeO$, $SiO_2$) ne semble pas s'étendre loin dans le diagramme ternaire.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur quelques phénoplastes sulfonés échangeurs de cations.* Note (*) de M. **Georges Moralli**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les résines envisagées sont les produits de polycondensation alcaline de sels d'acides phénol sulfoniques, du phénol correspondant et de formaldéhyde.

A cet effet, j'ai préparé des acides mono et diphénols sulfoniques possédant des groupes $-SO_3H$ en différentes positions par rapport aux $-OH$ phénoliques et j'ai étudié la variation de la capacité d'échange de ces résines en fonction de leur teneur en S, c'est-à-dire en groupes sulfoniques. Les acides sulfoniques choisis présentaient au moins deux positions réactives libres susceptibles de participer avec le phénol simple à l'édification du réseau tridimensionnel de la résine.

La capacité d'échange a été définie par le nombre de milliéquivalents (Me) grammes de cation monovalent fixés par gramme de résine.

Elle a été déterminée en mettant la résine en contact avec une solution de ClNa 5N(pH 2.3); l'échange s'effectue suivant le schéma

$$RH + ClNa \rightarrow RNa + HCl$$

(RH résine sous forme acide, RNa résine sous forme sodée).

(1) P.-P. Kozakevitch, S.-P. Leiba et E.-P. Komar, *J. Chim. Phys. U. R. S. S.*, **13**, 1939, p. 248.

(2) P.-P. Kozakevitch, S.-P. Leiba et E.-P. Komar, *Acad. Sc., U. R. S. S.*, **1**, 1941, p. 279.

(3) P.-P. Kozakevitch, *Rev. Métallurgie*, **47**, 1950, p. 201.

(4) N.-L. Bowen et J.-F. Schairer, *Am. J. Sci.*, **24**, 1932, p. 177.

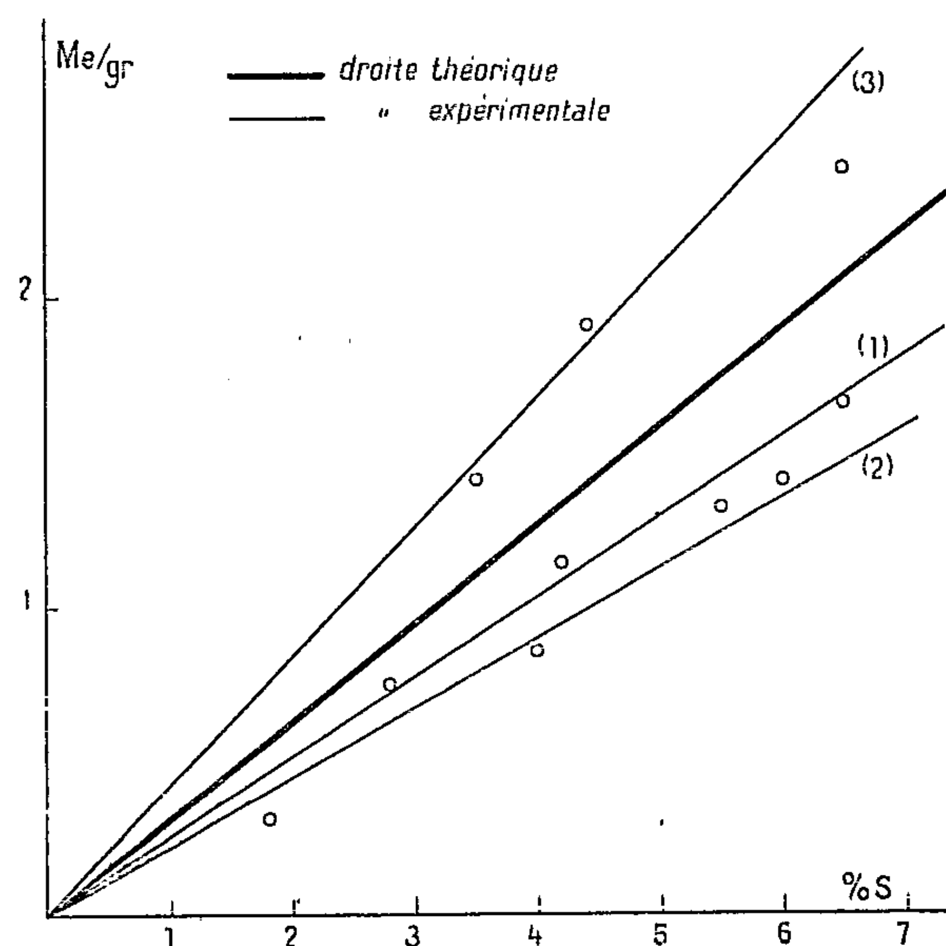
(*) Séance du 6 décembre 1950.

| Résine. | S %. | Me/g. |
|---|---|---|
| Phénol-phénol parasulfoné [droite (1)] | 2,8 | 0,75 |
| | 4,2 | 1,15 |
| | 6,5 | 1,65 |
| Phénol-phénol orthosulfoné [droite (3)] | 6,5 | 2,4 |
| Pyrocatéchine-pyrocatéchine sulfonée (4) [droite (2)] | 1,8 | 0,3 |
| | 5,5 | 1,35 |
| Résorcine-résorcine sulfonée (4) [droite (3)] | 3,5 | 1,4 |
| | 4,4 | 1,9 |
| Hydroquinone-hydroquinone sulfonée (2) [droite (2)] | 1,6 | 0,5 |
| | 4 | 0,85 |
| | 6 | 1,4 |

1° La capacité d'échange (en milieu acide) croît bien linéairement avec la teneur en groupes sulfoniques.

2° La réaction d'échange est bien une réaction équilibrée, la courbe expérimentale se situe en dessous de la courbe théorique.

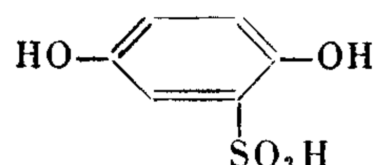
3° Les résines possédant des groupes $-SO_3H$ en para par rapport à un —OH phénolique ont des capacités d'échange se plaçant approximativement sur une droite située au-dessous de la droite théorique relative à la seule action des groupes sulfoniques.




Les résines possédant un groupe sulfonique en ortho par rapport à un —OH phénolique ont des capacités d'échange qui se placent nettement au-dessus de la courbe théorique, si bien que l'on peut penser à une activation de l'oxhydrile par le groupe sulfonique qui en est proche : cet oxhydrile intervient dans

l'échange ionique alors même que le milieu est acide, c'est-à-dire à un pH où, théoriquement, les groupes —OH sont inactifs (ils n'agissent seuls que vers pH 8-9) ([1]). Ce résultat est en accord avec les observations d'Obermiller ([2]) sur la dissociation des sels disodiques des acides phénols sulfoniques.

Cependant cette activation ne se retrouve pas pour les résines à base d'hydroquinone sulfonée




qui possède pourtant bien la proximité ortho.

Cette anomalie pourrait s'expliquer en supposant que l'hydroquinone se combine sous la forme quinonique O=⟨ ⟩=O ou semi-quinonique

(la polycondensation ayant lieu en milieu alcalin) c'est-à-dire sans qu'il y ait en fait de groupe oxhydrile en ortho susceptible d'être activé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation et la structure cristalline du sulfure d'aluminium* $S_3Al_2$. Note de M. **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

La méthode de Fonzes-Diacon ([1]) permet d'obtenir un sulfure en quantité importante, sous une forme fondue relativement facile à manipuler, mais assez fortement souillé d'alumine. Dans le but de préparer un produit sensiblement pur, nous avons apporté les modifications suivantes.

Le creuset et son couvercle sont en graphite. Une mince électrode de carbone, placée dans l'axe de l'appareil et isolée du couvercle, vient s'appuyer par son extrémité effilée sur le fond du creuset. En appliquant une différence de potentiel d'une quinzaine de volts entre le creuset et l'électrode, la pointe de celle-ci rougit fortement et provoque rapidement l'inflammation du mélange de soufre et d'aluminium. Nous n'utilisons pas de la poudre d'aluminium, toujours oxydée, mais de la limaille fraîchement préparée à partir de lingots à 99,9 %, tamisée et dépoussiérée. La teneur en fer de l'aluminium reste inférieure à 0,6 ‰. Pour éviter l'oxydation au cours de la réaction par l'air

([1]) R. J. Myers, *Advances in colloïd Sciences*, **1**, 1942, p. 317.

([2]) *Z. Anorg. Chem.*, p. 59-80.

([1]) *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 1314.

inclus dans la poudre, le creuset contenant le mélange réactionnel est chauffé jusqu'à fusion du soufre. Dans la masse refroidie et solide, on creuse un puits étroit où pénètre l'électrode. Dans le mince espace annulaire entourant celle-ci, on coule une petite quantité de soufre, qui est vaporisée immédiatement avant l'inflammation du mélange par l'échauffement rapide de l'électrode. L'air situé dans la partie supérieure du creuset est alors chassé par d'épaisses vapeurs de soufre.

Le produit obtenu présente une cassure brillante, ternissant rapidement à l'air, et doit être manipulé et conservé dans une atmosphère de gaz carbonique sec. L'analyse révèle la présence d'environ 3 % d'aluminium libre finement dispersé dans la masse.

Cette matière première est purifiée par chauffage de 6 heures, sous une pression de quelques centièmes de millimètre de Hg, vers 1150°, température peu supérieure au point de fusion. Le sulfure ne se vaporise pas sensiblement, mais l'aluminium en excès est éliminé totalement. Il reste dans la nacelle une masse blanche, à surface brillante légèrement irisée, à structure cristalline, correspondant à la formule $S_3Al_2$(S : 63,2 % ; Al : 36,3 % ; théorie S : 64,07 % ; Al : 35,95 %).

En vue d'obtenir, par grossissement, des cristaux de taille suffisante, la masse fondue est refroidie en plusieurs heures. On isole alors des cristaux de 1 à 3$^{mm}$ de côté, irrégulièrement taillés, quoique assez souvent tabulaires. Certains d'entre eux, composés certainement de cristallites d'orientations parallèles, se comportent aux rayons X comme de véritables monocristaux, et ont permis une étude de leur structure cristalline. Pour protéger les cristaux contre l'action de l'humidité atmosphérique, on les plonge à deux ou trois reprises dans une solution chloroformique de baume du Canada. Ce dernier corps ne donne aux rayons X qu'un très faible halo central.

Un cliché de Laue suivant une direction perpendiculaire aux faces parallèles d'un cristal tabulaire révèle une structure hexagonale. Les symétries que l'on y observe rangent ce cristal dans le groupe $D_6^4$. Un diagramme de cristal tournant autour de l'axe sénaire permet une évaluation des paramètres, que nous avons précisés à l'aide d'un diagramme de poudre étalonné avec de l'aluminium :

$$a = 6,423 \pm 0,003, \qquad c = 17,83 \pm 0,02, \qquad \frac{c}{a} = 2,775.$$

La densité calculée en admettant six molécules $S_3Al_2$ dans la maille, $d = 2,33$, est très voisine de la densité mesurée : $d_4^0 = 2,32$.

D'après certaines observations, le soufre serait vraisemblablement distribué suivant un réseau hexagonal compact. Le rayon cristallin que l'on déduit de cette structure : $r = 1,85$ Å est en excellent accord avec le rayon ionique attribué à $S^{--}$ : $r = 1,84$ Å.

A l'aide des diagrammes de poudre, nous avons vérifié que des sulfures d'aluminium d'origines différentes étaient identiques. Nous avons utilisé les préparations suivantes, où le sulfure est obtenu à une température inférieure à son point du fusion :

action de l'hydrogène sulfuré sur la grenaille d'aluminium à 700° pendant 8 heures ou à 1000° pendant 6 heures;

action de l'aluminium sur le sulfure d'antimoine vers 750° dans une atmosphère d'hydrogène ([2]).

La fusion de ces produits au-dessous de 1200°, même après addition de 5 % d'alumine, n'entraîne aucune altération dans la position et l'intensité des raies caractéristiques du diagramme de poudre. Par contre la vaporisation dans le vide et l'action prolongée d'une température d'environ 1500° en atmosphère inerte provoquent des modifications sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement.

En résumé, nous proposons une préparation de $S_3Al_2$ pur en deux temps : on obtient d'abord, par combinaison directe des éléments, un produit ne contenant comme impureté que de l'aluminium non combiné, que l'on purifie ensuite par chauffage dans le vide vers 1150°. On peut séparer de la masse obtenue par refroidissement lent des monocristaux. Étudiés aux rayons X, ils révèlent une structure hexagonale contenant six molécules dans la maille avec

$$a = 6,423 \pm 0,003, \qquad c = 17,83 \pm 0,02.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un effet stérique sur l'absorption des dérivés du furane, du pyrrol et du thiophène α substitués.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, MM. **Joseph Hoch** et **Joseph Klein**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans la série benzénique ([1]) et dans celle de la pyridine, il a été établi par l'un de nous, avec divers collaborateurs, que les corps dans lesquels une fonction se trouve liée au noyau par un carbone non saturé, peuvent prendre deux formes ayant des absorptions très différentes. Dans l'une d'elles un « couplage » important s'exerce généralement entre la fonction et le noyau (forme « *absorbante* »). Le spectre de cette forme ne contient généralement aucune des bandes qui caractérisent les spectres « *limites* » des deux chromophores. Par contre, ce couplage est nul dans la deuxième forme (dite « *transparente* »). Son absorption correspond sensiblement à la superposition des spectres « *limites* » du noyau et de la fonction. On peut passer d'une forme

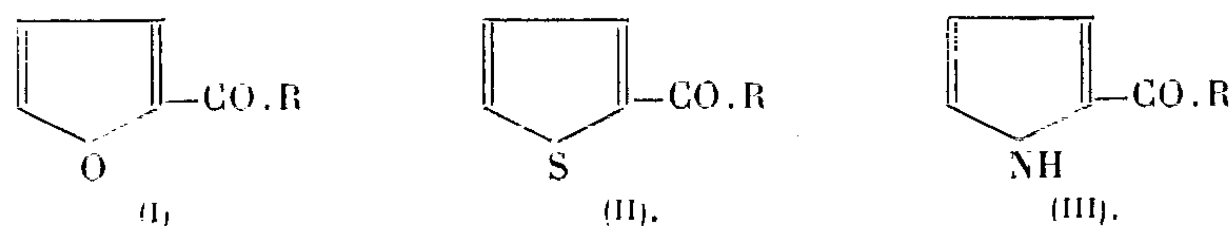
---

([2]) Picon, *Bull. Soc. Chim.*, [4], 45, 1929, p. 907.

([1]) Mme Ramart-Lucas, *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1942, p. 865; Mme Ramart-Lucas et Mlle Bertucat, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 295.

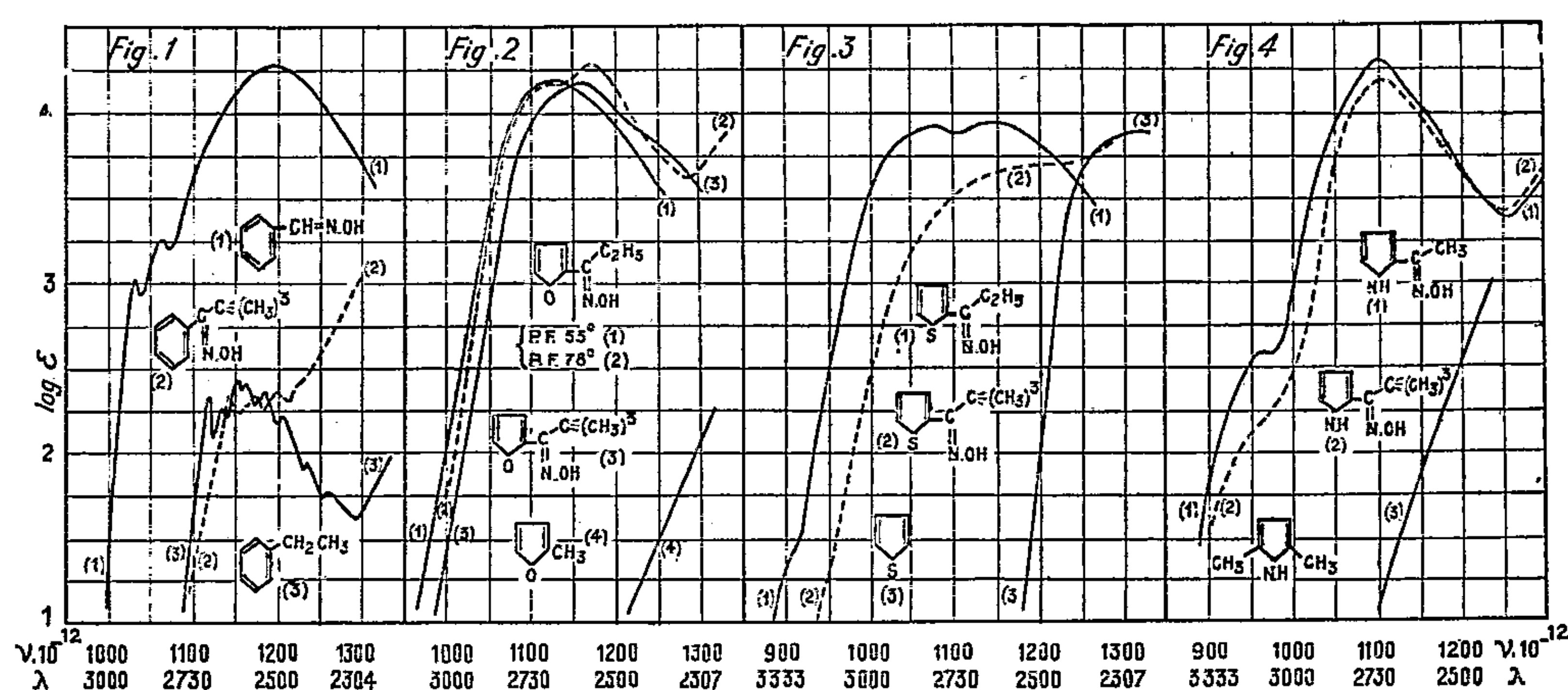
à l'autre par effet stérique ou par cyclisation. C'est ainsi par exemple que si, sur le carbone fonctionnel de la benzaldoxime, qui possède la forme « *absorbante* », on introduit un groupe but. tert. on constate que le spectre du composé obtenu est tout à fait semblable à celui du toluène [voir *fig.* 1 les courbes de la benzaldoxime (courbe 1), de la but. tert. phénylcétoxime (courbe 2) et celle du toluène (courbe 3)].

Dans toutes les séries étudiées jusqu'ici, le noyau est hexagonal. Il était intéressant de connaître si le même phénomène peut être observé dans le cas du furane, du pyrrol et du thiophène dont le noyau n'a pas une structure benzoïde. A cette fin, nous avons préparé à l'état aussi pur que possible les alcoylfurylcétones (I), les alcoylthiofénylcétones (II) et les alcoylpyrrylcétones (III), ainsi que leurs dérivés (oximes, semi-carbazones, phénylhydrazones). Dans ces molécules $R = CH_3$, $C_2H_5$, $C\lessdot(CH_3)^3$.




Nous résumerons ici les résultats obtenus par l'étude des spectres d'absorption des oximes et les conclusions auxquelles cette étude a conduit. Les mesures faites sur les semi-carbazones et les phénylhydrazones donnent des résultats semblables. Pour toutes les substances étudiées nous avons constaté que :

1° Si R est un alcoyle non ramifié ($CH_3$, $CH_2CH_3$), un « *couplage* » important s'exerce entre le noyau et la fonction. Les spectres de ces molécules sont en effet très différents de ceux qui résulteraient de la superposition des




spectres « *limites* » du noyau et de celui de la fonction (qui se trouvent situés dans la même région). Comme on peut le voir sur les différentes figures, ce « *couplage* » se traduit, du point de vue spectral, par un fort effet batho-

chrome accompagné le plus souvent d'une augmentation parfois considérable de l'intensité d'absorption. La figure 2 contient les courbes des deux méthylfurylcétoximes stéréoisomères fondant respectivement à 55° (courbe 1) et à 78° (courbe 2) et celle du méthyl-1-furane (courbe 4). Sur la figure 3 se trouvent tracées les courbes de l'éthylthiofénylcétoxime (courbe 1) et du thiophène (courbe 3). Enfin sur la figure 4, on trouvera les courbes de la méthylpyrrylcétoxime (courbe 1) et du 1-5-diméthylpyrrol (courbe 3).

2° Si, dans les oximes précédentes, on remplace le groupe $CH_3$ ou $C_2H_5$ lié au carbone fonctionnel par un groupe but. tert., on ne constate aucun *découplage* entre le noyau et la fonction. La différence d'absorption que l'on observe entre les deux oximes d'une même série est analogue à celle qui se produit lorsqu'on opère de semblables substitutions dans la série aliphatique [*voir* les courbes des but. tert. : furylcétoxime (*fig.* 2, courbe 3), thiophénylcétoxime (*fig.* 3, courbe 2) et pyrrylcétoxime (*fig.* 4, courbe 2)].

*En définitive* : contrairement à ce que l'on observe dans les séries benzénique et pyridinique, l'effet stérique provoqué par la présence d'un alcoyle, à chaîne ramifiée, fixé sur le carbone fonctionnel des oximes dérivés des cétones (I), (II) et (III) ne provoque aucun « *découplage* » entre la fonction et le noyau.

*On est ainsi conduit à penser que l'état électronique du carbone* (I) *dans le furane, le thiophène, et le pyrrol est différent de celui qu'il possède dans le benzène et dans la pyridine.*

MINÉRALOGIE. — *Sur la répartition de l'uranium et du thorium dans le granite de Quintin en Bretagne et particulièrement sur l'allanite thorifère de ce granite.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Charles Mauguin.

On sait depuis longtemps que certains minéraux accessoires des granites, monazite, xénotime, allanite, peuvent contenir une proportion appréciable de thorium. Plus tard on reconnut que le zircon contient souvent du thorium et de l'uranium.

Plus récemment, les travaux de A. C. Lane, E. S. Larsen, N. B. Keevil, J. Putnam Marble, ont montré qu'une partie importante de la radioactivité des granites était concentrée dans les minéraux lourds.

Suivant les indications théoriques données par Mme Irène Curie en 1946, Mme Hée en 1948 et M. E. Picciotto en 1949 ont ouvert une voie nouvelle de recherche [1] par l'observation d'autoradiographies de roches polies et de plaques minces de roches. Ils concluent que *l'activité est concentrée dans les zircons.*

---

[1] I. Curie, *Journ. Phys.*, 8e série, 7, 1946, p. 312; Mme Hée, *Ann. Géophys.* 4, 1948, p. 242; E. Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. et Hydrol.*, 58, fasc. 1, 1949, p. 75.

Osborne Hutton ([2]), étudiant des granites de Nouvelle-Zélande, conclut que les *zircons ne jouent aucun rôle dans leur radioactivité* et que les minéraux radioactifs y seraient *la monazite, le xénotime et un peu l'apatite.*

A partir de 1949, les recherches de M. R. Coppens, en partie sur mes propres échantillons du granite de Quintin en Bretagne, ont mis en évidence des faits importants ([3]).

Je me propose d'indiquer les premiers résultats des recherches que je poursuis depuis trois ans, soit sur le granite lui-même, en plaque épaisse polie ou récemment en plaques minces, soit sur les minéraux lourds du granite que j'ai obtenus en quantités importantes par une méthode différente de la méthode habituelle des laboratoires.

Des mesures aux compteurs et à l'électroscope et aussi l'autoradiographie des concentrés, étalés sur l'émulsion, ont montré que ces *minéraux lourds ont une radioactivité qui est plus de* 50 *fois celle du granite.*

Les données les plus importantes résultent de l'étude, au microscope et aux rayons X, des minéraux radioactifs des plaques minces et des concentrés, préalablement soumis par M. R. Coppens à l'autoradiographie.

Parmi les éléments fortement radioactifs du granite de Quintin, les seuls qui soient visibles à l'œil nu sont des cristaux dont la surface varie de 0,1 à $1^{mm^2}$ et qui tiennent, d'après les autoradiographies, 0,5 à 1,5 % de thorium. Les premiers ont été découverts dans une plaque épaisse de granite poli, mais n'ont pu encore être déterminés avec certitude. Je fis alors préparer des plaques minces assez grandes, sans couvre-objet, qui furent soumises par M. Coppens à l'autoradiographie. Une d'elles (plaque 336) révéla l'existence de trois sections d'un minéral brun-jaune, dont la teneur en thorium varie de 0,5 à 1,2 % comme pour certains des cristaux indéterminés du granite poli et dont la surface est de même ordre. Plus récemment, dans 15 plaques minces du granite, j'ai découvert 8 autres sections, qui appartiennent certainement au même minéral que celles de la plaque 336.

Les auréoles de pléochroïsme dans la biotite autour de ces cristaux et leurs caractères optiques, en particulier la variation de la biréfringence et de la couleur, brune ou jaune bistre, dans un même cristal, définissent une *allanite, silicate de fer, calcium et cérium, contenant habituellement de l'yttrium et du thorium,* avec une biréfringence qui ne dépasse pas en général 0,015, comme il est fréquent dans les allanites, mais est parfois sensiblement plus faible, et un pléochroïsme, en général net, mais anormalement faible. Aug. Michel-Lévy et A. Lacroix en 1888 avaient déjà signalé que la biréfringence des allanites peut devenir très faible ou nulle et qu'en même temps le pléochroïsme peut disparaître.

---

([2]) *Am. Journ. Science*, **245**, 1947, p. 154.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1218 et 1938; *Bull. Soc. Fr. Minér.*, **73**, 1950, p. 217.

*Quelques-unes des sections que j'ai étudiées récemment présentent par place le pléochroïsme normal de l'allanite, avec atténuation, presque disparition, à côté, dans le même cristal.* J'ai observé aussi deux sections de *macles*, probablement macle $h_1$ de l'épidote, déjà vue par A. Michel-Lévy et A. Lacroix dans les allanites du Pont-Paul, et des *zones d'accroissement en chevrons*, marquées par des différences de couleur dans les tons bruns, qui ont déjà été signalées dans les allanites.

M. A. Sandréa a bien voulu examiner le *spectre d'absorption*, avec l'appareil réduit qu'il a monté au laboratoire de Minéralogie du Muséum. J'ai pu constater avec lui que le spectre, pour les trois sections de la plaque 336, présente, dans le vert, *les deux raies caractéristiques de l'yttrium*, dont la teneur dans les allanites dépasse souvent 8 %.

Enfin l'étude, au laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne, du *diagramme de rayons* X d'un des cristaux de la plaque 336, par Mme Mireille Christophe-Michel-Lévy, qui a réussi à le désagréger de la plaque mince et à le fixer sur une baguette de verre, a confirmé la détermination d'allanite.

L'étude des plaques minces m'a permis d'établir que l'*allanite tient une place appréciable dans le granite :* 11 sections pour 18 plaques, avec une surface qui est environ 1/1000 de la surface totale du granite dans ces plaques, à peu près 1/25000 en poids.

Un calcul facile permet cependant de constater que *les allanites ne contiennent pas plus de 2 % du Th total du granite.*

D'après les autoradiographies, la répartition du thorium dans les allanites est statistiquement à peu près uniforme, mais discrète, avec concentration dans des centres de rayonnement, probablement cristaux ultra-microscopiques de thorite ou groupements de quelques atomes de Th (R. Coppens).

*En résumé,* 1 *à* 2 % *seulement du thorium du granite se trouve contenu dans les cristaux d'allanite, dont la plus grande dimension varie de* 0mm,4 *à* 1mm. 98 *à* 99 % *du thorium et probablement près de* 100 % *de l'uranium sont contenus dans des inclusions bien plus petites, dont j'indiquerai ultérieurement ce que nous savons de leurs dimensions et de leur nature minéralogique.*

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur l'extrémité Sud du synclinal de Thônes (Massif des Bornes, Haute-Savoie).* Note de M. **Jean Rochet**, transmise par M. Léon Moret.

Age surtout Priabonien du remplissage nummulitique du synclinal qui, vers l'Est (Dent de Cons, naissance de la nappe Aravis-Morcles), débute toujours par le Lutétien. Le contact de la Dent de Cons avec ce Nummulitique est un contact originellement stratigraphique, mais très tectonisé et localement masqué par des phénomènes de *décoiffement.*

Cette région, surtout en ce qui concerne le tronçon du grand synclinal

nummulitique situé au Sud du ruisseau de la Chaise, posait encore d'intéressants problèmes que nous pensons avoir résolus à la suite d'une étude détaillée accompagnée de levés géologiques au 1/20000e.

1. *Klippe préalpine de Cons-Sainte-Colombe.* — La grande Klippe de Sulens, témoin le plus méridional des nappes préalpines savoisiennes, posée sur le Nummulitique du synclinal de Thônes au droit de Serraval, se prolonge au Sud de la Chaise par le rocher de Cons que la carte géologique au 1/80000e (feuille Albertville) permet d'interpréter comme une simple écaille de Jurassique supérieur traînée sur le *Flysch* autochtone.

En réalité la structure de ce lambeau est plus complexe. L. Moret y avait déjà décrit, à la base, un petit coussinet de Néocomien et de Sénonien (1) et j'ai pu retrouver ces terrains, en affleurements assez importants sur tout le pourtour du Jurassique de Cons, jusque vers le village d'Ombre. Mais cette petite Klippe est elle-même formée de deux écailles de Malm séparées par des lames de Sénonien et de Flysch ultrahelvétique (Flysch schisto-gréseux avec bancs de microbrèches à Nummulites ou de calcaires pélagiques de faciès *craie*), très semblable à celui que L. Moret a découvert à la base de Sulens.

2. *Les terrains tertiaires du synclinal.* — On pouvait donc *a priori* penser que, bien qu'entièrement figurés en Flysch autochtone sur la feuille Albertville, ces terrains devaient comporter, comme à Sulens, une part de Flysch exotique préalpin.

S'il ne m'a pas été donné de retrouver ce faciès dans les affleurements très étendus, mais parfois très cachés et difficiles d'accès, du remplissage tertiaire du synclinal, en revanche, j'ai découvert dans le Flysch autochtone, schisto-gréseux et micacé (2), un banc de calcaire à Nummulites et Orthophragmines qui fixe définitivement l'âge priabonien de ce terrain parfois attribué, sous le nom de *fausse molasse*, à l'Oligocène.

De plus, j'ai pu mettre en évidence, dans le repli synclinal voisin de la Sambuy (froncement du bord Ouest du grand synclinal), uniquement marqué en Crétacé moyen sur la carte géologique, des affleurements de Sénonien, mais surtout de calcaires nummulitiques (Lutétien-Priabonien).

3. *Bordure orientale du synclinal : Nappe de Morcles-Aravis.* — Cette unité inférieure des nappes helvétiques, ici à ses débuts, est représentée par le lourd massif néocomien de la Dent de Cons-Belle Étoile, dont les calcschistes noirs hauteriviens, très redressés, se montrent, d'après la carte géologique, depuis la Chaise jusqu'aux Combes, directement en contact stratigraphique avec les terrains tertiaires du synclinal.

L. Moret (*loc. cit.*) avait le premier suggéré l'hypothèse d'un contact tecto-

---

(1) L. Moret, *Mém. Soc. Géol. France*, n° 22, 1934.

(2) Ces grès, rappellent beaucoup les *Grès de Taveyannaz* et renferment d'ailleurs les mêmes minéraux lourds.

nique sur le front de la nappe naissante. Partant de ces prémisses, l'étude minutieuse de ce contact m'a fourni des faits nouveaux et intéressants. Et tout d'abord, ce contact est masqué au niveau du hameau d'Ombre par un important *décoiffement* comportant un peu d'Urgonien et de Sénonien, mais surtout de l'Albien, glissés de la crête anticlinale de la Dent de Cons qui culmine plus à l'Est.

Ailleurs, le contact est souligné sporadiquement par des lentilles de calcaire urgonien, très morcelées, mais surtout par des affleurements, également lenticulaires et épais de plusieurs mètres, de conglomérats formés de blocs crétacés locaux et renfermant, à la base, de nombreuses grandes Nummulites lutétiennes (*Nummulites Rouaulti*, *N. Millecaput*).

Toutes ces roches sont très tectonisées et nous estimons qu'il s'agit bien d'un contact originellement stratigraphique mettant en évidence le démantellement d'un petit relief local par la mer nummulitique transgressive, mais que l'amincissement consécutif de la couverture calcaire dans cette zone a pu faciliter le plissement et le refoulement de la Dent de Cons sur le synclinal tertiaire au cours des grands plissements alpins. Ce contact primitivement stratigraphique a donc été très laminé et, si l'on peut dire, défiguré par la tectonique.

GÉOPHYSIQUE. — *Observations des discontinuités crépusculaires.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des mesures visuelles de la brillance du ciel au zénith avec un photomètre sans écran diffusant paraissent confirmer la réalité des discontinuités crépusculaires signalées par Grandmontagne. On suggère une interprétation fondée sur la diffusion ou la luminescence de couches élevées situées vers 25, 85, 115 et 155$^{km}$.

1. Les 11 et 12 septembre 1946 des mesures visuelles de la brillance du ciel au zénith, pendant deux crépuscules du soir et un du matin, ont été faites à l'observatoire du Houga avec un photomètre sans écran diffusant à coin dégradé, soit en lumière totale, soit à travers filtre vert Wratten 58.

L'erreur probable des pointés, faits en succession rapide (2 ou 3 par minute), était de l'ordre de $\pm 0,02$ (sur le logarithme de la brillance B).

2. L'analyse des trois séries de mesures met en évidence des discontinuités de pente des courbes $\log B = f(U)$ analogues à celles signalées par Grandmontagne [1].

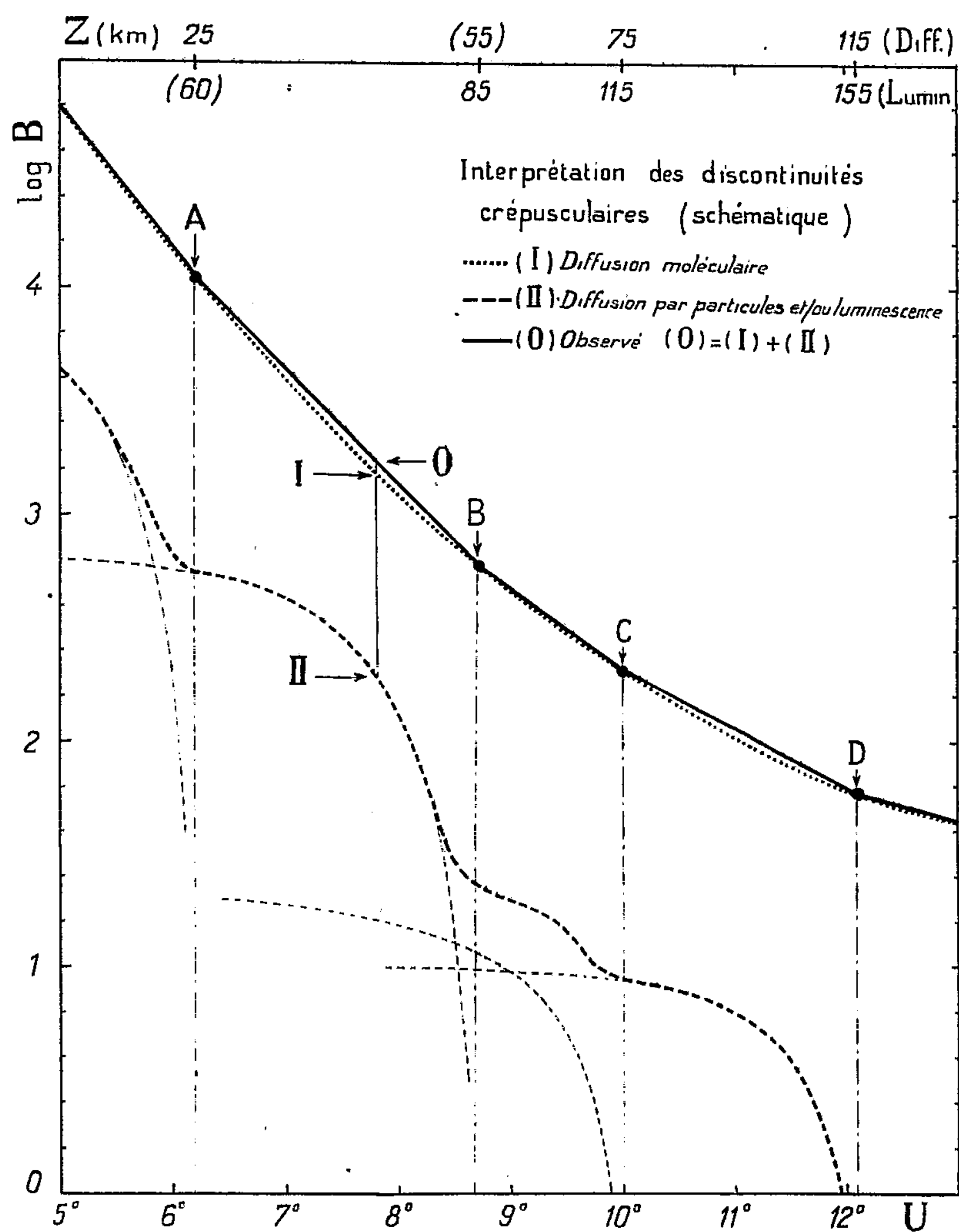
Le tableau ci-joint donne pour chaque série (colonnes 2, 3, 4) l'heure du coucher (ou du lever) du Soleil (centre du disque réfracté); les instants des discontinuités, en minutes après (avant) le coucher (lever) du Soleil; leurs

[1] *Ann. Phys.*, (XI), **16**, 1941, p. 253-305.

moyennes (colonne 5) et les dépressions solaires U correspondantes (colonne 6).

| Crépuscule Soleil (T. U.). | 11-9 soir 18h 18m. | 12-9 matin 5h 38m. | 12-9 soir 18h 16m. | Moyenne (min). | Dépression solaire U. | Altitude (km) d'une couche Diffus. | Lumin. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Disc. (A)...... | – | 29 | 30 | 30 | 6° 2 | 25 | 60 |
| » (B)...... | 46,5 | 44,5 | 43 | 44,5 | 8° 7 | 55 | 85 |
| » (C)...... | 54,5 | 51 | 50 | 52 | 10° 0 | 75 | 115 |
| » (D)...... | 66,5 | 64,5 | 61,5 | 64 | 12° 1 | 115 | 155 |

La concordance convenable des trois séries et leur accord général avec les résultats de Grandmontagne (qui place les discontinuités observées en rouge




et infrarouge vers U = 8°3, 10°5 et 13°3) paraît confirmer la réalité du phénomène des discontinuités crépusculaires.

3. Link a montré ([2]) que l'interprétation suggérée par Grandmontagne et Gauzit (discontinuités du gradient de densité de l'air) ([3]) n'est pas soutenable.

Une interprétation plus vraisemblable consiste à supposer qu'une partie de la brillance crépusculaire provient de couches diffusantes ou luminescentes élevées, dont l'extinction progressive permet de rendre compte des segments quasi rectilignes et des brusques changements de pente observés, comme le montre la figure jointe.

Dans le premier cas (diffusion) cette luminosité supplémentaire s'éteindra lorsque le rayon rasant réfracté dépasse le niveau de la couche diffusante; ce niveau est donné dans la colonne 7 du tableau.

Dans le second cas (luminescence par résonance optique, fluorescence ou recombinaison), l'extinction se produira lorsque le rayonnement excitateur cesse d'atteindre la couche luminescente, c'est-à-dire lorsque, vu de celle-ci, le Soleil s'abaisse derrière l'horizon optique constitué par la couche d'ozone; la colonne 8 donne les niveaux correspondants des couches luminescentes, si l'on situe vers 30-35$^{km}$ le niveau supérieur « effectif » de la couche d'ozone.

Il est intéressant de remarquer que les altitudes ainsi calculées correspondent assez bien, dans presque tous les cas, à des couches déjà reconnues (nuages nacrés vers 25$^{km}$, région D, couche de sodium et nuages noctilucents vers 85$^{km}$, région E vers 115$^{km}$ et E temporaire vers 155$^{km}$); des études plus détaillées et de nouvelles observations seront toutefois nécessaires avant qu'on puisse préciser ces attributions éventuelles.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Sur l'existence et la répartition des* Ulex *hybrides des landes bretonnes*. Note de M. **Robert Corillion**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une Communication récente à la Société de Biogéographie, nous avons déterminé, avec H. des Abbayes ([1]), les caractéristiques inédites de la répartition respective d'*Ulex Gallii* Planch. et d'*Ulex nanus* Sm. dans le massif armoricain, dont nous rappellerons tout d'abord les données essentielles :

Dans les régions de la péninsule bretonne généralement peu éloignées du littoral et situées à l'Ouest d'une ligne jalonnée approximativement par les localités : Dinard, Lamballe, Guingamp, Gouarec, Auray, *Ulex Gallii* existe seul dans les landes mésophiles et humides, à l'exclusion totale d'*Ulex nanus*. A l'Est de cette ligne, c'est au contraire *Ulex nanus* qui est exclusif, de telle sorte que tout se passe comme si à l'intérieur du

([2]) *Bull. Ast. Inst. Czechoslovakia*, **1**, 1949, p. 137.
([3]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 799.

([1]) H. des Abbayes et R. Corillion, *C. R. Som. Séances Soc. Biogéographie*, **229**, 1949, p. 86-89.

Massif armoricain *Ulex Gallii* et *Ulex nanus* étaient vicariants l'un de l'autre de part et d'autre de la limite qui vient d'être définie.

De plus, sur la frontière commune aux deux espèces, existe une zone de chevauchement toujours très étroite où il a été possible de localiser un certain nombre de landes à *Erica ciliaris* L. et *Erica Tetralix* L. dans lesquelles *Ulex Gallii* et *Ulex nanus* se trouvent en mélange, ainsi que cela peut se voir, par exemple, sur la bordure Ouest et Nord-Ouest de la forêt de Saint-Aubin (Côtes-du-Nord) et dans les landes de Pleurtuit (Ille-et-Vilaine).

Or, l'étude attentive de ces deux dernières localités en août-septembre, époque normale de la floraison des deux *Ulex*, nous a permis de constater l'existence de types intermédiaires que nous rapportons à l'hybride *Ulex Gallii* × *Ulex nanus*.

D'autre part, comme l'ont bien vu divers botanistes régionaux, notamment Arrondeau ([2]) et Lloyd ([4]), certaines landes littorales armoricaines offrent un ensemble de conditions favorables à la floraison estivale d'*Ulex europæus* L., dont la répartition, on le sait, est très générale dans le Massif armoricain.

Nous avons nous-mêmes constaté, depuis un certain nombre d'années, le caractère *régulier* et l'abondance des floraisons d'été d'*Ulex europæus*, particulièrement dans les landes littorales de la côte Nord de la Bretagne (Cap Fréhel, Sables d'Or, Erquy, etc.). Le fait que certaines de ces landes présentent assez souvent une gamme variée de milieux humides, mésophiles et secs (lande de Fréhel) se traduit par une végétation en mosaïque où coexistent et s'entremêlent *Ulex europæus* et *Ulex Gallii*. Là encore, on peut observer des types intermédiaires qu'il faut rapporter cette fois à l'hybride *Ulex europæus* × *Ulex Gallii*.

La présence en Bretagne occidentale de ces hybrides vient encore ajouter à la complexité de l'étude des variétés d'*Ulex* bien mise en évidence par A. Chevalier ([3]).

La répartition possible des *Ulex* hybrides en Bretagne occidentale est corrélative et complémentaire de la distribution des *Ulex* armoricains, telle que nous l'avons exposée au début de cette Note, et leur localisation géographique est très étroite.

En effet, les hybrides *Ulex Gallii* × *Ulex nanus* sont strictement localisés et doivent être recherchés uniquement sur la marge réduite de contact des deux régions d'exclusivité d'*Ulex Gallii* à l'Ouest et d'*Ulex nanus* à l'Est, alors que les hybrides *Ulex europæus* × *Ulex Gallii* sont cantonnés dans certaines landes littorales réalisant à la fois les conditions favorables aux floraisons estivales d'*Ulex europæus* et à la végétation d'*Ulex Gallii*, c'est-à-dire à l'Ouest de Dinard

---

([2]) *Catalogue des Plantes Phanérogames du Morbihan*, Vannes, 1867.

([3]) *Revue Bot. Appl. et Agr. trop.*, **21**, 1941, p. 407-422.

([4]) *Flore de l'Ouest de la France*, 5e édit., 1898.

pour la côte de Bretagne Nord, ou à l'Ouest d'Auray pour la côte de Bretagne Sud (îles non comprises).

Notons enfin que nous n'avons pas rencontré de type hybride *Ulex europæus* × *Ulex nanus*, mais qu'en toute hypothèse un tel hybride ne doit être recherché que dans les landes mixtes à *Ulex europæus* et *Ulex nanus* offrant les conditions favorables aux floraisons estivales d'*Ulex europæus*.

De telles landes ne se trouvent qu'à l'Est de la ligne de démarcation des zones d'exclusivité d'*Ulex Gallii* et d'*Ulex nanus*, c'est-à-dire sur les bordures côtières orientales du Massif armoricain.

## CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La forme du fructose chez les holosides.* Note de Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action des alcalis sur la mutarotation permet de montrer que le fructose des holosides est le fructose α à pouvoir rotatoire — 21°.

J'ai montré, dans une précédente Note (1), que le fructose, qui forme la totalité de la molécule des fructosanes proprement dites et qui se trouve à raison de 85 à 95 % dans les glucofructosanes, est le fructose β à faible pouvoir rotatoire *algébrique* (environ — 147°).

En est-il de même du fructose des holosides dont, jusqu'à présent, on a bien établi la forme furanique, mais sans élucider la question de savoir si, du point de vue de son action sur la lumière polarisée, il doit être rangé dans la série α ou dans la série β?

Le cas du saccharose se révèle particulièrement délicat, puisque l'hydrolyse le scinde en une molécule de glucose et une molécule de fructose et que la mutarotation du premier, beaucoup plus lente que celle du second, risque de masquer plus ou moins complètement celle-ci. J'ai donc utilisé de préférence le raffinose, le gentianose, le stachyose pour lesquels l'hydrolyse *faible* libère une molécule de mélibiose, ou de gentiobiose, ou enfin de manninotriose; or, en ce qui concerne ces trois derniers corps, la mutarotation est, je m'en suis assurée, de faible amplitude par rapport à celle du fructose et se fait toujours dans le sens des arcs croissants.

J'ai tout d'abord observé que l' « Invertase concentrate » décompose rapidement les trois holosides précités en provoquant l'hydrolyse *faible* seulement (détachement du fructose seul); en raison du peu d'amplitude de la mutarotation des osides qui restent en solution une fois le fructose libéré, le déplacement du plan de polarisation de la lumière par addition d'une trace d'alcali aux liqueurs en voie d'hydrolyse ne sera guère imputable qu'au seul fructose.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1082.

Voici les résultats de trois expériences dans lesquelles on a fait agir l'« Invertase concentrate » à la dose de $1^{cm^3}$ % sur des solutions à $5^g$ % de raffinose, de gentianose, de stachyose. On désignera par $\rho_A$ et $\rho_B$ les lectures faites, au même instant, de la fraction A de la liqueur où la mutarotation suit son cours normal et de la fraction B où l'addition d'une goutte de soude amène instantanément les molécules libérées à leur forme stable.

1° *Raffinose* : 5 %; Invertase : 1 %; $l = 2^{dm}$; $\lambda = 5890$; $t = 18°$.

| Temps (en 1/4 d'heure). | $\rho_A$. | $\rho_B$. | $\rho_B - \rho_A$. |
|---|---|---|---|
| 0 | +10°84 | – | – |
| 1 | + 9,12 | +8°02 | −1°10 |
| 2 | + 8,30 | +7,26 | −1,04 |
| 3 | + 7,70 | +6,64 | −1,04 |
| 4 | + 7,10 | +6,14 | −0,96 |
| 5 | + 6,74 | +5,90 | −0,84 |
| 6 | + 6,46 | +5,78 | −0,68 |
| 12 | + 5,92 | +5,52 | −0,40 |
| 24 | + 5,38 | +5,22 | −0,16 |
| 36 | + 5,22 | +5,22 | 0,00 |

2° *Gentianose* : 5 %; Invertase : 1 %; $l = 2^{dm}$; $\lambda = 5\,890$; $t = 18°$.

| Temps (en 1/4 d'heure). | $\rho_A$. | $\rho_B$. | $\rho_B - \rho_A$. |
|---|---|---|---|
| 0 | +3°06 | – | – |
| 1 | +1,68 | +0°48 | −1°20 |
| 2 | +0,72 | −0,62 | −1,34 |
| 3 | +0,02 | −1,36 | −1,38 |
| 4 | −0,54 | −1,62 | −1,08 |
| 5 | −0,86 | −1,92 | −1,06 |
| 6 | −1,20 | −2,20 | −1,00 |
| 8 | −1,62 | −2,30 | −0,68 |
| 20 | −2,54 | −2,54 | 0,00 |

3° *Stachyose* : 5 %; Invertase : 1 %; $l = 2^{dm}$; $\lambda = 5\,890$; $t = 17°$.

| Temps (en 1/4 d'heure). | $\rho_A$. | $\rho_B$. | $\rho_B - \rho_A$. |
|---|---|---|---|
| 0 | +12°36 | – | – |
| 1 | +11,18 | +10°28 | −0°90 |
| 2 | +10,20 | + 9,38 | −0,82 |
| 3 | + 9,64 | + 8,96 | −0,68 |
| 4 | + 8,94 | + 8,50 | −0,44 |
| 10 | + 8,46 | + 8,46 | 0,00 |

La mutarotation se fait donc toujours dans le sens des arcs décroissants et l'on peut affirmer que le fructose libéré est le *fructose α à fort pouvoir rotatoire algébrique*. Il en est évidemment de même pour le saccharose; mais, dans ce dernier cas, les différences $\rho_A - \rho_B$ sont deux à trois fois plus grandes que dans les expériences précédentes; on ne saurait s'en étonner puisque, à la mutarotation du fructose, s'ajoute celle du glucose α, de même sens que la mutarotation de l'ose cétonique.

PHYSIOLOGIE. — *Étude tomographique des modalités de l'accolement des cordes vocales et du rôle des ventricules de Morgagni dans la différenciation des voyelles chantées.* Note de M. **Raoul Husson**, présentée par M. Louis Lapicque.

De l'examen de tomographies du larynx prises sur un même sujet pendant le chant, il résulte que : 1° les voyelles se différencient au niveau du larynx par la profondeur et la fermeté de l'accolement des cordes vocales; 2° la configuration des ventricules de Morgagni est sans rapport, ni avec la hauteur du son, ni avec la voyelle émise.

1. Des tomographies de larynx en phonation ont été prises, en novembre 1950, à l'Hôpital de la Pitié avec l'aide du Dr Huc et de Mlle Siemendinger, sur un même sujet en vue de pouvoir comparer les clichés. Type de voix étudié : baryton d'opéra-comique à forte musculature laryngée.

Conditions expérimentales : tomographe circulaire Massiot; 3 secondes d'exposition par pose, avec 80 kV et 60 mA. Flan de coupe à 2cm des insertions antérieures des thyro-aryténoïdiens.

2. *La pression sous-glottique variant seule.* — Trois clichés ont été pris en émettant la voyelle *a* sur Si 2, d'abord en fausset, puis en voix de poitrine piano, puis forté. La profondeur d'accolement des cordes vocales passe successivement de 1 à 3, puis à 6mm. Les ventricules de Morgagni se rapetissent et s'évasent. Les ailes du thyroïde se rapprochent de 2mm.

3. *La hauteur variant seule.* — Six clichés ont été pris en émettant les voyelles *a* et *è* ouvert, forté, successivement sur Si 2, Ré 3 et Fa dièze 3. La profondeur d'accolement des cordes vocales croît légèrement de Si 2 à Ré 3, puis diminue brusquement sur le Fa dièze 3 en raison de l'exécution de la couverture du son [1] qui met en action le cricothyroïdien. On ne note aucun rapprochement des ailes du thyroïde ni aucune modification significative des ventricules de Morgagni.

4. *La voyelle variant seule.* — Sept clichés ont été pris en émettant sur Si 2, forté, les voyelles ouvertes *a, è, èu, ò*; puis les voyelles fermées *ó, u, i*. A l'intérieur d'un même groupe de voyelles, soit ouvertes, soit fermées, les différences observables sont faibles. Mais la profondeur d'accolement des cordes vocales croît en passant d'un son ouvert à un son fermé, tandis que diminue la fermeté de l'accolement, cette diminution étant appréciée par le fait que la partie ombrée séparant les cordes vocales devient plus large et plus sombre. Aucune modification des ventricules et aucun rapprochement des ailes du thyroïde ne sont à noter.

5. *Conclusions.* — *a.* Les ventricules de Morgagni ne jouent aucun rôle, ni

---

(1) R. Husson, E. J. Garde et A. Richard, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 999.

dans la modification de la hauteur du son, ni pour différencier le timbre des voyelles. Leur configuration dépend passivement de la contraction des thyro-aryténoïdiens et des filets musculaires éventuellement inclus dans les bandes ventriculaires.

*b.* Au niveau du larynx, les voyelles se différencient par deux seuls facteurs : la profondeur d'accolement (ou épaisseur) et la fermeté de l'accolement des cordes vocales. Ce sont précisément les deux facteurs qui dépendent de l'impédance ramenée sur le larynx par la configuration des cavités sus-glottiques ([2]).

*c.* Il en résulte que la fourniture laryngée, pour une hauteur et une pression sous-glottique données, serait unique, les différences de fournitures d'une voyelle à une autre étant d'origine réactionnelle ([3]). L'appropriation des cavités sus-glottiques réagit sur la fourniture laryngée, et le larynx modifie son travail vibratoire (profondeur et fermeté de l'accolement, amplitude, durée de la phase de fermeture, etc.) en fonction de l'impédance ramenée sur lui par les états résonantiels sus-glottiques qui lui sont imposés selon les voyelles.

La réaction des cavités sus-glottiques sur le larynx, mise en évidence par D. Weiss ([4]) et par nous [*cf.* ([3])] explique donc non seulement la génèse des passages de la voix, mais aussi les différenciations vocaliques fines observables au niveau des cordes vocales pendant la phonation.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Les microfluctuations d'accommodation de l'œil et l'acuité visuelle pour les diamètres pupillaires naturels.* Note de M. **Albert Arnulf**, M^lles **Odette Dupuy** et **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le calcul des limites de résolution, ou de perception de l'œil, pour des diamètres pupillaires inférieurs à 1$^{mm}$, donne des résultats qui concordent d'une manière satisfaisante avec l'expérience ([1]), ([2]). Si, par contre, on tente le même calcul pour les pupilles naturelles, les valeurs obtenues sont notablement inférieures aux valeurs expérimentales.

Le tableau suivant, valable seulement pour des mires de Foucault de *constraste* I fournit, en fonction du diamètre pupillaire $\omega$ les limites de résolution calculées pour un seuil de contraste de 0,02 : $s_d$ est relative à la diffraction

([2]) R. Husson, *Thèse Fac. Sc. de Paris*, 1950, p. 238.

([3]) A. Labriet et R. Husson, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1680; **181**, 1925, p. 358; **184**, 1927, p. 342; R. Husson, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1535; **200**, 1935, p. 1630.

([4]) D. Weiss, *Zeitschr. für H.-N.-Ohrenheilk*, **30**, 1932, p. 353.

([1]) *La Vision dans les instruments* (*Revue d'Optique*, Paris, 1937).

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 304.

seule, $s_c$ fait intervenir en plus la structure des cônes, dont le diamètre est supposé égal à $1^{\mu},5$ ([3]).

| ω (mm). | $s_d$ (minutes d'arc). | $s_c$ | $s_e$ |
|---|---|---|---|
| 2 | 1,02 | 1,02 | 1,23 |
| 4 | 0,51 | 0,54 | 1,10 |
| 8 | 0,26 | 0,34 | |

$s_e$ correspond aux valeurs expérimentales en vision fovéale centrale et forte brillance diurne (mire sur fond noir).

Si nous ne dépassons pas le diamètre pupillaire de $4^{mm}$, l'effet de structure des cônes est négligeable. Il en est de même à peu de chose près pour les aberrations sphérique et chromatique. De nombreuses mesures faites avec l'œil associé à des instruments dont les aberrations augmentaient considérablement les aberrations de l'image rétinienne ont montré que la limite de résolution d'une mire de contraste I n'en est pas affectée sensiblement. Le calcul confirme du reste ce résultat.

Nous pensons que la cause des écarts entre les valeurs calculées et mesurées (qui varient du simple au double pour $\omega = 4^{mm}$) réside dans l'existence de microfluctuations de l'accommodation, analogues aux fluctuations souvent constatées par les optométristes au cours de leurs examens, mais d'amplitude moyenne très petite (inférieure en général à 0,1 dioptrie), se produisant même sur les sujets exercés depuis longtemps à maîtriser leur accommodation, (l'un d'eux n'ayant plus que 2 dioptries de parcours d'accommodation) et accommodant sur un objet bien défini.

Le phénomène est mis en évidence qualitativement en observant, par un dispositif expérimental classique (emploi d'une lame semi-transparente) l'image formée sur la rétine du sujet. Dans ces conditions la distribution d'éclairement observée correspond à une double traversée de l'œil du sujet. Les fluctuations d'accommodation de l'œil de l'observateur sont sensiblement éliminées en observant l'image rétinienne à travers un viseur de grossissement 4.

Lorsque l'objet est une mire de Foucault quadruple (quatre directions de traits à 45°) de pas double de celui qui correspond à la limite de résolution du sujet, on constate que la séparation varie constamment. L'une des mires, ou plusieurs d'entre elles, sont séparées, ou les quatre disparaissent, ou plus

(3) Pour calculer $s_c$, on a déterminé en premier lieu la courbe de distribution des éclairements perçus pour une ligne droite source infiniment étroite placée au contact des cônes. Grâce au *micronystagmus* on peut admettre que l'éclairement en chaque point de la courbe est proportionnel au flux moyen reçu de la ligne source par tous les cônes rencontrés par une ligne parallèle à la source, à une distance égale à l'abscisse du point considéré de la courbe d'éclairement. En remplaçant ensuite la source infiniment mince par une source linéaire présentant la distribution des éclairements due à la diffraction, on obtient par intégration les résultats du tableau.

rarement, sont séparées, un aspect déterminé se maintenant pendant des temps variables approximativement entre 0, 1 et 2 secondes, des durées de 10 secondes ayant été exceptionnellement constatées.

Avec un point lumineux objet de diamètre apparent voisin de 1/3 de minute, la tache image observée change perpétuellement de forme et d'étendue; son aspect le plus fréquent est astigmatique (segments de droites entourés souvent d'un halo circulaire elliptique ou irrégulier ou ellipses d'orientation variables). Moins souvent, elle présente un halo irrégulier avec condensation centrale en forme de croix ou de ligne très courbée, ou de points doubles ou triples; dans un petit nombre de cas on voit l'aigrette normale de coma. Enfin dans trois cas (durée inférieure à 3 secondes sur plusieurs heures d'observation) nous avons obtenu une image de révolution présentant les caractéristiques de l'aberration sphérique (maximum central entouré d'un anneau brillant, et dans un cas, anneau brillant avec centre sombre). Dans aucun cas il n'a été possible de trouver trace de chromatisme, bien que la source soit très riche en bleu (lampe à mercure). Les variations observées proviennent du cristallin, au moins en très grande majorité, car elles ont disparu pour un sujet et se sont considérablement diminuées sur un second sujet par l'emploi d'un mydriatique faible (euphtalmine).

L'acte accommodatif semble donc faire intervenir un tâtonnement constant des muscles ciliaires autour d'une position d'équilibre. En dehors des cas très rares où cet équilibre est réalisé, l'image rétinienne résulte de combinaisons changeantes de diverses aberrations, avec prédominance d'astigmatisme.

On peut déjà prévoir à partir des observations précédentes que le calcul des distributions d'éclairement de l'image rétinienne à partir des aberrations sphérique et chromatique conduit à une limite inférieure des limites de résolution, très rarement atteinte. Dans le cas général interviendra une distribution moyenne d'éclairements où les microfluctuations d'accommodation seront prédominantes, et à partir de laquelle on pourra prévoir une valeur moyenne de la limite de résolution. Nous donnerons dans une prochaine Note, les indications numériques déjà obtenues.

NUTRITION. — *Les effets généraux et l'action galactogène du cholestérol ajouté à un régime de référence du Rat blanc.* Note (*) de Mme **Jeanine Raulin**, présentée par M. Robert Courrier.

Plusieurs auteurs américains ont décrit des régimes de référence, permettant la croissance optima et la meilleure reproduction du Rat. Nous avons recherché dans quelle mesure une notable surcharge de cholestérol influençait

(*) Séance du 15 janvier 1951.

les aptitudes de semblables rations. A la suite des travaux de Sica et col. [1], Spitzer et col. [2], Allgeier et col. [3], Maruyama et col. [4], nous avons adopté le régime de base suivant (en %) : caséine, 30; sucre, 48; margarine blanche, 10; lard fondu, 5; sels, 5; papier filtre, 2. A chaque kilogramme de ce mélange, on ajoutait : $20^{mg}$ de $B_1$, $B_2$ et $B_6$, $40^{mg}$ de pantothénate de Ca, $200^{mg}$ d'inositol, $1^{mg}$ d'acide folique, $20^{mg}$ de E, $5^{mg}$ de K, $0^{mg},2$ de biotine, $500^{mg}$ de choline. Les facteurs A et D étaient en outre administrés sous forme de concentré, à raison d'une goutte deux fois par semaine.

Trois séries de 10 rats femelles chacune pesant environ $70^g$ au départ ont été soumises aux trois types d'alimentation suivants :

1. Régime de base seul;
2. Régime de base + 0,5 % de cholestérol amorphe;
3. Régime de base + 1 % de cholestérol amorphe.

*Croissance.* — Celle-ci s'est avérée identique dans les trois lots pendant les 20 premiers jours d'expérience. A partir d'un poids vif d'environ $115^g$, les courbes de poids se sont séparées, le meilleur développement étant celui de la série recevant le plus de cholestérol. Les gains de poids calculés au 80ᵉ jour étaient respectivement de $0^g,86$ par jour pour le lot 1, de $0^g,91$ pour le lot 2 et de $1^g,03$ pour le lot 3. Les poids individuels moyens de cette série dépassaient alors de $14^g$ ceux du lot 1.

*Reproduction.* — Au cours de la croissance on n'observe aucune différence, autre qu'individuelle, dans le cycle estral des sujets. Les frottis vaginaux indiquent des cycles réguliers et normaux chez toutes les femelles, quelle que soit la nature du régime. Au 90ᵉ jour commencent les accouplements qui se sont étagés sur 3 mois. Après détermination du moment de l'accouplement par frottis, nous avons vérifié la fécondation par le signe placentaire qui s'est situé vers le 12ᵉ jour de la gestation. Celle-ci a été normale dans les trois séries, en dehors d'une femelle du lot 1 morte au 19ᵉ jour avec huit fœtus. La parturition s'est également accomplie à terme (22ᵉ jour) dans tous les cas, le nombre des petits variant indifféremment de 4 à 10, avec une moyenne de 6 dans chaque série. Les petits sont tous nés vivants dans les lots recevant du cholestérol, alors qu'avec le seul régime de base une femelle a mis bas neuf morts-nés. Le poids des enfants était légèrement supérieur dans les premiers cas ($5^g,5$ contre 4,9 dans le lot 1).

*Lactation.* — Sur les huit femelles soumises au régime de base seul et ayant mis bas des petits vivants, quatre seulement les ont allaités jusqu'au sevrage.

---

(1) *Arch. Biochem.*, 18, 1948, p. 119.
(2) *J. Nutrit.*, 32, 1946, p. 631.
(3) *Feder. Proc.*, 7, 1948, p. 283.
(4) *J. Nutrit.*, 36, 1948, p. 613.

Les autres ont refusé de les nourrir, les ont laissé mourir ou les ont dévorés. Au contraire, *toutes les femelles ayant ingéré de fortes doses de cholestérol ont allaité sans difficulté* et tous leurs petits sans exception sont arrivés au sevrage.

*Deuxième génération.* — On choisit la première portée vivante de chaque série qu'on élève aux régimes respectifs des mères. Tous les petits rats se développent normalement. On garde alors une seule femelle par série que l'on met au mâle. Accouplement, gestation et parturition sont normales chez ces trois animaux. Mais l'influence du cholestérol se fait à nouveau sentir au cours de la lactation : seules les femelles qui en avaient ingéré une forte dose conduisent la totalité des portées au sevrage; la femelle placée au régime de base seul s'est contentée de la manger. Voici des données chiffrées :

*Deuxième génération au cholestérol.*

| Régimes. | Nombre des petits. | | Poids de la portée. | |
|---|---|---|---|---|
| | Naissance. | Sevrage. | Naissance. | Sevrage. |
| Régime de base............... | 9 | 0 | 42 | – |
| » + 0,5 % chol... | 8 | 8 | 39 | 262 |
| » + 1 % chol... | 11 | 11 | 53 | 402 |

*Lipides des tissus.* — Le tableau suivant rapporte les résultats moyens de quelques dosages effectués sur les femelles sacrifiées un mois après la parturition.

| Régimes. | Poids des graisses abdominales (g). | Poids du foie (g). | Lipides totaux du foie (g). | Cholestérol par 100g de foie. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Total (mg). | Libre (mg). | Estérifié (mg). |
| Régime de base............... | 9,32 | 6,06 | 0,582 | 58,7 | 60 | – |
| » + 0,5 % chol... | 9,61 | 7,09 | 0,695 | 286,7 | 87,1 | 199,6 |
| » + 1 % chol... | 13,73 | 7,44 | 1,534 | 310,6 | 164,2 | 146,4 |

*Note.* — La totalité du cholestérol hépatique est sous forme libre chez les animaux du lot 1.

*Conclusions.* — L'addition de quantités notables de cholestérol amorphe à un régime de référence du Rat blanc ne nuit aucunement et même semble favoriser la croissance et la gestation, malgré une adiposité plus marquée et une surcharge graisseuse considérable du foie. Le cholestérol apparaît en outre comme un agent essentiel d'une bonne lactation et favorise nettement le développement des petits à la mamelle. Pour expliquer ce rôle manifeste, on peut penser soit à une intervention métabolique pure, soit à une synthèse accrue d'estrogènes dont on sait l'action dans la lactation.

BIOLOGIE. — *Musculature extrinsèque du globe oculaire, canaux semi-circulaires et équilibre chez les Poissons.* Note (*) de M. **Jean Baron**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Après irritation mécanique des canaux semi-circulaires des Poissons, on obtient des troubles de l'équilibre qui disparaissent après déviation de l'axe transversal horizontal des globes oculaires due à une hypotonie et une hypertonie des groupes des muscles moteurs oculaires antagonistes; l'énucléation bilatérale provoque en outre une rotation de 180° du corps tout entier autour de son axe antéro-postérieur.

Dans deux communications précédentes ([1]), j'ai montré les rapports existant entre la musculature extrinsèque du globe oculaire, les mouvements des nageoires et l'équilibre. De nouvelles expériences me conduisent à considérer les rapports existant entre la musculature extrinsèque du globe oculaire et les canaux semi-circulaires; mes expériences ont porté sur 30 sujets, soit 10 Carassins (*Carassius auratus* L.), 10 Gardons (*Gardonus rutilus* L.) et 10 Perches (*Perca fluviatilis* L.)

Elles consistaient à séparer les Poissons en 4 lots. Le premier lot était composé de Poissons normaux (lot témoin), le second de Poissons énucléés, le troisième de Poissons éviscérés, le quatrième de Poissons conjonctivotomisés.

L'énucléation consiste en l'ablation du globe oculaire au ras du nerf optique aprés désinsertion des tendons scléroticaux des muscles moteurs oculaires.

L'éviscération consiste en l'ablation du segment antérieur du globe oculaire sans désinsertion des tendons scléroticaux des muscles moteurs oculaires, la rétine est en outre détruite par curetage.

La conjonctivotomie consiste en l'ablation des insertions de la conjonctive au niveau de l'orbite, ce qui permet la production d'une hyperdéviation de l'axe transversal horizontal des globes oculaires.

Les quatre lots de Poissons furent soumis à une irritation des canaux semi-circulaires de la manière suivante : les Poissons étaient placés la tête en bas à l'intérieur de tubes remplis d'eau d'une centrifugeuse, tournant à 2 000 t/m, pendant 20 secondes; après arrêt de la centrifugeuse, les Poissons étaient observés dans un cristallisoir. Les résultats obtenus furent les suivants :

Les Poissons normaux présentaient trois sortes de mouvements :

A. des mouvements de manège : l'animal décrit des cercles dont le centre est plus ou moins grand, à la cadence d'un cercle à la seconde;

B. des pivotements sur place : tout en conservant sa position normale le

(*) Séance du 8 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2231-2233, et 231, 1950, p. 1087-1088.

Poisson tourne sur lui-même en pivotant sur sa queue ou sur son museau à la même cadence que précédemment;

C. des mouvements de rotation autour de l'axe longitudinal du corps : le Poisson tourne sur le flanc, puis sur le dos.

La durée de ces phénomènes était de l'ordre de 30 secondes à 2 minutes, pour disparaître sans laisser de traces.

Les Poissons énucléés présentaient immédiatement les phénomènes suivants : rotation de 180° autour de l'axe antéro-postérieur, provoquant une nage sur le dos d'une durée indéfinie sans adjonction des phénomènes précédents.

Les Poissons éviscérés présentaient immédiatement les phénomènes observés sur les Poissons normaux, auxquels s'ajoutaient les phénomènes observés sur les Poissons énucléés, c'est-à-dire mouvements de manège, pivotements sur place, rotation longitudinale, nage sur le dos. Ces phénomènes duraient de 2 à 10 minutes jusqu'à l'apparition de phénomènes compensateurs dus à une hypertonie des muscles oculaires du côté opposé à la rotation.

Les Poissons conjonctivotomisés ne présentaient aucun des phénomènes moteurs précédents, une exophtalmie compensatrice du côté de l'axe de rotation, associée à une énophtalmie du côté opposé, apparaissait immédiatement et rétablissait l'équilibre; l'axe transversal horizontal des globes oculaires était dévié d'un angle égal à l'angle formé par l'axe antéro-postérieur et l'axe de la déviation du corps du Poisson.

Des expériences qui précèdent, il résulte que l'équilibre est lié à la musculature extrinsèque du globe oculaire, aux canaux semi-circulaires et à l'ensemble du système moteur, dont je préciserai ultérieurement les rapports.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos du dosage de la vitamine* A. *Spectre d'absorption du néo-axérophtol.* Note de MM. **Henri Chatain** et **Marcel Debodard**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les auteurs précisent les caractères spectraux d'un néo-axérophtol pur d'origine naturelle. Ils font ressortir les différences qu'il présente avec ceux de l'axérophtol et suggèrent que les méthodes de correction du dosage de la vitamine A devraient tenir compte des proportions des deux isomères.

Jusqu'en 1947, le terme « vitamine A cristallisée » a désigné le seul isomère alors connu (géométrique, supposé *trans-trans*) dont nous avons précisé la forme du spectre d'absorption du dérivé acétylé dans une Note précédente [1]. En 1947, Robeson et Baxter [2] ont décrit les propriétés physico-chimiques d'un nouvel axérophtol cristallisé (isomère supposé *cis-trans*) et l'ont désigné sous le terme de *Néo-Vitamine* A. Au cours d'études sur les huiles

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1102.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 1947, p. 136-114.

de foies de poissons, nous avons également isolé, mais par un autre procédé, une substance semblant s'identifier à la néo-vitamine A des savants américains : aiguilles jaunes, fondant à 59°C (bloc Kofler); $E^{1\%}_{1\,cm}$ max à $328^{m\mu}$ (isopropanol) : 1720; ester phénylazobenzoïque : F 95°C; ester anthraquinone β carboxylique F 134°C. La substance répond à la méthode de dosage de la néo-vitamine A ([2]) et ([3]).

Les spectres d'absorption des deux axérophtols cristallisés diffèrent nettement par la position (325 et $328^{m\mu}$) et par la valeur E (1720 et 1850) de leur maximum.

Or, il est aujourd'hui bien établi que les concentrats d'axérophtol naturels ou synthétiques renferment des proportions variables des deux isomères. La tendance actuelle de corriger les résultats du dosage brut, tel qu'il découle de la mesure de l'absorption à $328^{m\mu}$, dans le but d'éliminer l'absorption étrangère expose donc à des erreurs appréciables si l'on ne tient pas compte de la présence de la néo-vitamine A. Par exemple la méthode de correction de Morton et Stubbs ([4]), telle qu'elle est appliquée dans l'U.S.P. XIV, donnerait pour la néo-vitamine A pure un titre de 2 750 000 UI/g environ, alors qu'il est admis ([2]) que son activité biologique est comparable à celle de l'axérophtol, soit 3 300 000 UI/g.

L'étude d'une nouvelle méthode de correction tenant compte de la proportion des deux isomères exige la connaissance exacte du spectre détaillé de la néo-vitamine A. Nous donnons ci-contre celui d'un échantillon recristallisé deux fois dans le formiate d'éthyle. A titre de comparaison nous avons tracé le spectre de l'axérophtol *trans-trans* recristallisé dans les mêmes conditions.

Le néo-axérophtol utilisé a été préparé à partir d'un concentrat industriel obtenu par distillation moléculaire titrant 25 % d'axérophtol total, dont un tiers d'isomère *cis*. Par réaction sur l'anhydride maléique dans des conditions déterminées, on obtient, avec un rendement presque complet, pour l'isomère *trans* le complexe d'addition tandis que l'isomère *cis* ne réagit que très peu. L'analyse chromatographique permet ensuite de séparer facilement l'isomère *cis* du complexe anhydride maléique-isomère *trans*. Le concentrat *cis* ainsi obtenu représente 70-80 % de l'isomère *cis* présent dans la matière première avec une teneur en isomère *trans* inférieure à 3 %.

Par saponification, puis par nouvelle chromatographie on augmente la pureté de l'isomère *cis* jusqu'à une teneur de 80-90 %. Cette fraction cristallise alors directement dans le formiate d'éthyle [technique de Robeson et Baxter ([2])]. On peut aussi passer par l'éther anthraquinone β carboxylique qui conduit à l'alcool pur après saponification.

---

([3]) P. Meunier, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **30**, 1948, p. 260.

([4]) *Biochem. J.*, **42**, 1948, p. 195.

SPECTRE D'ABSORPTION DE L'AXEROPHTOL ET DU NEO-AXEROPHTOL

Spectrophotomètre de Beckman

| λ en mμ | AXEROPHTOL trans-trans | | AXEROPHTOL Cis-trans | |
|---|---|---|---|---|
| | Isopropanol ε 325 mμ = 52.900 | Cyclohexane ε 328 mμ = 50.300 | Isopropanol ε 328 mμ = 49.200 | Cyclohexane ε 330 mμ = 47.200 |
| | $\frac{E\lambda}{E_{max}}$ | $\frac{E\lambda}{E_{max.}}$ | $\frac{E\lambda}{E_{max.}}$ | $\frac{E\lambda}{E_{max.}}$ |
| 250 | 11 | 12,5 | 11 | 12,8 |
| 55 | 10,5 | 12,3 | 11,4 | 12,8 |
| 60 | 10,5 | 12,1 | 11 | 12,5 |
| 65 | 10,5 | 12,5 | 10,7 | 12,3 |
| 70 | 12 | 12,5 | 12 | 12,1 |
| 75 | 16,3 | 15,1 | 15 | 14,6 |
| 80 | 22 | 19,5 | 19,4 | 18,5 |
| 85 | 28,7 | 24,8 | 25,8 | 24,6 |
| 90 | 37,2 | 32,7 | 33 | 31 |
| 95 | 48,7 | 42,7 | 43,2 | 39,8 |
| 300 | 59,3 | 54 | 54,1 | 50,1 |
| 305 | 72 | 64,5 | 64,2 | 59,4 |
| 10 | 85,2 | 78,6 | 78,5 | 71,3 |
| 12 | 88,1 | 82,5 | 83 | 76,7 |
| 14 | 89,4 | 86,2 | 86,5 | 81,5 |
| 16 | 91,2 | 88,8 | 89 | 85,7 |
| 18 | 93,1 | 90,3 | 90,5 | 87,5 |
| 20 | 96 | 91,6 | 92 | 88,8 |
| 22 | 98,5 | 94,2 | 94,4 | 90,4 |
| 24 | 99,9 | 97 | 97,4 | 93,2 |
| 25 | 100 | - | - | - |
| 26 | 99,5 | 98,9 | 99,5 | 96,2 |
| 28 | 97,4 | 100 | 100 | 98,5 |
| 30 | 93,7 | 99 | 99,4 | 100 |
| 32 | 89,4 | 96,2 | 96,6 | 99 |
| 34 | 85,5 | 93,3 | 92,5 | 96 |
| 36 | 81,2 | 89,2 | 89 | 92,6 |
| 38 | 76,5 | 85,3 | 84,6 | 88,5 |
| 40 | 71,8 | 80,9 | 80,6 | 84,8 |
| 45 | 56,8 | 66,4 | 68,5 | 73,1 |
| 50 | 43,3 | 53,4 | 53,5 | 61,3 |
| 55 | 32,5 | 41,2 | 40,6 | 48,1 |
| 60 | 22,5 | 30,3 | 30,4 | 35,3 |
| 65 | 13 | 18,8 | 20,5 | 25,5 |
| 70 | 6,5 | 10,2 | 11,6 | 17 |
| 80 | 2,05 | 3 | 3,5 | 4,2 |
| 90 | 0.8 | 1,2 | 1,4 | 1,25 |
| | $E^{1\%}_{1cm}$ max. 325 mμ = 1850 | $E^{1\%}_{1cm}$ max. 328 mμ = 1760 | $E^{1\%}_{1cm}$ max. 328 mμ = 1720 | $E^{1\%}_{1cm}$ max. 330 mμ = 1650 |

Dans l'une de nos expériences, 80$^g$ d'un distillat moléculaire (25 % d'axérophtol total, dont 31 % de *cis*, soit 6$^g$,2 calculés) ont conduit à 2$^g$,66 de cristaux d'axérophtol *cis* à 96-98 % de pureté (rendement 41-42 % calculé sur la matière première), plus une liqueur mère (3$^g$,18) à 60 %, susceptible d'une nouvelle cristallisation après concentration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude radiochromatographique des étapes de l'iodurațion de l'histidine et de la tyrosine*. Note de MM. **Jean Roche**, **Serge Lissitzky**, M$^{lle}$ **Odette Michel** et M. **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

La cinétique de l'iodùration de l'histidine et de la tyrosine a conduit Li [1] à admettre que, lors de la formation des dérivés diiodés de ces acides aminés

(1) C. H. Li, *J. Amer. chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1147; *Ibid.*, 66, 1944, p. 225.

($RH_2 + 2I_2 = RI_2 + 2HI$), « le second atome d'iode réagit instantanément dès que le premier s'est fixé au cycle » (*loc. cit.*, p. 1151). Or, deux d'entre nous et Lafon ([2]) ont établi que les protéines iodées renferment de la mono- et de la diiodotyrosine, en proportions diverses, selon les quantités d'iode ayant réagi avec elles. Aussi y avait-il lieu de préciser le comportement de l'histidine et de la tyrosine libres dans les mêmes conditions, l'interprétation de Li ne paraissant pas applicable à toutes celles-ci. Nous avons étudié pour cela l'halogénation des deux acides aminés par l'iode marqué ($I^{127}$ + traces d'$I^{131}$) et soumis les produits obtenus à l'analyse radiochromatographique ([3]).

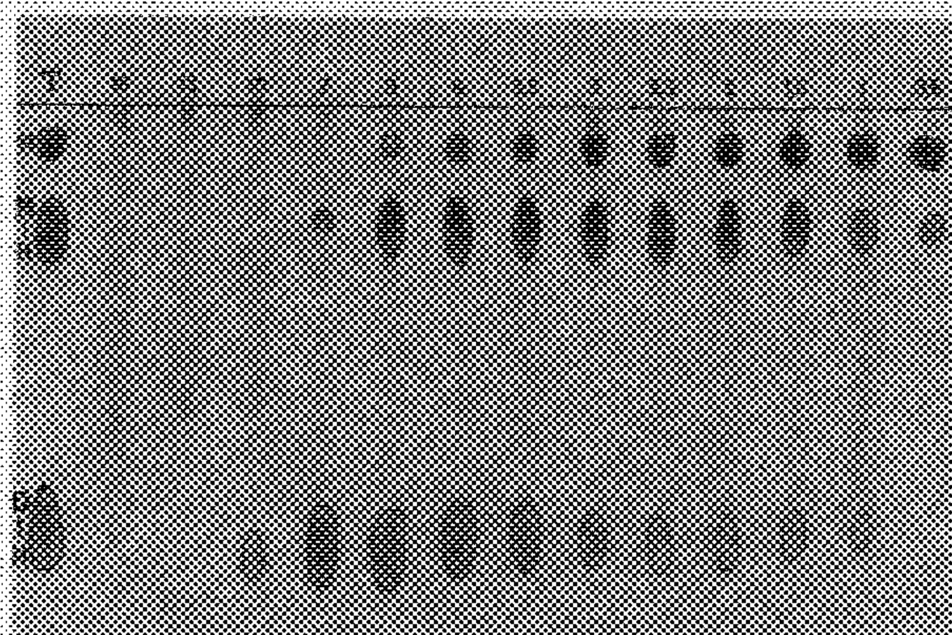


Fig. 1. — Chromatogrammes des produits de l'action de quantités diverses d'iode sur l'histidine dans les conditions décrites ci-dessus.

(T = chromatogramme témoin sur lequel les lettres : H, MIH et DIH, désignent respectivement l'acide aminé et ses dérivés mono et dihalogéné. Les chiffres figurant en tête de chaque chromatogramme correspondent au nombre d'atomes d'iode mis en œuvre par molécule d'histidine).

Des prises d'essai de $1^{cm^3}$ de solution 0,01 M d'histidine ou de tyrosine dans l'ammoniaque concentrée sont additionnées de quantités croissantes d'iode marqué (de 0,43 à 15 atomes I par molécule d'acide aminé) dissous dans l'éther (radioactivité = $8.10^6$ impulsions par min. et par $cm^3$) ([4]). Après avoir complété à $7^{cm^3},5$ le volume de la phase éthérée, on mélange par agitation, on laisse reposer 30 minutes à 20° et l'on sépare la phase aqueuse. Une microgoutte calibrée de celle-ci ($8^{\mu},1$) est prélevée dans chaque essai et soumise à la chromatographie sur papier Whatmann n° 1, en même temps qu'une goutte de solution témoin renfermant l'acide aminé et ses dérivés mono- et diiodé purs. Les chromatogrammes sont développés en 24 heures par un mélange de *n*-butanol (78 parties), d'acide acétique (5 parties) et d'eau (17 parties) et

---

([2]) J. Roche, R. Michel et M. Lafon, *Biochem. biophys. Act.*, 1, 1947, p. 45.

([3]) J. Roche, M. Jutisz, S. Lissitzky et R. Michel, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 723.

([4]) J. C. Clayton, A. A. Free, J. E. Page, G. F. Somers et E. A. Woollett, *Biochem. J.* 46, 1950, p. 598.

les acides aminés révélés par une solution butanolique de ninhydrine à 0,2 %. Les résultats obtenus dans le cas de l'histidine sont reproduits à titre d'exemple sur la figure 1.

La radioactivité des chromatogrammes est mesurée au compteur de Geiger-Müller sur des sections de $1^{cm}$ de hauteur et sa répartition entre les diverses taches est ainsi déterminée ([5]). Connaissant la radioactivité et les quantités des produits employés, on calcule à partir des résultats obtenus les quantités d'iode fixées dans les dérivés mono- et dihalogéné, reportées sur les courbes de la figure 2.

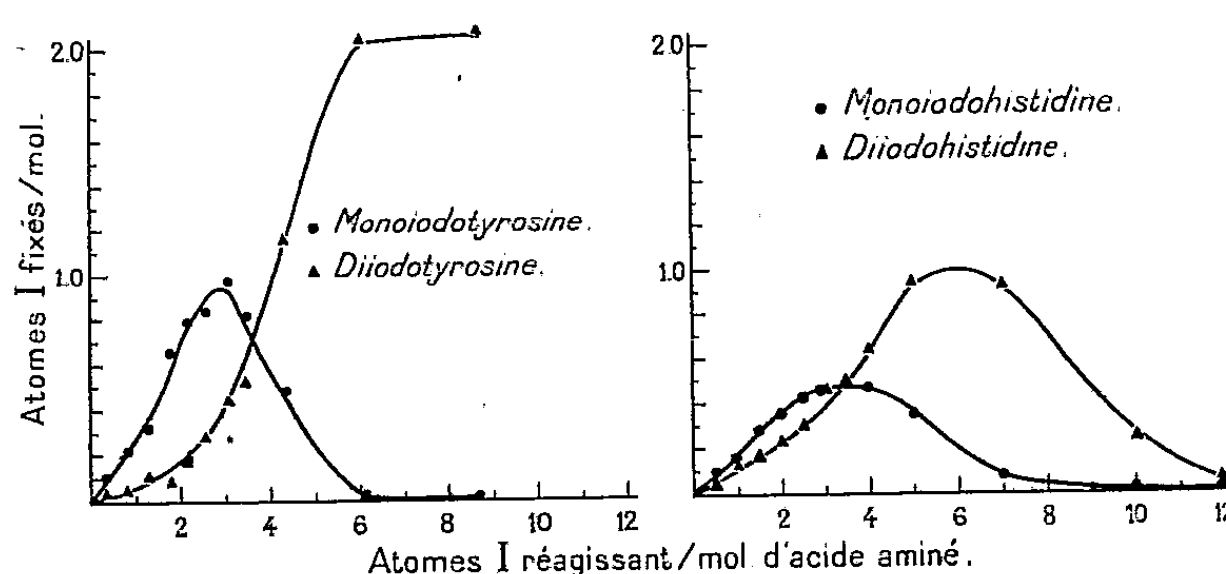



Fig. 2. — Quantités d'iode fixées par l'histidine et la tyrosine à l'état de dérivés mono et diiodé, en fonction du nombre d'atomes d'I réagissant avec une molécule de l'acide aminé.

Abscisses : Nombre d'atomes I réagissant avec une molécule d'histidine ou de tyrosine.
Ordonnées : Nombre d'atomes d'I fixés dans les dérivés mono et disubstitué formés.

La formation des dérivés mono- et diiodé de l'histidine et de la tyrosine présente des particularités propres à chacune de celles-ci. L'halogénation de la tyrosine évolue à peu près identiquement, que l'acide aminé soit libre ou en combinaison protéique ([2]). Le dérivé mono substitué prédomine lorsqu'une molécule de l'acide aminé réagit avec au plus 3 atomes I et la diiodotyrosine est seule présente à partir de 6 atomes I; la totalité de l'acide aminé est alors 3,5 di-substituée. Les quantités d'iode fixées par l'histidine sont beaucoup moindres, mais on observe également la formation des dérivés mono- et di-substitué, le premier surtout lors de la mise en œuvre de moins de 4 atomes I, le second entre celle de 5 à 7 atomes I. Un excès d'halogène provoque la rupture du cycle imadozlique (*fig.* 1 et 2).

*Conclusion.* — Dans les conditions où nous nous sommes placés, la formation de monoiodotyrosine et de monoiodohistidine ne présente pas nécessairement

([5]) L'élution des taches de mono- et de diiodohistidine et de mono- et de diiodotyrosine marquées à partir des chromatogrammes nous a permis de préparer de petites quantités de ces corps radioactifs à l'état pur.

le caractère transitoire qui lui a été attribué dans d'autres (1). Elle constitue, au même titre que celle des dérivés dihalogénés, une étape indépendante de l'ioduration directe des deux acides aminés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les acides aminés libres et les substances fluorescentes du sang, et des tubes de Malpighi, de la Chenille de* Bombyx mori L., *atteinte de la maladie à polyèdres et de la flacherie.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, MM. **René-Guy Busnel** et **Constantin Vago**, présentée par M. Paul Portier.

La connaissance des acides aminés libres dans les tubes de Malpighi et le sang de la larve *Bombyx mori* au quatrième âge (1), ainsi que la présence de substances fluorescentes (ptérines, flavine) paraît avoir un intérêt tout particulier chez les animaux atteints de la maladie à polyèdres (grasserie) ou de flacherie (2).

Nous avons entrepris cette étude par la méthode de la chromatographie de partage à une ou deux dimensions, en utilisant de nombreux solvants pour parvenir à discriminer le plus grand nombre de ces substances.

Dans le cas de la grasserie, les virus provoquent une véritable lyse des tissus, et le nombre des acides aminés devient aussi important que lors d'une hydrolyse des matières protéiques. Cette abondance des acides aminés, dont plusieurs de la série basique, se fait ressentir aussi dans les contenus malpighiens, alors qu'on n'en rencontre jamais chez les insectes normaux. Une particulière abondance du tryptophane, toujours absent à ce stade chez les individus sains, est à signaler.

Les substances fluorescentes sont aussi plus nombreuses : outre l'acide ptéroylglutamique, la fluorescyanine extrêmement abondante, et la flavine, on trouve des traces de leucoptérine, des flavones et une substance à fluorescence jaune non ptérinique, se chromatographiant d'une manière constante dans le phénol avec un rf. 0,20.

Nous avons également pratiqué des extraits sur les polyèdres obtenus après de nombreux lavages et centrifugations en opérant sur une quantité importante de substrat; nous avons ainsi pu mettre en évidence le tryptophane, visible en fluorescence ou révélé par le réactif d'Erlich, ou la ninhydrine. Ce seul acide aminé n'est accompagné d'aucune autre substance fluorescente présentée habituellement dans le sang.

Dans le cas de la flacherie, les acides aminés du sang et des tubes de Malpighi sont, au contraire de la grasserie, peu abondants et peu nombreux ; il

(1) A. Drilhon et R.-G. Busnel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 182.

(2) La flacherie comporterait plusieurs origines pathologiques restant encore à préciser : C. Vago, recherches inédites.

faut une concentration initiale cinq fois plus grande que chez les animaux normaux pour déceler la présence de quatre acides aminés dans le sang; ces mêmes acides se retrouvent dans les contenus malpighiens, ce sont : l'acide glutamique, le glycocolle, l'alanine et la valine.

Mais le fait important réside dans la presque totale disparition des autres acides aminés libres, des ptérines et de la flavine. Ces résultats sont mis en évidence dans ce tableau ci-dessous.

| Nature des acides aminés et des substances fluorescentes. | Sang. | | Tubes de Malpighi. | |
|---|---|---|---|---|
| | Grasserie. | Flacherie. | Grasserie. | Flacherie. |
| Cystine | + | — | — | + |
| Acide glutamique | +++ | + | +++ | —+ |
| Glycocolle | +++ | + | +++ | + |
| Sérine | + | — | + | — |
| Alanine | ++ | + | ++ | —+ |
| Hydroxyproline | + | — | — | — |
| Tyrosine | + | — | + | — |
| Valine | + | + | + | —+ |
| Tryptophane | + | — | + | — |
| Leucine et Isoleucine | + | — | + | — |
| Proline | + | — | — | — |
| Histidine | + | — | — | — |
| Leucoptérine | —+ | — | — | — |
| Substance jaune X | +++ | — | ++ | — |
| Acide folique | +++ | —+ | +++ | —+ |
| Flavones | ++ | — | ++ | — |
| Fluorescyanine | ++ | + | ++ | + |
| Flavine | + | — | +++ | + |

Il y a donc une opposition totale dans les conséquences biochimiques de ces deux états pathologiques : grasserie et flacherie.

Cependant si nos résultats ne nous permettent pas de confirmer l'une des hypothèses de Bergold (³) sur l'origine des polyèdres, ils caractérisent spécifiquement un aspect typique de la flacherie.

La séance est levée à 16h5m.

R. C.

---

(³) *Zeits. f. Naturförsch.*, 2, 1947, p. 122-143.

## *ERRATA.*

*La Note de M. Jean Thibaud, publiée dans le* Compte rendu *de la séance du* 18 *décembre, n'est pas la reproduction exacte de la Note originale envoyée par lui : elle renferme, en effet, des transformations modifiant sa teneur scientifique, ajoutées par l'auteur lors de la correction des épreuves, après la séance du* 18 *décembre.*

*Voici le texte original déposé le* 18 *décembre et non remanié :*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le rayonnement anormal accompagnant les désintégrations* β. Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai signalé en 1946 et 1947 que parmi toutes les traces que l'on peut enregistrer photographiquement dans un spectrographe à champ magnétique inhomogène, certaines d'entre elles ne paraissent pas pouvoir être interprétées par l'action des seuls électrons du spectre β.

Il s'agit là d'effets ionisants très faibles, donc sujets à de nombreuses causes d'erreurs et qui nécessitent de multiples et longues expériences : néanmoins après une étude complète de toutes les concentrations spatiales (enveloppes de trajectoires) que peuvent présenter les rayons β dans le champ (1), il est possible de séparer dans le spectrographe ce qui doit être imputé à l'effet des β normaux (ou des radiations secondaires des rayons γ ou du bremsstrahlung) et ce qui serait dû à d'autres porteurs d'énergie.

Je suis en mesure de confirmer mes conclusions antérieures, à savoir que ces effets anormaux sont imputables à des particules réagissant au champ magnétique comme des charges négatives, d'une pénétration dans la matière comparable à celle des électrons du spectre β, et qui laissent des traces photographiques dont l'intensité est de $10^{-4}$ à $10^{-5}$ celle que pourrait fournir le spectre β. De plus mes expériences plus récentes permettent d'ajouter que le moment cinétique de ces particules est nettement *supérieur* à celui des particules du spectre β correspondant. Voici les faits qui supportent cette conclusion.

---

(1) J. Thibaud, *Revue Scientifique*, 8, 1948, p. 455-463; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 739 et 914, et J. Lafoucrière, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1950, et *Ann. Phys.* (à paraître).

1. Dans le spectrographe à champ magnétique faiblement inhomogène, (trochoïdes de petit rayon) la raie classique (²) est fréquemment accompagnée, avec les préparations à émission β intense et les poses longues, de satellites correspondant sans aucun doute possible à des particules chargées de moment supérieur à celui que présente la limite spectrale β de l'émetteur utilisé. On trouve ainsi des produits Hρ allant de 12 000 à 25 000 Oe/cm pour le RaC, le RaE (préparé dans notre laboratoire) et pour le $P^{32}$ (produit à l'Établissement Atomique de Harwell). De même, des films disposés équatorialement (³) montrent des traces faibles, mais sûres, qui corroborent l'existence de porteurs de moment exceptionnel.

2. Dans mes publications antérieures j'ai décrit des concentrations corpusculaires en forme de V, des traces saggitales (⁴) (et je proposais de les attribuer à des particules ultra-légères chargées). Il est possible que ces aspects anormaux soient dus, comme je le signalais plus récemment (⁵), à ces mêmes porteurs de moment Hρ exceptionnellement élevé, dont les trajectoires se trouveraient focalisées dans certaines zones du plan équatorial ainsi que l'indique la théorie (⁶). Des expériences tendant à déterminer le moment des particules chargées, cause éventuelle de ces traces saggitales [sensibles au champ électrostatique (⁷)], donnent des valeurs de Hρ comprises entre 15 et $20.10^3$, du même ordre que celles obtenues avec le dispositif du paragraphe 1.

3. Toutefois il est important de mentionner que les conditions d'apparition de ces traces anormales paraissent singulières et même capricieuses. Toujours faibles, elles peuvent cependant présenter un renforcement, encore inexpliqué, dans leur intensité, en liaison avec la nature du champ magnétique utilisé (ce qui m'avait conduit, antérieurement, à attribuer un moment magnétique aux particules responsables de ces traces).

La question se pose aussi de savoir si ces particules sont primaires ou dues à la désintégration d'une particule intermédiaire. Certaines expériences me laisseraient penser, d'autre part, que ces particules peuvent présenter une durée de vie limitée, assez courte (de $10^{-9}$ à $10^{-10}$ sec.).

4. On doit rappeler ici une controverse (⁸) ancienne au sujet de l'existence d'électrons d'énergie très élevée dépassant la limite ordinairement admise pour

(²) J. Thibaud, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 781; *Nuovo Cimento*, 5, 1938, p. 315.

(³) *Revue Scientifique, loc. cit.*, p. 460.

(⁴) Ces traces sagittales se voient sur les clichés p. 458 de *Revue Scientifique, loc. cit.*, ainsi que dans *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 739 (*fig.* 1, 2, 4 et 5) et p. 914 (*fig.* 5 et 6).

(⁵) *Revue Scientifique, loc. cit.*, p. 460.

(⁶) R. Wallauschek, *Ann. der Phys.*, 117, 1941, p. 565; K. Siegbahn, *Ark. f. Mat. o. Fys.*, 30 A, n° 20, 1944; J. Lafoucrière, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1950.

(⁷) *Comptes rendus*, 224, p. 914 (*fig.* 5).

(⁸) E. Rutherford, J. Chadwick et C. D. Ellis, *Radiations of Radioactive Substances*, Cambridge, 1930, p. 381.

les spectres β. De faibles bandes β, de moment très grand, ont été signalées une fois ([9]) par la méthode de déviation directe, sans avoir pu être confirmée par d'autres auteurs ni par la méthode de focalisation, de sorte que leur réalité est ordinairement mise en doute. Il se pourrait que ces bandes hypothétiques soient à rapprocher des traces produites, dans mes expériences, par les porteurs de moment élevé. En tout cas la focalisation paraît possible (résultats du paragraphe 2) à condition d'opérer dans les conditions favorables (§ 3) : la reproductibilité du phénomène est sous la dépendance de champs magnétiques déterminés sur lesquels je reviendrai.

(*Comptes rendus* du 18 décembre 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *André Gougenheim,* Un nouveau mode d'accès à la trigonométrie sphérique :

Page 1417, 4e ligne, *au lieu de*

$$(\pi/2 - a) + iB = (\pi/2 - c + i[b]),$$

*lire*

$$[\pi/2 - a] + iB = [\pi/2 - c + i[b]].$$

Page 1417, 13e ligne, *au lieu de*

$$ia = \left[\pi - C + i\left(\frac{\pi}{2} - b\right)\right] - \left[B + i\left(\frac{\pi}{2} - c\right)\right],$$

*lire*

$$ia = \left[\pi - C + i\left[\frac{\pi}{2} - b\right]\right] - \left[B + i\left[\frac{\pi}{2} - c\right]\right].$$

([9]) YOVANOVITCH et J. D'ESPINE, *J. Phys.*, 8, 1927, p. 276.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Expressions sommatoires de séries appartenant à la classe de* $\zeta(s)$. Note de M. **ARNAUD DENJOY**.

Si le terme général d'une série est une fonction indéfiniment dérivable de son rang, on peut exprimer la somme de la série linéairement avec les différences finies des primitives ascendantes, accrues d'une intégrale multiple dépendant d'une dérivée d'ordre croissant. En application, une famille de fonctions comprenant celle de Riemann $\zeta(s)$ s'expriment en série de fonctions méromorphes n'ayant que le pôle $s=1$.

Soient : $x$ un nombre réel variable, $h$ un nombre indépendant de $x$, $p$ un entier positif, $g(x)$ une fonction définie dans un intervalle contenant $x$ et $x+ph$, $g^{-1}(x)$ une intégrale indéfinie de $g(x)$, $C_p^k$ les coefficients binomiaux. Rappelons les notations et identités

$$D_p[g(x),\, h]=\sum_{k=0}^{k=p}(-1)^k C_p^k g(x+\overline{p-k}\,h),$$

$$D_{p+q}[g(x),\, h]=D_p\big[D_q[g(x),\, h],\, h\big],\qquad \int_a^b D_p[g(x),\, h]\,dx=\big[D_p[g^{-1}(x),\, h]\big]_a^b.$$

$D_p[g(x),\, h]$ est indépendant de l'addition à $g(x)$ d'un polynome en $x$ de degré $p-1$ au plus.

1. Soit $f(x)$ une fonction qui, si $h$ est positif, est définie dans un champ $x>a$, possède des dérivées jusqu'à l'ordre $p$ tout au moins. $m$ étant un entier quelconque, soit $f^m(x)$ une fonction ayant pour dérivée $f^{m+1}(x)$, avec $f^0(x)=f(x)$; $f^m$ est déterminé pour $m\geqq 0$ (et $m\leqq p$); $D_{-m}[f^m(x),\, h]$ l'est pour $m<0$.

$p$ étant positif (en ce cas nous écrivons donc $f^p$ pour $f^{(p)}$), considérons

l'intégrale

$$(1)\quad A_p[f(x), h] = \int_0^h \int_0^h \dots \int_0^h (h - t_1)\dots(h - t_p) f^p(x + t_1 + \dots + t_p)\, dt_1 \dots dt_p.$$

Nous posons $A_0[f(x), h] = f(x)$ et, pour $p \geqq 0$, nous trouvons

$$A_{p+1}[f(x), h] = \int_0^h (h - t_{p+1}) A_p[f'(x + t_{p+1}), h]\, dt_{p+1}$$
$$= -h\, A_p[f(x), h] + D_1\big[A_p[f^{-1}(x), h], h\big].$$

$$(2)\qquad f(x) = \sum_{k=1}^{k=p} (-1)^{k-1} C_p^k h^{-k} D_k[f^{-k}(x), h] + (-1)^p h^{-p} A_p[f(x), h],$$

2. Appliquons maintenant cette formule à la sommation des séries. Soit $u(n)$ une fonction définie pour $n \geqq 1$, indéfiniment dérivable, $(-1)^p u^p(n)$ étant positif pour $p \geqq 0$. Supposons convergente la série $\sum u(n)$ et soit $u^{-1}(n)$ s'annulant pour $n$ infini. $D_{k-1}[u^{-k}(n), 1]$ tendra vers zéro quand $n$ croît. Nous écrivons maintenant $D_m[g(n)]$ pour $D_m[g(n), 1]$. Dès lors

$$(3)\qquad S = \sum u(n) = H_p(u) + (-1)^p B_p(u),$$

avec

$$(4)\qquad H_p(u) = \sum_{k=1}^{k=p} (-1)^k C_p^k\, D_{k-1}[u^{-k}(1)],$$

$$(5)\quad B_p(u) = \sum_{n \geqq 1} A_p[u(n), 1]$$
$$= \int_0^1 \int_0^1 \dots \int_0^1 (1 - t_1)\dots(1 - t_p) \sum_{n \geqq 1} u^{(p)}(n + t_1 + \dots + t_p)\, dt_1 \dots dt_p.$$

Si $B_p(u)$ tend vers zéro quand $p$ croît, l'égalité $S = \lim_{p\, \infty} H_p(u)$ donne une nouvelle expression développée de S. Si $u(n) = u(n, s)$ dépend d'une variable continue $s$, la série $\sum_n u^{(p)}(n + t_1 + \dots + t_p, s)$ peut converger dans un domaine des $s$ où $\sum u(n, s)$ diverge. L'expression (3) est alors une formule sommatoire utile de $\sum u(n)$.

3. Soit $\varphi(x)$ une fonction holomorphe sur le demi-axe réel positif ($x \geqq 0$) avec $\varphi(0) = 1$. Supposons l'existence, sur l'intervalle $(0, 1)$, du nombre $\alpha$ tel que $\lim_{x\, \infty} \varphi(x) e^{-\alpha x} = 0$; $s = \sigma + it$ étant réel ou complexe, soit

$$u(n, s) = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty x^{s-1} \varphi(x)\, e^{-nx}\, dx.$$

Pour $\sigma > 0$ l'intégrale converge à l'origine. Quand $\sigma < 0$, et généra-

lement ci-après dans tous les cas de non-sommabilité à l'origine d'une intégrale $\int_0^\infty x^{s-1}\psi(x)\,dx$, nous substituons à celle-ci $[1/(1-e^{2i\pi s})]\int_C z^{s-1}\psi(z)\,dz$. C'est un lacet allant de, et retournant à, $+\infty+i.0$, après un tour dans le sens rétrograde autour et au voisinage de l'origine, où $\psi(z)$ est supposé soit holomorphe, soit doué d'un pôle; $\psi(z)$ est holomorphe sur le demi-axe réel positif. Si $x^s\psi(x)$ tend vers zéro quand $x$ croît indéfiniment, et cela quel que soit $s$, l'intégrale, divisée par $\Gamma(s)$, est la dérivée, conventionnelle, ou ordinaire quand celle-ci existe, d'ordre $(-s)$ de $\psi(x)$ à l'origine. Ainsi $u(n, s)$ est la dérivée d'ordre $(-s)$ de $\varphi(x)e^{-nx}$ pour $x=0$; $(1-e^{2i\pi s})\Gamma(s)$ n'a pas d'autres zéros que les entiers positifs, Donc $u(n, s)$ est une fonction entière de $s$. Posons

$$Z(s)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{e^x-1}\varphi(x)\,dx.$$

$Z(s)$, égal à $\sum_n u(n, s)$ pour $\sigma>1$, est une fonction définie dans tout le plan. $(s-1)Z(s)$ est une fonction entière égale à $1$ pour $s=1$. Si $\varphi(x)\equiv 1$, $Z(s)$ est identique à la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.

Appliquons les formules (3), (4) et (5). Quel que soit $m$ entier,

$$u^m(n, s)=\frac{\Gamma(s+m)}{\Gamma(s)}u(n, s+m),$$

obligatoirement pour $m\geqq -1$, par un choix pour $m\leqq -2$. Si $m=p>0$, $u^p(n, s)=(-1)^p s(s+1)\ldots(s+p-1)\,u(n, s+p)$. Si

$$m=-k<0,\qquad u^{-k}(n, s)=\frac{(-1)^k u(n, s-k)}{(s-1)\ldots(s-k)};$$

$$(-1)^k D_{k-1}[u^{-k}(1, s)]=\frac{1}{(s-1)\ldots(s-k)}\sum_{m=0}^{m=k-1}(-1)^m C_{k-1}^m\,u(k-m, s-k)=J_k(s)$$
$$=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^\infty x^{s-k-1}\varphi(x)\,e^{-x}(e^{-x}-1)^{k-1}\,dx.$$

Le numérateur de $J_k(s)$ est une fonction entière de $s$, égale à la dérivée d'ordre $k-s$ de $\varphi(x)e^{-x}(e^{-x}-1)^{k-1}$ à l'origine. Ce numérateur est donc divisible par $(s-2)(s-3)\ldots(s-k)$ et sa valeur pour $s=1$ est $(-1)^{k-1}(k-1)!$ Ainsi $(s-1)J_k(s)$ est une fonction entière de $s$ égale à $(-1)^{k-1}$ pour $s=1$.

$$Z(s)=H_p(Z)-B'_p(Z),$$

avec

$$H_p(Z)=\sum_{k=1}^{k=p}C_p^k J_k(s)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{e^x-1}\varphi(x)\left[1-\left(1-\frac{1-e^{-x}}{x}\right)^p\right]dx$$

et

$$B'_p(Z)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{e^x-1}\varphi(x)\left(1-\frac{1-e^{-x}}{x}\right)^p dx.$$

L'intégrale $B'_p(Z)$ converge pour $p+\sigma>1$; $B'_p(Z)$ tendant vers zéro quand $p$ croît, uniformément pour $\sigma>-c$ quel que soit $c$ réel, dans les mêmes conditions $Z(s)=\lim_{p\infty} H_p(Z)$. Et $(s-1)H_p(Z)$ est une fonction entière égale à 1 pour $s=1$.

En particulier

$$\zeta(s)=\lim_{p\infty}\sum_{k=1}^{k=p} C_p^k \frac{k^{k-s}-C_{k-1}^1(k-1)^{k-s}+\ldots+(-1)^m C_{k-1}^m(k-m)^{k-s}+\ldots+(-1)^{k-1}}{(s-1)(s-2)\ldots(s-k)}$$

et $B'_p(\zeta)=\zeta(s)-H_p(\zeta)$ est en module sensiblement $[1/|\Gamma(s)|]e^{-\sqrt{p}}p^{\sigma-(1/4)}\sqrt{\pi}e^{-\sigma+1}$, quand $p$ croît. D'autre part

$$B'(\zeta)=s(s+1)\ldots(s+p-1)\int_0^1\cdots\int_0^1\sum_{n\geq 1}(n+t_1+\ldots+t_p)^{-p-s}\,dt_1\ldots dt_p.$$

Cette dernière intégrale est ainsi obtenue dans sa partie principale.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *L'adhérence des lames monomoléculaires à leur support.* Note (*) de M. **Henri Devaux**.

Lors de ma dernière Communication à l'Académie des Sciences, j'ai donné une démonstration expérimentale de l'adhérence extrêmement marquée des lames monomoléculaires à leur support. Des vapeurs d'acide acétique ou d'acide formique sont instantanément fixées et *perdent leur volatilité*. Un gaz, l'acide carbonique lui-même, sans perdre complètement sa volatilité, est cependant capté et retenu par le mercure ([1]). J'avais déjà démontré que les vapeurs de camphre sont aussi énergiquement fixées ([2]).

D'autre part, j'ai démontré antérieurement que des sels très solubles, tels que le sulfate de cuivre, le sulfate de zinc, etc. deviennent *insolubles* à l'état de lames monomoléculaires ([3]). Il en est de même de substances organiques telles que l'albumine. Venant même de la profondeur d'une solution très diluée, l'albumine vient se condenser à la surface en perdant tout vestige de solubilité ([4]).

Cette *disparition de l'expansibilité moléculaire*, soit à l'état de vapeurs ou de gaz, soit à l'état de substances dissoutes, est tout à fait spéciale à la couche de molécules qui est au contact avec le mercure. Elle est complètement absente pour la deuxième couche et les suivantes.

---

(*) Séance du 22 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1122.

([2]) *Bull. Soc. Fr. Phys.*, 290, 1930, p. 52 S.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1649.

([4]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 109.

L'adhérence n'existe même que pour un côté des molécules comme l'a démontré l'obtention, prévue puis réalisée, de lames monomoléculaires mouillables d'un seul côté ([5]). Elle est donc certainement due à l'attraction directe du liquide support sur des pôles particuliers appartenant non pas à la molécule entière, mais à ceux de ses atomes qui sont les plus attirés.

On peut se demander, dès lors, si les lames monomoléculaires obtenues sur l'eau ou sur le mercure avec de très nombreuses substances sont bien constituées par ces substances elles-mêmes, c'est-à-dire si la condensation ne serait pas accompagnée d'une véritable association chimique?

Mais, d'autre part, la surface théorique occupée par chaque molécule de ces lames se retrouve expérimentalement quand on étudie la surface qu'elles occupent à l'état jointif. La dimension moléculaire n'a donc pas changé, dans le sens tangentiel. Il est dès lors bien difficile d'admettre que, dans ce sens au moins, l'identité des molécules n'ait pas été respectée.

En réalité, les lames monomoléculaires représentent des agrégats hétérogènes dans le sens vertical à cause de leur union avec le support. Mais, en direction tangentielle et dans le haut, leur identité ne peut être mise en doute lorsque, du moins, elles sont jointives, c'est-à-dire privées d'une couronne équatoriale de molécules d'eau ([6]).

Et cet état jointif lui-même n'est pas indispensable pour qu'il y ait adhérence dans le sens vertical? On sait, en effet, qu'une vapeur ou un gaz peuvent se fixer même à l'état très dilué sur l'eau ou sur le mercure et qu'ils engendrent alors une lame monomoléculaire *discontinue*, analogue à un gaz ([7]), mais il suffit de rétrécir cette lame pour obtenir l'état jointif.

C'est ainsi que j'ai constaté que les molécules d'acide oléique peuvent se repousser mutuellement jusqu'à 15 diamètres moléculaires et donnent cependant une lame monomoléculaire jointive normale quand on les rétrécit suffisamment. Elles étaient donc certainement adhérentes même lorsqu'elles étaient à une distance notable les unes des autres et rien ne porte à penser que leur adhérence individuelle soit moindre que lorsqu'elles étaient en contact.

C'est en somme ce que démontre directement la fixation puissante, par l'eau ou le mercure, des gaz et des vapeurs, même dilués, très semblable à l'adsorption sur le charbon ou celle des matières colorantes sur les fibres textiles, même lorsque les substances fixées sont en état de dilution extrême. De sorte que l'adhérence des lames monomoléculaires ne serait au fond qu'un phénomène d'adsorption s'établissant sur des surfaces bien définies.

La *mouillabilité* est aussi un phénomène d'adhérence, mais qui s'exerce entre une surface solide ou même liquide, telle que le mercure ou l'huile, et un

---

([5]) *Bull. Soc. Phys.*, 182, 1923, p. 184 S.
([6]) *Mémoire Acad. Sc.*, 66, 1942.
([7]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 91.

liquide tel que l'eau pure. C'est une adhérence interfaciale et l'expérience a démontré qu'une couche monomoléculaire d'huile suffit pour l'altérer profondément, même lorsque les molécules d'huile sont à distance les unes des autres ([5]).

Mais une des manifestations les plus frappantes, peut-être de l'adhérence sur les surfaces solides, est donnée par les essais de *frottement*. Sur une surface de verre garnie d'une lame même discontinue de molécules d'huile ou de cire, le frottement d'une baguette de verre se réduit à un simple glissement ([8]). Il s'effectue donc sur la couche adhérente d'huile et non directement sur le verre et, pour vaincre cette adhérence, il faut exercer une pression de frottement qui se monte, d'après mes dernières expériences, à 10000 atmosphères.

Il résulte de tout ce que nous venons de dire qu'une fixation extrêmement énergique existe pour toutes les substances existant à l'état de lames monomoléculaires sur une surface quelconque. Or cette force d'adhérence se montant à des milliers d'atmosphères et étant localisée sur les pôles les plus attractifs des atomes et non pas sur la totalité de la molécule, se trouve neutralisée par le fait même de sa liaison avec les molécules du support. Elle existe non seulement pour les surfaces libres, mais aussi pour les régions interfaciales partout où il en existe ; agrégats inertes ou tissus des êtres vivants. L'eau, étant ainsi liée le long de ses surfaces, n'a plus ses affinités dissolvantes cristalligènes ou de vaporisation. Elle constitue *l'eau liée* dont on s'occupe de plus en plus en physicochimie et en physique biologique.

BOTANIQUE. — *Sur la prodigieuse rapidité de croissance du Baobab en Afrique centrale.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

Le Baobab (*Adansonia digitata* L.) fut observé vivant au Sénégal et décrit vers le milieu du XVIII[e] siècle par Michel Adanson et signalé comme un colosse du règne végétal atteignant une longévité considérable. L'espèce et quelques congénères ont été observés depuis en diverses régions tropicales semi-arides de l'Ancien Monde. L'espèce sénégalaise existe dans les zones de savanes d'une partie de l'Afrique tropicale, à l'Ouest et à l'Est de ce continent de part et d'autre de l'Équateur. Pourtant, elle manque aussi sur des régions très vastes. Nous avions constaté en 1902 qu'elle était totalement absente sur une grande partie de l'immense étendue des territoires des bassins de l'Oubangui et du Chari au Nord de la forêt dense. Lorsque nous créâmes en 1902 le jardin d'acclimatation de Fort-Sibut (Haut-Oubangui), nous semâmes dans ce jardin, en novembre 1902, quelques graines de Baobab que nous avions apportées du Sénégal.

([8]) Devaux, *Bull. Soc. Fr. Phys.*, 203, 1924, p. 845; Hardy, *Phil. Mag.*, 1919.

Nous venons de revoir l'emplacement des semis où deux exemplaires ont subsisté et en 48 ans ils sont devenus des géants en pleine vigueur, susceptibles de s'accroître encore considérablement, car ils sont sains, alors qu'au Sénégal ils sont souvent mutilés (enlèvement de l'écorce pour faire des cordages et cueillette des feuilles et de l'intérieur des fruits utilisés dans l'alimentation par les Africains). A Fort-Sibut les Noirs n'y touchent pas, car ils en ignorent les propriétés. L'un des exemplaires resté sur l'emplacement où il avait été semé, sur sol alluvionnaire au bord de la rivière Tomi, offre un tronc obèse d'environ 8$^{m}$ de circonférence à 1$^{m}$ au-dessus du sol. A 3 à 5$^{m}$ du pied se détachent quelques très fortes branches ayant chacune la taille d'un gros arbre; elles s'étalent dans tous les sens; toutes les branches secondaires, aussi très fortes, portent des ramules qui se dépouillent presque complètement de feuilles pendant la saison sèche. De ces rameaux pendent de gros fruits ovoïdes dont la maturité s'achève au début de la saison des pluies. Les graines que nous avons vues paraissent normales, cependant aucune n'a germé près de l'arbre. Ajoutons que du pied de l'arbre se détachent quelques fortes racines saillant au-dessus du sol et rayonnant tout autour, s'étendant jusqu'à 15 ou 20$^{m}$ du tronc. L'ensemble avec ses rameaux ne monte pas à plus de 15$^{m}$ de haut, de sorte que le port de l'arbre est grotesque.

Le second exemplaire qui a été planté près la maison des passagers, sur sol déjà fortement latéritisé, est un peu moins volumineux, mais le tronc mesure encore plus de 2$^{m}$ de diamètre; il est de port semblable; en janvier dernier il était aussi dépouillé de feuilles et chargé de fruits paraissant normaux. Ces deux arbres sont très sains et susceptibles encore d'un grand accroissement. Adanson pensait que les Baobabs du Sénégal étaient plusieurs fois millénaires. Cet âge est vraisemblablement exagéré, car, étant donné les mutilations qu'ils subissent, la plupart des gros Baobabs subsistant en Afrique occidentale sont devenus creux et semblent atteints de sénilité. Le bois très mou se détruit facilement par l'intérieur du tronc. C'est en réalité une plante charnue emmagasinant de fortes quantités d'eau à la saison des pluies et elle subsiste à la manière des grandes Euphorbes cactiformes arborescentes de l'Afrique tropicale, vivant en saison sèche sur la réserve d'eau emmagasinée pendant la saison humide. Végétal sans doute d'origine très ancienne, il montre que des climats arides ont existé dans l'Afrique tropicale dès les âges anciens. C'est par suite de sa croissance rapide dans le jeune âge sur des sols presque stériles une grande partie de l'année, que le Baobab a subsisté jusqu'à notre époque, mais il ne se propage plus guère que grâce à l'intervention de l'homme. Dans la zone soudanaise, il ne se maintient guère que dans les lieux habités ou qui furent cultivés autrefois. C'est grâce à sa protoculture qu'il s'est répandu en beaucoup de régions et s'il subsiste de nos jours, on le doit aux services qu'il rend à de nombreuses peuplades africaines.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la variabilité dans le genre* Rhizobium léguminosarum *Franck* (Bact. Radic.). Note de M. **Albert Demolon** et M^lle **Roza Rozowska**.

Un nombre considérable de travaux (¹) ont mis en évidence l'existence à l'intérieur du genre *Rhizobium* d'une très grande variabilité, mais il est difficile de coordonner et d'interpréter un ensemble d'observations effectuées dans des conditions non comparables. Nos recherches ont porté simultanément et parallèlement sur une série de légumineuses cultivées ou non des régions tempérées et tropicales. L'examen d'un grand nombre de souches nous a permis de préciser la notion de variabilité morphologique.

*Cultures de laboratoire* (²). — Sur milieu gélosé : colonies blanchâtres à bords nets, lenticulaires, opaques vers le centre, de consistance muqueuse, du type S exclusivement. Ces caractères constants facilitent l'isolement du *B. Radicicola* lorsqu'il est associé à d'autres germes du sol.

En strie sur gélose inclinée : surface blanchâtre, lisse et brillante avec formation d'un dépôt zoogléique au fond du tube laissé en position verticale.

Lorsqu'on suit le développement des cultures pures ($T = 24°$), on observe les phases suivantes :

*Cultures de 24 heures* (*fig.* 1). — Bacilles mobiles de 3 à 5$\mu$, souvent un peu incurvés et légèrement arrondis à leurs extrémités. Forte coloration uniforme par le violet de gentiane.

*Cultures de 48 heures* (*fig.* 2). — Mélange de bacilles à extrémités légèrement arrondies et de bacilles ovoïdes à coloration bipolaire.

*Cultures de 72 heures* (*fig.* 3). — Mélange de formes ovoïdes précédentes et de bacilles plus allongés présentant dans la longueur 2, 3, parfois 4 bandes claires.

Ce cycle évolutif (³) est caractéristique du *B. Radic.* quelle que soit son origine.

Par vieillissement on voit apparaître, notamment au contact direct de la gélose, des formes d'involution. Les bacilles ovoïdes se renflent avec vacuole centrale et mettent en liberté leurs corpuscules polaires (*fig.* 4).

Les bacilles à espaces clairs libèrent également leurs granulations. Ces cocci représentent la forme de conservation dans le sol, milieu normalement impropre à la multiplication du B. Radic., sauf dans la rhizosphère grâce à son association avec divers germes dont nous avons antérieurement signalé l'action favorable (*Azotobacter*, *B. Mégath*).

(¹) Analysés par Fred, Baldwin et McGoy, dans *Root Nodule Bactéria*, Madison, 1932.

(²) Nous avons utilisé le milieu de culture reconnu favorable, défini par nous antérieurement (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1015).

(³) Déjà décrit par Thornton et Gangulee (*Proc. Roy. Soc.*, B. **99**, 1926, p. 427).

Dans certains cas les cultures se fluidifient et disparaissent complètement, après quelques semaines, en l'absence de bactériophage, par voie d'autolyse enzymatique. Ce fait est corrélatif d'un faible pouvoir inoculant du germe.

VARIATIONS MORPHOLOGIQUES DU *Bacterium Radicicola*.

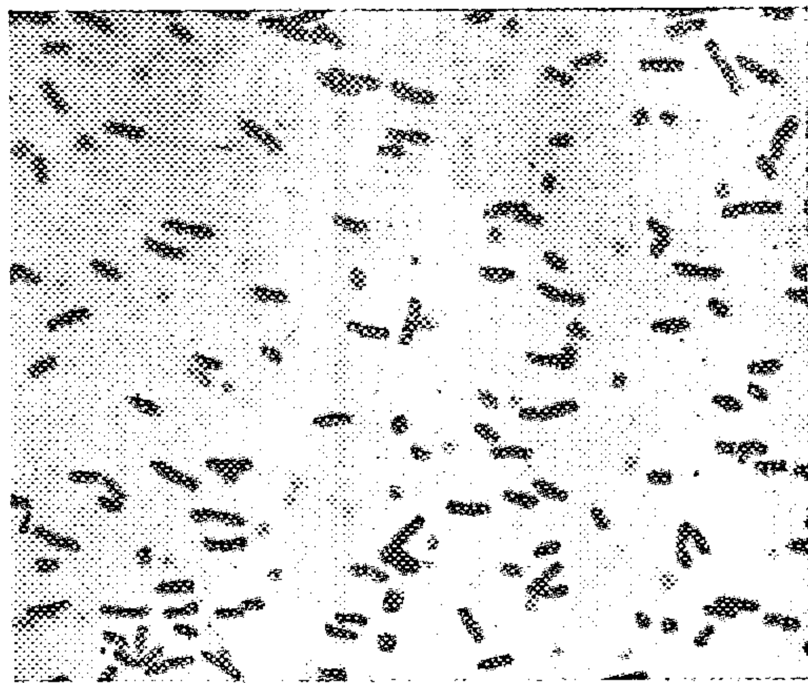


Fig. 1.

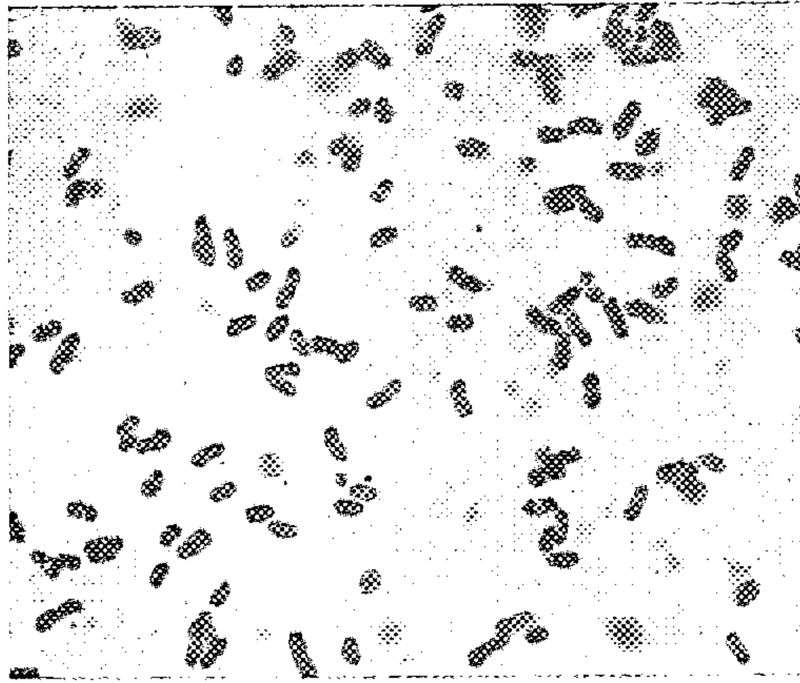


Fig. 2.

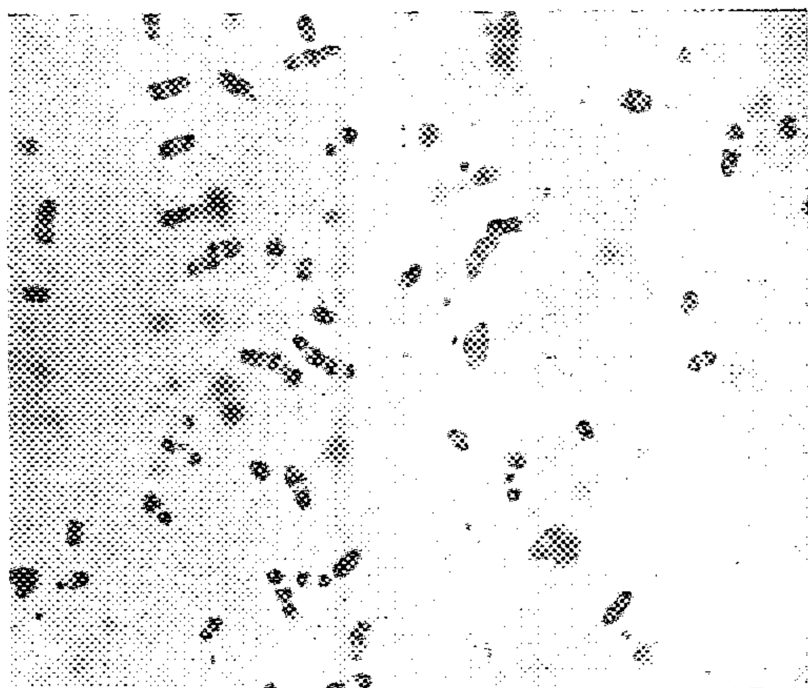


Fig. 3.

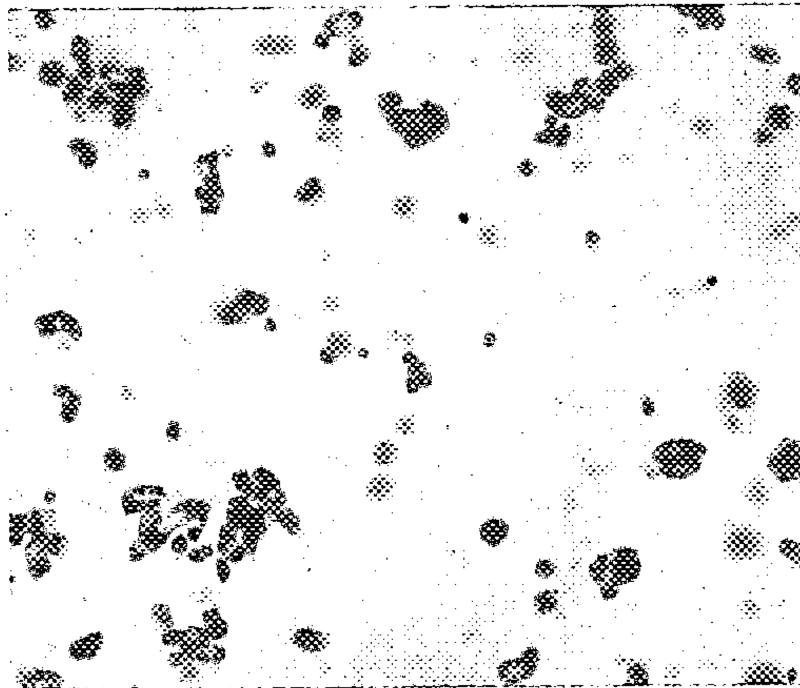


Fig. 4.

Si l'on effectue une culture monogerme à partir du suc de nodosité à l'aide du micro-manipulateur en gouttes pendantes, on n'obtient aucune culture, comme l'ont déjà observé Muller et Step en 1925; mais lorsqu'on introduit plusieurs individus, certains s'adaptent au milieu et si l'on procède alors à un prélèvement monogerme, on constate que le développement s'effectue dans certaines gouttelettes.

Dans le même ordre d'idées, on observe en milieu minéral non additionné d'extrait de levure un développement satisfaisant de la culture si la masse

ensemencée est suffisante, alors que l'ensemencement réalisé à partir d'une émulsion pauvre du germe se montre inefficace. L'incorporation au même milieu gélosé de l'excrétion gommeuse chauffée à 100° a confirmé le résultat précédent.

On peut expliquer ces faits par la présence dans l'excrétion gommeuse qui accompagne les cultures riches, à côté de polyosides et de composés azotés divers, de substances de croissance d'origine microbienne sur lesquelles nous reviendrons.

*Cas des nodosités.* — Au début de leur formation les nodosités renferment uniquement des formes bacillaires qui évoluent par la suite pour aboutir aux formes spécifiques stables présentes dans les nodosités des plantes normalement développées, auxquelles il convient de réserver le nom de *bactéroïdes*. Ici les variations morphologiques avec l'espèce végétale sont si considérables qu'on a pensé y trouver un critérium de différenciation d'espèces.

*Bactéroïdes du Trèfle.*

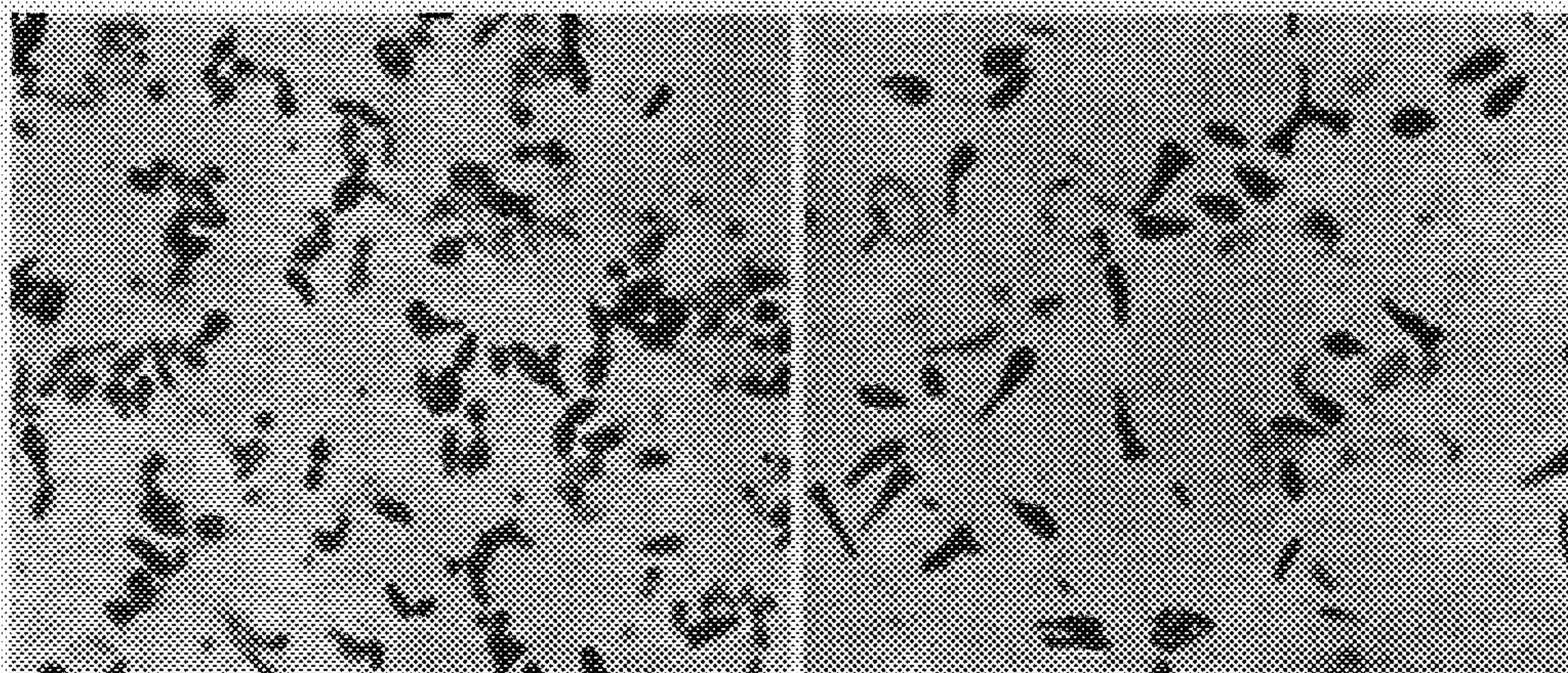


Fig. 5. En culture liquide.

Fig. 6. Dans les nodosités.

Comme d'autres auteurs, nous avons obtenu en milieu liquide, dans des conditions d'aération limitées, une proportion importante de formes assez analogues aux bactéroïdes (*fig.* 5), mais identiques pour les divers groupes de rhizobium. La modification du milieu, en particulier l'addition d'extraits de plantes ou de sucs de racines, ne nous a pas permis de reproduire fidèlement la transformation totale en bactéroïdes, avec l'aspect spécifique qu'on observe pour les frottis de nodosités des diverses légumineuses (*fig.* 6).

Il semble donc que les conditions réalisées dans la cellule végétale vivante sont à l'origine des particularités morphologiques propres aux bactéroïdes des diverses légumineuses.

Les bactéroïdes proprement dits, stables dans la cellule végétale, font retour au cycle normal d'évolution en milieu artificiel. D'autre part, à l'intérieur des formes évoluées des vieilles nodosités en voie de dépérissement sous l'influence de diverses causes, on note la présence de granulations fortement colorées, constituant des formes de conservation qui font retour au sol (4).

L'existence de groupes à l'intérieur desquels est possible l'inoculation croisée ne constitue pas un critérium d'espèces distinctes. Un germe déterminé peut, en effet, perdre son aptitude à la production de nodosités. Nous avons d'ailleurs noté fréquemment que ces groupes qui tendent de plus en plus à se subdiviser sont loin d'avoir une valeur taxonomique. C'est ainsi que dans un de nos terrains d'expérience, où lupin et serradelle (groupe V) étaient cultivés côte à côte, le premier seulement portait des nodosités. Même observation pour pois et lentilles (groupe III).

En définitive, les germes du genre Rhizobium constituent dans le sol une « population » présentant certains caractères morphologiques constants; les différences observées ne s'opposent pas à son unité du point de vue taxonomique; l'adaptation aux diverses espèces végétales et les conditions écologiques suffisent à expliquer l'existence de races qui elles-mêmes ne sont pas homogènes et manifestent de grandes variations physiologiques individuelles.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Commission nationale du livre français à l'étranger. *Rapport général et annexes*.

2° Université de Paris. Faculté de pharmacie. *Programmes d'études et renseignements scolaires*.

3° International Union of Geodesy and Geophysics. Association of terrestrial Magnetism and Electricity. *Transactions of Osla Meeting. August* 19-28, 1948. Edited by J. W. Joyce.

4° Union internationale des Sciences biologiques. Série B (Colloques), n° 6. *Genetic Neurology*. Paul Weiss, editor.

5° Otto Jirovec. *Parasitologie pro zvěrolékaře*.

6° *The gravitational Wave*, by A. J. K. Glazewski.

7° Academiæ scientiarum hungaricæ. *Acta mathematica*, tomus I, fasciculus 1. — *Acta technica*, tomus I, fasciculus 1.

---

(4) Kystes, d'E. Laurent, *Ann. Inst. Pasteur*, 1891, p. 29.

8° Société des mathématiciens et physiciens de la République populaire de Serbie : *Bulletin* (*Vesnik*), I, 1, 2, 3-4; II, 1-2.

Il signale également un fascicule polycopié : Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel. *Die Weltwirtschaft ende* 1950.

ALGÈBRE. — *Sur une condition nécessaire et suffisante pour qu'un semi-groupe soit un groupe.* Note de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit D un demi-groupe vérifiant l'axiome ($\alpha$) suivant :

($\alpha$) Pour tout $x \in D$, il y a un élément $x \in D$ tel que : $xx'x = x$.

Tout demi-groupe satisfaisant à l'axiome ($\alpha$) sera dit *inversif*. Il est immédiat qu'un groupe est un demi-groupe inversif, mais un demi-groupe inversif n'est pas nécessairement un groupe. Ainsi l'ensemble des éléments $a$, $b$ dont la loi de composition est donnée par le tableau suivant est un demi-groupe inversif sans être un groupe.

| | $a$ | $b$ |
|---|---|---|
| $a$ | $a$ | $b$ |
| $b$ | $b$ | $b$ |

Nous avons la proposition [1] suivante :

*La condition nécessaire et suffisante pour qu'un semi-groupe* S *soit un groupe est qu'il vérifie l'axiome* ($\alpha$).

Il est immédiat que la condition est nécessaire. Montrons qu'elle est aussi suffisante.

Nous avons par hypothèse :

$$xx'x = x(x'x) = (xx')x = x.$$

Ceci entraîne

$$xxx' = x(xx') = x,$$

car de

$$x(xx') \neq x$$

il suivrait

$$x(xx')x \neq xx, \qquad xx \neq xx,$$

ce qui est impossible. Nous avons, d'autre part,

$$xx' = x'x,$$

---

[1] Rappelons qu'un semi-groupe est un demi-groupe vérifiant la règle de simplification, et que tout semi-groupe fini est un groupe. Nous n'avons pas connaissance que la proposition ci-dessus relative à un semi-groupe quelconque ait été déjà énoncée.

car de

$$xx' \neq x'x$$

il suivrait

$$x(xx') \neq x(x'x), \qquad x \neq x,$$

ce qui est impossible. Posons

$$xx' = x'x = e_x.$$

Nous avons $xe_x = x$, et cela pour chaque $x \in S$. Soit $y$ un élément quelconque $\in S$, $y \neq x$. Il y a alors un $y'$ et un $e_y$ tels que

$$e_y = yy' = y'y, \qquad yy'y = ye_y = y.$$

Nous avons

$$e_x = e_y,$$

car de

$$e_x \neq e_y$$

il suivrait

$$xx' \neq yy', \qquad xxx' \neq xyy', \qquad x \neq xyy', \qquad xy \neq xyy'y, \qquad xy \neq xy,$$

ce qui est impossible. Des considérations précédentes, il résulte :

*a*. Il y a dans S un élément-unité à droite.

*b*. Pour tout $x \in S$, il y a un élément inverse à droite.

Par conséquent, le semi-groupe S vérifiant l'axiome ($\alpha$) est bien un groupe.

Nous allons montrer maintenant qu'un ensemble T satisfaisant à l'axiome ($\alpha$) n'est pas nécessairement un demi-groupe, et pour cela nous sommes amenés à considérer ces deux cas suivants :

*a*. Pour tout $x \in T$, il y a deux éléments $x'$ et $x''$ tels que : $x(x'x) = (xx'')x = x$, $x' =$ ou $\neq x''$. L'ensemble des éléments $a, b, c, d$, dont la loi de composition est donnée par le tableau suivant, vérifie cette propriété, mais ce n'est pas un demi-groupe.

| | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|
| $a$ | $a$ | $c$ | $b$ | $d$ |
| $b$ | $b$ | $d$ | $a$ | $c$ |
| $c$ | $c$ | $a$ | $d$ | $b$ |
| $d$ | $d$ | $b$ | $c$ | $a$ |

*b*. Pour tout $x \in T$, il y a un élément $x'$ tel que $x(x'x) = (xx')x = x$.

L'ensemble des éléments $a, b, c$, dont la loi de composition est donnée par le tableau suivant, vérifie cette propriété, mais ce n'est également pas un demi-groupe.

| | $a$ | $b$ | $c$ |
|---|---|---|---|
| $a$ | $a$ | $b$ | $a$ |
| $b$ | $b$ | $a$ | $b$ |
| $c$ | $b$ | $c$ | $c$ |

On voit facilement que les éléments $x$ et $x'$ d'un demi-groupe inversif D, pour lesquels on a $xx'x = x$, satisfont aux relations

$$(xx')^n = xx', \quad (x'x)^n = x'x, \quad x(x'x)^n = x \quad (n \text{ entier} > 0).$$

On a en particulier $x(x'xx')x = x$. Ceci entraîne la relation $x'xx' = x'$, si l'on renforce l'axiome ($\alpha$) en disant que pour tout $x \in \mathrm{D}$, il y a un élément et un seul $x' \in \mathrm{D}$, tel que $xx'x = \mathrm{D}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines fonctions de type exponentiel associées aux noyaux de Stieltjes.* Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Quelques propriétés de $f_\alpha(x) = \Sigma(-x)^n/(n!)^\alpha$; rapport avec des noyaux de Stieltjes précédemment étudiés par l'auteur (¹). Propriétés de fonctions associées.

Convenons $f_\alpha(x) = \sum_{n=0}^{\infty}(-x)^n/(n!)^\alpha$, en sorte que $f_0(x) = 1/(1+x)$; $f_1(x) = e^{-x}$; $f_2(x) = \mathrm{J}_0(2\sqrt{x})$.

En utilisant une formule générale due à Ramanujan (²), nous avons si $0 < c < 1$

$$(1) \qquad f_\alpha(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{\pi}{\sin \pi s}\,\frac{x^{-s}}{\Gamma^\alpha(1-s)}\,ds,$$

cette intégrale convergeant absolument pour tout $\mathcal{R}(\alpha) < 2$.

Si donc $0 < \mathcal{R}(\alpha) < 2$, la fonction est entière et $f_\alpha(x) \in \mathrm{L}_2(0, \infty)$, car $\int_0^\infty f_\alpha(x)x^{s-1}\,dx$ converge pour $0 < \mathcal{R}(s) < 1$.

Convenons maintenant

$$(2) \qquad h_\alpha(t) = \int_0^\infty \frac{f_\alpha(x)}{t+x}\,dx,$$

alors

$$(3) \qquad h_\alpha(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{\pi^2}{\sin^2 \pi s}\,\frac{t^{-s}}{\Gamma^\alpha(1-s)}\,ds$$

et cette dernière intégrale reste convergente pour $\mathcal{R}(\alpha) < 4$ et dans ce cas $h_\alpha(x) \in \mathrm{L}_2(0, \infty)$, tandis que (2) ne converge que si $\mathcal{R}(\alpha) < 2$.

---

(¹) P. Barrucand, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 748.

(²) G. H. Hardy, *Ramanujan*, Oxford, 1941, p. 186.

Les règles opératoires de la transformation de Mellin nous donnent :

(4) $$\int_0^\infty f_\alpha(tx)\, f_\alpha(x)\, dx = \omega_{2-\alpha}(t) \quad \text{si} \quad \mathcal{R}(\alpha) < 2,$$

(5) $$\int_0^\infty f_\alpha(tx)\, h_\alpha(x)\, dx = \omega_{3-\alpha}(t) \quad \text{si} \quad \mathcal{R}(\alpha) < 2,$$

(6) $$\int_0^\infty h_\alpha(tx)\, h_\alpha(x)\, dx = \omega_{4-\alpha}(t) \quad \text{si} \quad \mathcal{R}(\alpha) < 4.$$

Ces trois formules relient de façon très simple les fonctions $f_\alpha(x)$ et $h_\alpha(x)$ aux noyaux de Stieltjes (¹).

On a aussi

(7) $$\int_0^\infty f_\alpha(tx)\, f_\beta\left(\frac{1}{x}\right) \frac{dx}{x} = h_{\alpha+\beta}(t).$$

En particulier si $\alpha + \beta = 2$ comme $h_2(t) = 2\,\mathrm{K}_0(2\sqrt{t})$, on retrouve (en prenant $\alpha = 0$ et $\alpha = 1$) deux représentations classiques

$$2\,\mathrm{K}_0(2\sqrt{t}) = \int_0^\infty \frac{\mathrm{J}_0(2\sqrt{tx})}{1+x}\, dx = \int_0^\infty e^{-tx} e^{-\frac{1}{x}} \frac{dx}{x}$$

comme simples cas particuliers de (7).

On a aussi

$$h_1(t) = \int_0^\infty \frac{e^{-tx}}{1+x}\, dx = \int_0^\infty f_{\frac{1}{2}}(tx)\, f_{\frac{1}{2}}\left(\frac{1}{x}\right) \frac{dx}{x}.$$

De façon tout à fait élémentaire on obtient :

(8) $$\int_0^\infty e^{-tx} f_\alpha(x)\, dx = \frac{1}{t} f_{\alpha-1}\left(\frac{1}{t}\right),$$

(9) $$\int_0^\infty e^{-tx} h_\alpha(x)\, dx = \frac{1}{t} h_{\alpha-1}\left(\frac{1}{t}\right).$$

On peut aussi considérer le cas où $\mathcal{R}(\alpha) < 0$. Dans ces conditions la série de définition a un rayon de convergence nul mais reste valable asymptotiquement et les formules (4 à 9) restent vraies.

En partant de (3) par le calcul des résidus on trouve la série

$$h_\alpha(x) = -f_\alpha(-x)\log x + \alpha \sum_0^\infty \psi(1+n) \frac{x^n}{(n\,!)^\alpha}.$$

Remarquons enfin que $h_4(x)$ est un noyau de Fourier

$$h_4(x) = \int_0^\infty \mathrm{J}_0(2\sqrt{ty})\, \mathrm{J}_0\left(\frac{2}{\sqrt{y}}\right) \frac{dy}{y}$$

et que $2\,\mathrm{K}_0(2\sqrt{t}) = h_2(t)$ est autoréciproque par rapport à ce noyau.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles de fonctions ayant plusieurs singularités essentielles.* Note de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Émile Borel.

Dans des Mémoires déjà anciens M. Maillet avait étudié des fonctions holomorphes dans tout le plan en dehors d'un nombre fini de singularités essentielles qu'il avait nommées fonctions quasi entières. Je voudrais dans cette Note donner les quelques résultats que j'ai obtenus dans l'étude du problème suivant : $\varphi(z)$ étant une fonction méromorphe dans tout le plan sauf à l'infini et à l'origine, singularités essentielles, le théorème de M. Picard s'applique au voisinage de chacun de ces points où peuvent exister zéro, une ou deux valeurs exceptionnelles. *A priori* on se trouve donc en face des dix cas suivants qui diffèrent par le nombre des valeurs exceptionnelles et le fait que ces valeurs sont ou non les mêmes à l'origine et à l'infini :

1° *zéro valeur à l'origine, zéro à l'infini;* 2° *zéro valeur à l'origine, une à l'infini;* 3° *zéro valeur à l'origine, deux à l'infini;* 4° *a exceptionnel à l'origine, a exceptionnel à l'infini;* 5° *a exceptionnel à l'origine, b exceptionnel à l'infini;* 6° *a exceptionnel à l'origine, a et b exceptionnels à l'infini;* 7° *a exceptionnel à l'origine, b et c exceptionnels à l'infini;* 8° *a, b exceptionnels à l'origine, a, b exceptionnels à l'infini;* 9° *a, b exceptionnels à l'origine, b, c exceptionnels à l'infini;* 10° *a, b exceptionnels à l'origine, c, d exceptionnels à l'infini.*

Quels sont les cas possibles? Il est facile de donner des exemples des neuf premiers cas. Je les énumère sans démonstration.

$$1^\circ \quad p\left(\frac{1}{z}\right)p(z); \qquad 2^\circ \quad p\left(\frac{1}{z}\right)\mathrm{H}(z); \qquad 3^\circ \quad p\left(\frac{1}{z}\right)e^{\mathrm{H}(z)};$$

$$4^\circ \quad \mathrm{F}\left(\frac{1}{z}\right)\mathrm{H}(z); \qquad 5^\circ \quad \frac{\mathrm{H}(z)}{\mathrm{F}\left(\frac{1}{z}\right)}; \qquad 6^\circ \quad \mathrm{F}\left(\frac{1}{z}\right)e^{\mathrm{H}(z)}; \qquad 8^\circ \quad e^{\mathrm{F}\left(\frac{1}{z}\right)}e^{\mathrm{H}(z)}.$$

Dans cette liste $\mathrm{H}(z)$ et $\mathrm{F}(z)$ représentent deux fonctions entières. Un exemple du 7° s'obtient de la façon suivante : posons $e^{\mathrm{H}(z)}\mathrm{F}(1/z) = \mathrm{A}(1/z) - \mathrm{B}(z)$ [développement en série de Laurent $\mathrm{A}(z)$ et $\mathrm{B}(z)$ sont des fonctions entières] $\varphi(z) = [\mathrm{B}(z)]/[\mathrm{A}(1/z)]$ a comme valeurs exceptionnelles zéro au voisinage de de l'origine, 1 et l'infini au voisinage de l'infini. Le neuvième cas sera donné en écrivant $e^{\mathrm{H}(z)+\mathrm{F}(1/z)} = \mathrm{A}(1/z) - \mathrm{B}(z)$. Ici $\varphi = [\mathrm{B}(z)]/[\mathrm{A}(1/z)]$ a comme valeurs exceptionnelles zéro au voisinage de l'origine, l'infini au voisinage de l'infini et 1 à l'origine et à l'infini.

Le dixième cas ne peut avoir lieu, ce qui s'énonce :

Théorème. — *Si $\varphi(z)$ analytique et uniforme a deux singularités essentielles* $O_1$ *et* $O_2$ *au voisinage desquelles il y a deux valeurs exceptionnelles de Picard en* $O_1$ *et deux valeurs exceptionnelles en* $O_2$, *l'une des deux valeurs au moins doit être la même en* $O_1$ *et* $O_2$.

La démonstration est trop longue pour figurer dans cette Note. Elle sera publiée prochainement dans un autre recueil. Elle consiste à montrer l'impossibilité d'une relation de la forme

$$\left[e^{H(z)+F\left(\frac{1}{z}\right)}\right]^2-\left[m_2(z)+\lambda m_1\left(\frac{1}{z}\right)\right]e^{H(z)+F\left(\frac{1}{z}\right)}+m_2(z)m_1\left(\frac{1}{z}\right)=0.$$

H et F conservant la même signification que ci-dessus $m_1(z)$ et $m_2(z)$ étant deux fonctions méromorphes au voisinage de l'infini et $\lambda$ une constante différente de 0, $\infty$ et 1. Car alors on aurait

$$e^{H(z)+F\left(\frac{1}{z}\right)}=\frac{m_1\left(\frac{1}{z}\right)}{2}\left[\theta(z)+\lambda\pm\sqrt{\theta^2(z)+2(\lambda-2)\theta(z)+\lambda^2}\right],$$

$\theta(z)$ étant méromorphe avec 0 et $\infty$ comme singularité essentielle et l'on pourrait en déduire que $m_1(1/z)$ n'a pas de zéro, alors que ce fait est nécessaire pour que les 4 valeurs soient différentes. Bien entendu tous ces résultats restent les mêmes si l'on remplace valeur exceptionnelle de Picard par valeur exceptionnelle de Borel. On voit que le comportement d'une fonction analytique autour d'une singularité essentielle n'est pas sans réagir sur le comportement autour d'une autre singularité. On pourrait se poser un problème analogue pour les différents points d'une ligne singulière. Les fonctions fuchsiennes sont un exemple de fonctions ayant les mêmes valeurs exceptionnelles au voisinage de tous leurs points singuliers. Peut-être sous certaines conditions y a-t-il là le début de théorèmes généraux ?

MÉCANIQUE. — *Règle d'interprétation du diagramme de phase généralisé.* Note (*) de M. **Paul-M. Lefèvre**, présentée par M. Georges Darrieus.

La règle établie dans une Note antérieure en vue de déduire du seul diagramme de phase les conditions de stabilité, peut être encore simplifiée par la réduction du nombre des cas essentiellement distincts à prendre en considération.

Le mode d'exploitation du diagramme de phase généralisé, présenté précédemment ([1]) avec M. Demontvignier, nécessite l'emploi d'une figure comportant les huit configurations possibles d'un diagramme de phase et d'un tableau d'interprétation.

J'ai réussi depuis à assouplir ce procédé en énonçant une règle générale d'interprétation du diagramme de phase.

On a déjà vu que les seules amplitudes de la transmittance $T(j\omega)$ qui interviennent dans la discussion correspondent aux abscisses $\omega_k$ des points

(*) Séance du 15 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 463.

d'intersection du diagramme de phase avec les droites d'ordonnée $2k\pi$ ou $(2k+1)\pi$ suivant que le paramètre $\Lambda$ est $>0$ ou $<0$.

Pour les pulsations $\omega_k$, ainsi définies, on dira que la transmittance $T(j\omega)$ présente une *phase critique*.

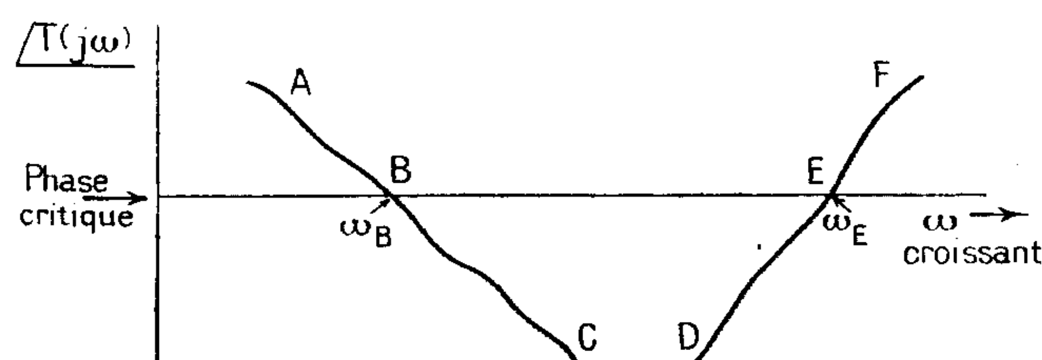
Les analogies suivantes ressortent d'un examen de la figure et du tableau de la Note précitée :

1° L'ensemble des deux configurations I et IV entraîne la même variation résultante du nombre $(N-P)$ que la configuration VI, si $\Lambda$ est positif, ou la configuration VII, si $\Lambda$ est négatif.

2° L'ensemble des deux configurations II et III entraîne la même variation résultante du nombre $(N-P)$ que la configuration V, si $\Lambda$ est positif, ou la configuration VIII, si $\Lambda$ est négatif.

On peut donc ramener les configurations utiles aux quatre types I, II, III et IV.

De plus, le tableau d'interprétation montre que l'on peut unifier les règles de variations relatives aux segments I et II, quel que soit le signe de $\Lambda$ ; chacune d'elles entraînant une *augmentation d'une unité* du nombre $(N-P)$.




Ces deux segments sout représentés, figure 1, par la portion ABC du diagramme de phase qui indique leur position par rapport à la droite de phase critique. On remarque que le segment AB correspond à la configuration II ou I suivant que $\Lambda>0$ ou $<0$.

Lorsque le diagramme de phase arrive par valeurs décroissantes à la phase critique ou la quitte dans les mêmes conditions, la variation $\Delta(N-P)$ est égale à $+1$ ou nulle, selon que $|T(j\omega_k)|$ est supérieur ou inférieur à $|\Lambda|$.

On voit de la même façon que les deux configurations III et IV ont le même comportement, quel que soit le signe de $\Lambda$; elles entraînent chacune une *diminution d'une unité* du nombre $(N-P)$ si $|\Lambda|<|T(j\omega_k)|$. La portion DEF, figure 1, représente la configuration résultante.

Lorsque le diagramme de phase arrive par valeurs croissantes à la phase critique, ou la quitte dans les mêmes conditions, la variation $\Delta(N-P)$ est égale à $-1$ ou nulle, selon que $|T(j\omega_k)|$ est supérieur ou inférieur à $|\Lambda|$.

Chaque fois que le diagramme de phase traverse une droite de phase critique, on se trouve en présence d'un segment ayant l'allure des configurations AC ou DF de la figure 1 ; la variation $\Delta(N-P)$ est alors de *deux* unités

ou bien nulle, puisque chaque segment comporte une arrivée et un départ. Le signe de la variation possible $\Delta(N-P)$ est défini par la pente du diagramme en son point de passage à la phase critique.

On est maintenant en mesure d'énoncer la régle générale suivante :

RÈGLE D'INTERPRÉTATION D'UN DIAGRAMME DE PHASE GÉNÉRALISÉ. — *Les seules variations possibles du nombre* $(N-P)$ *se produisent lorsque la phase de la transmittance donnée par le diagramme de phase généralisé prend les valeurs critiques*

$$2k\pi \quad \text{pour} \quad \Lambda > 0 \qquad \text{et} \qquad (2k+1)\pi \quad \text{pour} \quad \Lambda < 0.$$

*Si l'on désigne par* $T_k$ *le module de la transmittance correspondant à un passage à la phase critique, la variation de* $(N-P)$ *ne se produit que si l'on a* $|\Lambda| < |T_k|$.

*Cette variation est alors égale à* deux unités, *si le diagramme traverse réellement la phase critique : elle n'est que d'une unité si le diagramme part de celle-ci ou y aboutit (cas des extrémités).*

*Le signe de la variation est l'inverse du signe de la pente du diagramme de phase au point considéré.*

Cette règle permet d'indiquer directement sur le diagramme de phase les variations possibles $\Delta(N-P)$. Seules devront être retenues celles pour lesquelles on a $|\Lambda| < |T(j\omega_k)|$.

Un classement par ordre de grandeur croissante des diverses amplitudes $|T(j\omega_k)|$ conduit au tableau de discussion, qui donne, par simple sommation, le nombre $(N-P)$ en fonction de $|\Lambda|$.

L'énoncé de cette règle par rapport au diagramme polaire s'obtient immédiatement.

Je présenterai prochainement une application importante de la règle précédente, relative à l'instabilité essentielle de certains systèmes linéaires.

HYDRODYNAMIQUE. — *Hydrodynamique des terrains fissurés ou perméables en grand.* Note de M. **Daniel Uguet**, présentée par M. Henri Villat.

La loi de Darcy $j' = (1/K')v$ (proportionnalité de la perte de charge à la vitesse) applicable à un écoulement laminaire à vitesse faible dans un terrain poreux perméable en petit (sable) n'est plus vérifiée quand la vitesse devient forte et l'écoulement turbulent comme dans les fissures d'un terrain perméable en grand. Nous exposons ci-dessous les résultats essentiels des expériences « in situ » que nous avons entreprises de 1948 à 1950 sur la nappe captive des calcaires fissurés du Chott Chergui (Algérie), où 14 sondages jaillissants sont disséminés dans une zone de $20^{\text{km}}$.

Soit OJ l'axe d'un captage vertical dirigé vers le bas, $Ox$ la trace du plan d'eau statique horizontal sur le plan de figure.

Pour un débit Q il se produit dans le captage et les piézomètres à des distances variables $x$, un niveau rabattu instantanément sous $Ox$ d'une quan-

tité J variable avec $x$. Le lieu des points rabattus est la surface de rabattement local instantané J (courbe du même nom dans le plan de figure).

L'expérience à débit Q constant se prolongeant dans le temps, cette surface subit une translation verticale progressive dans le sens des rabattements croissants jusqu'à la surface de rabattement total stabilisé $J_t$. La translation $J'$ pour cette surface stabilisée est le rabattement général de la région du captage et l'on a en régime stabilisé $J_t = J + J'$.

*Rabattement local instantané.* — Pour des débits Q variables du captage le rabattement local instantané est proportionnel à la puissance 1,75 du débit, le coefficient de proportionnalité dépendant de $x$

$$J(x) = \gamma(x)\, Q^{1,75}.$$

Quel que soit $x$ on a expérimentalement

$$\gamma(x) = \frac{1}{\beta x^{0,75}}.$$

Au captage du rayon $r$ cette formule devient

$$\gamma(r) = \frac{1}{\beta r^{0,75}}.$$

Les expériences au captage ont montré que, après avoir éliminé les pertes de charge dans la remontée dans le tubage, $\beta$ dépendait encore des dimensions de captage. Pour un sondage traversant la couche aquifère sur une longueur $l$ avec un diamètre $d$

$$\beta = \alpha d^2 (2l)^{0,75}.$$

Appliquons ces résultats expérimentaux au calcul classique des nappes captives. Si E est l'épaisseur apparente de la couche aquifère, $v$ la vitesse apparente de l'eau ($v = Q/2\pi E x$), on a

$$J(x) = \int_x^{+\infty} -\frac{dJ}{dx}\, dx = \gamma(x)\, Q^{1,75},$$

$$-\frac{dJ}{dx} = -\frac{d\gamma}{dx} Q^{1,75} = f(v) = f\left(\frac{Q}{2\pi E x}\right).$$

Il faut que la fonction $f$ soit de la forme

$$f\left(\frac{Q}{2\pi E x}\right) = \frac{1}{K}\left(\frac{Q}{2\pi E x}\right)^{1,75} = \frac{1}{K} v^{1,75},$$

$$\gamma(x) = \frac{1}{K(2\pi E)^{1,75}} \int_x^{+\infty} \frac{dx}{x^{1,75}} = \frac{1}{0,75(2\pi E)^{1,75} K x^{0,75}}.$$

Nous retrouvons la loi expérimentale en fonction de la distance

$$\gamma(x) = \frac{1}{\beta x^{0,75}}, \qquad \text{avec} \quad \beta = 0,75(2\pi E)^{1,75} K.$$

Ainsi l'expérience et le calcul nous conduisent pour l'écoulement turbulent en milieu fissuré à la loi élémentaire

$$-\frac{dJ}{dx}=j=\frac{1}{K}v^{1,75}.$$

K définit la perméabilité du terrain fissuré pour un régime turbulent.

L'équation de la courbe de rabattement instantané est

$$J=\frac{1}{3}\frac{Q^{1,75}}{x^{0,75}}.$$

Lorsque $x$ augmente, J diminue et avec Sichardt nous appellerons rayon d'action instantané R la distance pour laquelle on a

$$J_R=\frac{1}{3}\frac{Q^{1,75}}{R^{0,75}}=0 \quad \text{pratiquement nul.}$$

*Rabattement général.* — Pour $x > R$ le niveau n'est pas influencé instantanément par le débit Q. Il baisse à la longue et se stabilise à une valeur J'. L'expérience montre que J' est proportionnel à Q. La loi de Darcy donnerait le même résultat. Pour des vitesses faibles l'écoulement dans un terrain fissuré est donc laminaire et soumis à la loi de Darcy.

L'équation de la courbe piézométrique est alors la formule classique

$$J'=\frac{Q}{2\pi EK'}\operatorname{Log}\frac{R'}{x} \qquad \text{(R' rayon d'action stabilisé).}$$

*Rabattement total stabilisé.* — L'équation de la courbe est

$$J_t=J'=\frac{Q}{2\pi EK'}\operatorname{Log}\frac{R'}{x} \qquad \text{pour } x > R,$$

$$J_t=J+J'=\frac{Q}{2\pi EK'}\operatorname{Log}\frac{R'}{R}+\frac{1}{3}\frac{Q^{1,75}}{x^{0,75}} \qquad \text{pour } x < R.$$

*Nota.* — Nos expériences démontrent en résumé que l'écoulement dans les fissures d'un terrain obéit aux mêmes lois que l'écoulement dans les tuyaux (expériences en laboratoire de Reynolds et Nikuradze) tant en régime turbulent que laminaire.

ASTROPHYSIQUE. — *Photomètre photoélectrique stellaire.* Note de M. **François Lenouvel**, présentée par M. André Danjon.

Au cours de l'année 1950, un photomètre photoélectrique a été réalisé à l'Observatoire de Haute-Provence. Une cellule photoélectrique Sb-Cs à 19 multiplicateurs (1) a été adaptée au télescope de $120^{cm}$. L'appareil comprend :

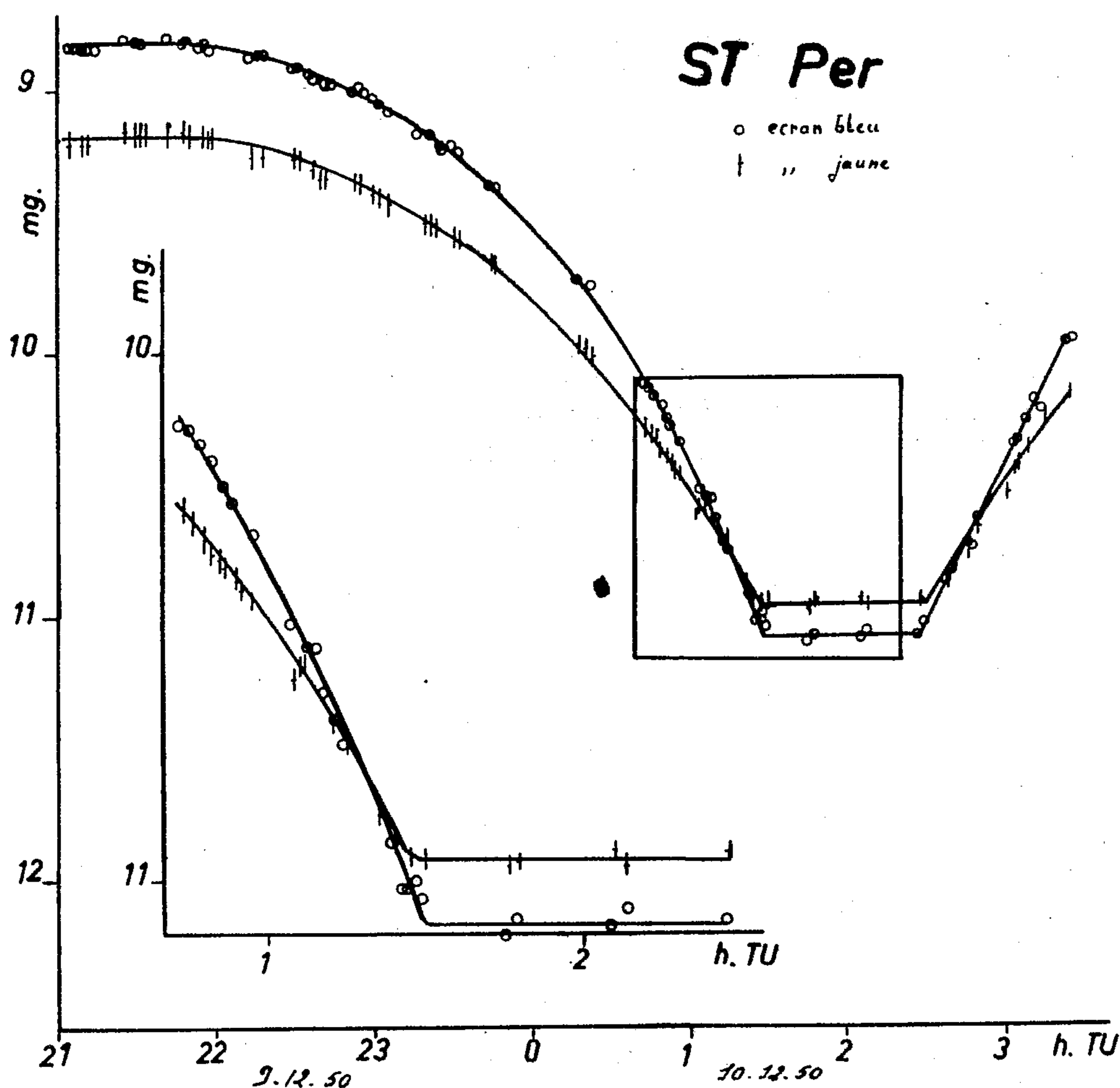
(1) *J. Phys.*, **10**, 1949, p. 235.

une alimentation stabilisée de 2800 V continu;

une cellule à 19 étages avec un ensemble de filtres colorés;

un instrument de mesure enregistreur.

L'alimentation continue est obtenue à l'aide du secteur 220 V, 25 périodes; la sensibilité du gain en courant vis-à-vis de la tension d'alimentation a exigé une stabilisation très poussée. La variation de tension continue n'excède pas 0,1 V pour des variations du secteur de ± 20 V.




Le photomètre proprement dit est constitué par un oculaire dans le plan focal duquel glissent des diaphragmes qui permettent, une fois le champ reconnu, de centrer l'étoile à mesurer dans un trou de $1^{mm}$. Un miroir escamotable envoie alors le flux lumineux émis par l'étoile et le fond du ciel dans la cellule. Une lentille assure la formation d'une plage de Fabry sur la cathode de la cellule. Deux filtres colorés, un bleu et un jaune, peuvent être disposés sur le

faisceau atteignant la cellule. Un oculaire guide pointant une étoile extra-axiale assure le guidage pendant la durée de la mesure.

L'instrument de mesure est un galvanomètre à cadre de sensibilité $3.10^{-10}$ A/mm. Grâce à la puissance de ce multiplicateur (gain pouvant atteindre $4.10^{7}$ en courant), le bruit de fond *effet Schottky*, est assez intense pour apparaître directement dans la déviation du galvanomètre. Un enregistreur Speedomax est asservi photoélectriquement au spot du galvanomètre, ce qui permet l'enregistrement instantané avec une plume encreur des déviations du spot. L'erreur de traînage n'excède pas la largeur du trait de l'enregistrement.

Plusieurs variables à éclipses ont été étudiées; la figure 1 reproduit un de ces enregistrements où la région centrale a été agrandie. On a fait usage d'une étoile de comparaison proche pour laquelle on a admis provisoirement la même magnitude en bleu et en jaune; un rattachement ultérieur à la séquence polaire fera connaître les quantités algébriques à ajouter pour se ramener à une échelle de magnitude donnée. Une mesure sur l'étoile de comparaison est faite toutes les 15 minutes pour tenir compte de la variation de l'absorption atmosphérique. Trois corrections sont effectuées :

non proportionnalité du galvanomètre;

valeur exacte du shunt;

variation de magnitude apparente de l'étoile de comparaison au cours de la nuit.

L'enregistrement de la déviation sur une étoile dure un temps suffisant (30 secondes environ) pour que l'on puisse apprécier facilement une valeur moyenne à $1^{mm}$ près, en travaillant autant que possible sur un shunt qui assure une déviation d'au moins $100^{mm}$. Dans le cas de ST Persei, il a été nécessaire, pour ne pas dépasser le courant de bonne fidélité sur la cellule ($5.10^{-7}$ A) d'opérer pour le début et la fin de l'enregistrement sous une tension plus faible que pour le minimum primaire. Les courbes montrent que la dispersion d'un pointé n'excède pas 0,02 mg par rapport à la moyenne et les deux courbes sont symétriques par rapport à la même verticale; sur un seul enregistrement, la durée du minimum est déjà définie à 2 minutes près.

La sensibilité de ce photomètre n'est limitée en magnitude que par la difficulté de centrer dans un trou de $1^{mm}$ une étoile à la limite de visibilité.

RADIOASTRONOMIE. — *Étude des orages radioélectriques solaires de faible intensité*. Note de MM. **Émile-Jacques Blum**, **Jean-François Denisse** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. André Danjon.

Des orages radioélectriques solaires de faible intensité (1) (variabilité 0 ou 1

(1) E. J. Blum et J. F. Denisse, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1214.

dans l'échelle de l'U. R. S. I.) ont été observés sur la fréquence de 164 Mc/sec et sur des fréquences voisines. L'intensité du rayonnement était enregistrée photographiquement à l'aide d'un oscillographe Dubois-Baudoin à faible constante de temps (1/1400 de seconde) et grande vitesse de déroulement (3 cm/sec). Cet appareil permet de suivre aisément les fluctuations les plus rapides du rayonnement solaire.

L'étude des enregistrements conduit aux remarques suivantes :

1° Les jours d'activité très faible (variabilité zéro) se caractérisent par l'apparition de sursauts généralement bien séparés les uns des autres. Ceux-ci se présentent principalement sous les deux aspects indiqués en (*a*) et (*b*) (*fig.* 1) et ne révèlent aucune dissymétrie systématique. On peut définir sans ambiguïté pour chacun d'eux, une amplitude et une durée (mesurée entre les points d'intensité moitié du maximum). En moyenne l'amplitude est *de l'ordre du niveau de base* ($5.10^{-22}$ W/m²/c/sec); elle peut atteindre quatre à cinq fois cette valeur. La durée varie peu d'un sursaut à l'autre. Elle présente une légère tendance à croître avec l'amplitude et reste comprise entre 0,1 *et* 0,4 *seconde*. Il n'est pas exclu que des sursauts d'intensité inférieure aux fluctuations intrinsèques du récepteur (environ le dixième du niveau de base) puissent durer moins que le dixième de seconde.

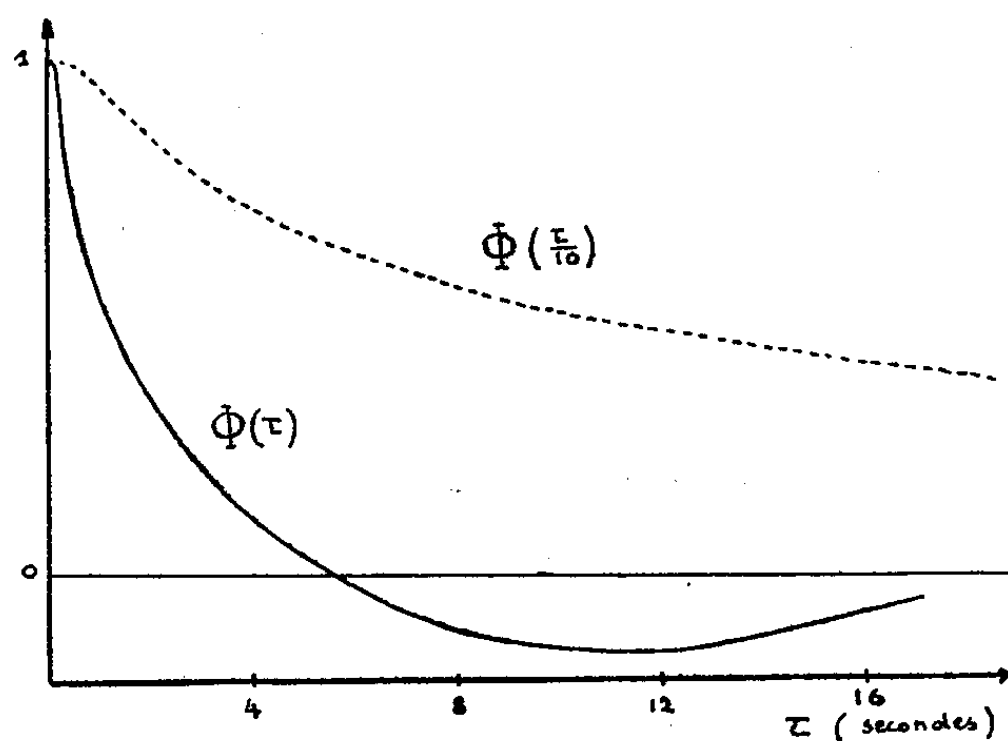



Fig. 1.

Les sursauts n'apparaissent pas de façon indépendante dans le temps : ils présentent une nette tendance à *l'association*. En particulier pendant deux ou trois secondes il apparaît souvent un groupe de plusieurs sursauts (*fig.* 1), puis le niveau redevient calme pendant plusieurs minutes.

2° Quand l'activité est plus forte (variabilité 1), le niveau de l'émission I($t$) peut fluctuer pendant plusieurs heures, retrouvant de temps à autre sa valeur en période de calme (*fig.* 2). Il n'y a pas de séparation nette entre ce type

d'activité (orage de faible intensité) et le précédent et l'on est conduit à penser que ce genre d'orage est produit par la *superposition de sursauts* analogues à ceux que l'on observe séparés les jours moins agités.

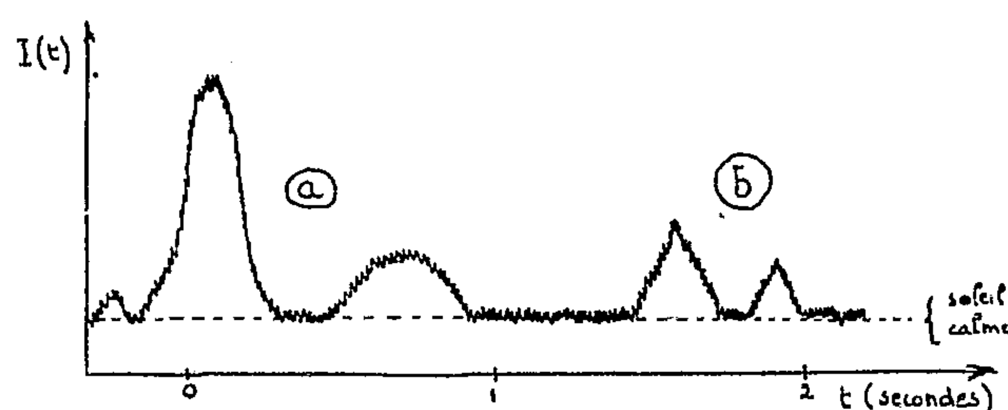



Fig. 2.

Afin de vérifier cette hypothèse qui est d'ailleurs suggérée également par l'allure générale de l'enregistrement, nous avons calculé la fonction de corrélation

$$\Phi(\tau) = \frac{\overline{\left[I(t) - \overline{I(t)}\right]\left[I(t+\tau) - \overline{I(t)}\right]}}{\overline{\left[I(t) - \overline{I(t)}\right]^2}}.$$

La figure 3 représente la fonction $\Phi(\tau)$ obtenue pour une période d'agitation continue d'une minute (125 maxima environ). Cette courbe révèle effectivement l'existence d'un sursaut élémentaire d'une durée moyenne voisine de

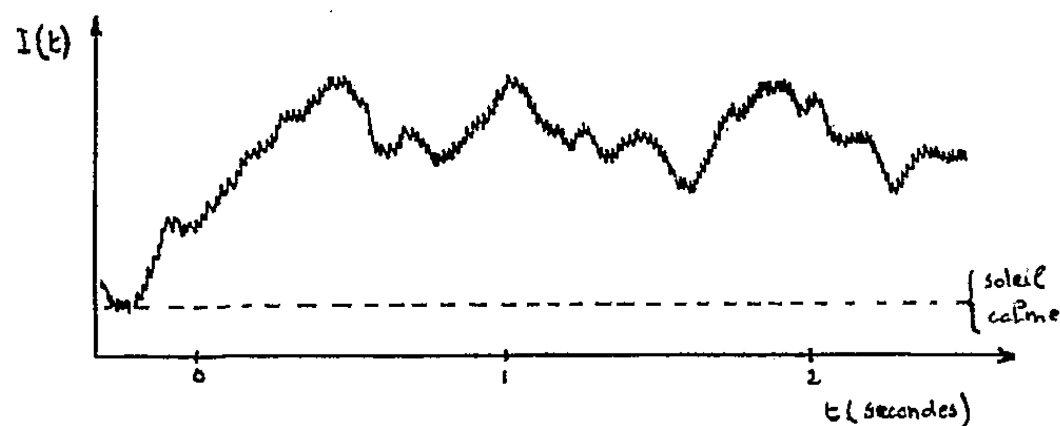



Fig. 3.

0,2 seconde ainsi qu'une tendance marquée à la naissance d'un sursaut dans l'intervalle de deux ou trois secondes qui suit ou précède l'apparition de l'un d'eux. On retrouve ainsi les deux propriétés statistiques fondamentales des sursauts observés isolément, et ce résultat est en accord avec l'hypothèse émise plus haut.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application du calcul des variations au problème* $\Delta u + \lambda u = 0$. Note (*) de MM. **Edward Kornhauser** et **Ivar Stakgold**, présentée par M. Louis de Broglie.

Prenons une région R dans le plan $x - y$, limitée par une courbe fermée B. Nous allons examiner certaines propriétés des valeurs propres des deux problèmes

$$\text{(I)} \qquad \Delta u + \lambda u = 0, \qquad u]_B = 0;$$

$$\text{(II)} \qquad \Delta v + \mu v = 0, \qquad \left.\frac{\partial v}{\partial n}\right]_B = 0.$$

Nous appelons $\lambda_n (n = 0, 1, 2, \ldots)$ les valeurs propres de (I), $\mu_n$ les valeurs propres de (II). On sait que $\mu_n \leq \lambda_n$. Nous allons démontrer que $\mu_1 < \lambda_0$.

Ce résultat a une interprétation très simple dans l'étude des guides électriques de section constante. Dans cette théorie, le problème (I) correspond à la propagation dans le mode E, et le problème (II) à la propagation dans le mode H. On voit facilement que le mode fondamental est associé à la fonction propre à laquelle correspond la moindre des deux valeurs $\lambda_0$, $\mu_1$. Donc, si l'on démontre que $\mu_1 < \lambda_0$, l'on aura démontré que le mode fondamental est toujours un mode H. (On ne considère pas $\mu_0$, parce que la fonction propre qui lui appartient est constante et représente donc un champ électro-magnétique nul.)

Dans le cours de la démonstration, l'on prouvera un théorème d'un certain intérêt mathématique

Théorème. — *Parmi toutes les régions* R *de même aire, celle qui produit la plus grande valeur de* $\mu_1$ *est le cercle.*

On sait que parmi toutes les régions R de même aire, celle qui produit la plus petite valeur de $\lambda_0$ est le cercle. On sait aussi que la valeur de $\lambda_0$ pour le cercle est plus grande que celle de $\mu_1$. Il s'ensuit que $\mu_1 < \lambda_0$ pour toute région R.

La démonstration du théorème se fait en deux parties :

1. Toute déformation infinitésimale du cercle qui conserve l'aire n'augmente pas la valeur de $\mu_1$.

2. Pour toute autre région R, il existe une déformation infinitésimale qui conserve l'aire et qui augmente la valeur de $\mu_1$.

Nous employons les méthodes du calcul des variations pour les deux parties de la démonstration.

Dans la partie (1) nous construisons sur la région déformée R' une fonc-

(*) Séance du 3 janvier 1951.

tion $\Psi(x, y)$ ayant les propriétés suivantes :

$$\int_{R'} \Psi\, dx\, dy = 0, \qquad \frac{\int_{R'} |\operatorname{grad} \Psi|^2\, dx\, dy}{\int_{R'} \Psi^2\, dx\, dy} < \mu_{1c},$$

où $\mu_{1c}$ désigne la valeur de $\mu_1$ pour le cercle. Comme le minimum de l'expression

$$\frac{\int_{R'} |\operatorname{grad} \varphi|^2\, dx\, dy}{\int_{R'} \varphi^2\, dx\, dy}$$

sous la condition $\int_{R'} \varphi\, dx\, dy = 0$ donne la valeur $\mu'_1$ pour R′, il s'ensuit que $\mu'_1 = \mu_{1c}$.

Dans la partie (2) nous considérons une région arbitraire R différente d'un cercle, et sa fonction propre $v_1(x, y)$. Nous découpons une petite région autour du maximum de $v_1$. Nous construisons ensuite une région semblable à celle que nous venons d'obtenir, et ayant la même aire que la région R. On peut démontrer, par une application assez facile de la méthode des perturbations, que cette dernière région donne une valeur propre $\mu'_1$ plus grande que celle de la région R.

Les démonstrations détaillées de ces résultats seront publiées dans un autre recueil.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorème sur les invariants formés de quatre fonctions d'onde de Dirac.* Note de M. **Louis Michel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les matrices $\rho_i$, $\sigma_j$, $\alpha_k$, $\beta$ utilisées ici sont celles généralement adoptées : $\alpha_i = \rho_1 \sigma_i$, $\beta = \rho_3$; en posant $\Gamma^k = - i\beta\alpha_k$ et $\Gamma^4 = - i\beta$ on a : $[\Gamma^\mu, \Gamma^\nu]_+ = 2 g^{\mu\nu}$, $g^{\mu\nu}$ étant le tenseur métrique de l'espace temps ($x^4 = ct$ réel, $\hbar = 1$). L'équation de Dirac s'écrit : $(\Gamma^\mu \partial_\mu + \varkappa)\psi = 0$, et il est bien connu que $C^{-1}\psi^*$ est aussi solution, C étant défini par : $\Gamma^{\mu *} = C\Gamma^\mu C^{-1}$. Dans tout ce qui suit on considère des fonctions $\psi$ ou $\psi^*$ représentant des champs, distincts ou non, de fermions en interaction, qui sont toutes distinctes et qui toutes commutent ou anticommutent. On considérera des permutations P de ces fonctions et l'on définit : $(-1)^P = 1$ si ces fonctions commutent, $= \pm 1$, suivant que P est paire ou impaire, si les fonctions anticommutent.

Il est bien connu qu'avec deux de ces fonctions, $\psi_1$ et $\psi_2$, on peut former 5 invariants ${}^2E_Q(1, 2)$, éléments d'algèbre extérieure d'ordre Q, avec $0 \leqq Q \leqq 4$; ils seront désignés par S, V, X, Y, Z; ils sont de la

| | $C^{P_1}(Q)$. | $C^{P_3}(Q)$. | $4\,C^{P_5}(Q)$. |
|---|---|---|---|

$$Q=0\quad\begin{matrix} S' & S'' \\ V'_{\cdot} & V'' \\ 1/2\,X'_{\cdot\cdot} & X'' \\ A'_{\cdot} & A'' \\ P' & P'' \end{matrix}\qquad
\begin{bmatrix} 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -4 & -2 & 0 & -2 & -4 \\ 6 & 0 & -2 & 0 & -6 \\ 4 & -2 & 0 & -2 & 4 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q=1\quad\begin{matrix} S' & V'' \\ V' & S'' \\ V'_{\cdot} & X'' \\ X'_{\cdot} & V'' \\ M'_{\cdot} & A'' \\ A'_{\cdot} & M'' \\ A' & P'' \\ P' & A'' \end{matrix}\qquad
\begin{bmatrix} \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} 1 & 1 & -i & -i & 1 & -1 & -i & i \\ 1 & 1 & i & i & 1 & -1 & i & -i \\ 3i & -3i & -1 & 1 & -i & -i & 3 & 3 \\ 3i & -3i & 1 & -1 & -i & -i & -3 & -3 \\ 3 & 3 & i & i & -1 & 1 & -3i & 3i \\ -3 & -3 & i & i & 1 & -1 & -3i & 3i \\ i & -i & 1 & -1 & i & i & 1 & 1 \\ -i & i & 1 & -1 & -i & -i & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q=2\quad\begin{matrix} S' & X'' \\ V'_{\wedge} & V'' \\ V'_{\cdot} & Y'' \\ X' & S'' \\ X'_{0} & X'' \\ M' & P'' \\ Y'_{\cdot} & V'' \\ A''_{\wedge} & A'' \\ P' & M'' \end{matrix}\qquad
\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} 1 & -i & -1 & 1 & -i & -1 & -1 & i & -1 \\ 2i & 0 & 2i & -2i & 0 & -2i & -2i & 0 & 2i \\ -2 & -2i & 0 & -2 & 0 & -2 & 0 & -2i & -2 \\ 1 & i & -1 & 1 & i & -1 & -1 & -i & -1 \\ 4i & 0 & 0 & -4i & 0 & 4i & 0 & 0 & -4i \\ -1 & i & -1 & -1 & -i & 1 & -1 & -i & 1 \\ -2 & 2i & 0 & -2 & 0 & -2 & 0 & 2i & -2 \\ -2i & 0 & 2i & 2i & 0 & 2i & -2i & 0 & -2i \\ -1 & -i & -1 & -1 & i & 1 & -1 & i & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q=3\quad\begin{matrix} S' & A'' \\ V' & P'' \\ V'_{\cdot 1} & M'' \\ M'_{\cdot} & V'' \\ X'_{\cdot} & A'' \\ A' & X'' \\ A' & S'' \\ P' & V'' \end{matrix}\qquad
\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} 1 & -i & -1 & 1 & -i & -i & 1 & i \\ i & 1 & i & i & -1 & 1 & -i & 1 \\ -3 & -3i & -1 & 1 & i & i & -3 & 3i \\ 3 & -3i & 1 & -1 & i & i & 3 & 3i \\ 3i & -3 & -i & -i & -1 & 1 & -3i & -3 \\ 3i & 3 & -i & -i & 1 & -1 & -3i & 3 \\ 1 & i & -1 & 1 & i & i & 1 & -i \\ -i & 1 & -i & -i & -1 & 1 & i & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q=4\quad\begin{matrix} S' & P'' \\ V'_{\cdot} & A'' \\ 1/2\,X'_{\cdot\cdot} & M'' \\ A'_{\cdot} & V'' \\ P' & S'' \end{matrix}\qquad
\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} -1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & -1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 \end{bmatrix}\quad
\begin{bmatrix} 1 & -i & 1 & i & 1 \\ 4i & -2 & 0 & -2 & -4i \\ 6 & 0 & -2 & 0 & 6 \\ -4i & -2 & 0 & -2 & 4i \\ 1 & i & 1 & -i & 1 \end{bmatrix}$$

forme : $i\psi_1\Gamma^4 G^{(2)}\psi_2$ avec $G^{(0)}=1$, $G^{(1)}=i\Gamma^\mu$, $G^{(2)}=-i\Gamma^\mu\Gamma^\nu$, $G^{(3)}=\Gamma^\mu\Gamma^\nu\Gamma^\rho$, $G^{(4)}=-\Gamma^\lambda\Gamma^\mu\Gamma^\nu\Gamma^\rho$; on peut définir M, A, P, tenseurs polaires de X, Y, Z, par les opérateurs G′ correspondants : $G'^{(2)}=i\Gamma^\mu\Gamma^\nu\Gamma^5$, $G'^{(3)}=\Gamma^\mu\Gamma^5$, $G'^{(4)}=-\Gamma^5$, avec $\Gamma^5=\Gamma^1\Gamma^2\Gamma^3\Gamma^4$. En posant $\theta_Q=-1, 1, 1, -1, -1$, on a

$$(\mathrm{I}) \qquad {}^2E_Q(2, 1)=(-1)^P\theta_Q^2\, E_Q(1, 2); \qquad \text{(ici P est impaire).}$$

Cette équation s'étend aux ${}^4E_Q(1, 2, 3, 4)={}^4E_Q(P_0)$ formés de 4 de ces fonctions. Il est aisé de trouver à partir des ${}^2E'_Q(1, 2)$ et ${}^2E''_Q(3, 4)$, le nombre de ${}^4E_Q(P_0)$ linéairement indépendants : il y en a 5, 8, 9, 8, 5 pour les valeurs respectives 0, 1, 2, 3, 4 de Q.

Théorème. — *Tout* ${}^4E_Q(P')$ *est une combinaison linéaire des* ${}^4E_Q(P)$.

P et P′ étant deux permutations arbitraires, on peut encore l'écrire :

$$(\mathrm{II}) \qquad {}^4E_{Q,i}(PP_0)=(-1)^P\sum_j C^P_{ij}\,{}^4E_{Q,j}(P_0).$$

Les permutations $P_1=3412$, $P_3=2134$, $P_4=1432$ engendrent tout le groupe $S_4$. Le tableau donne la forme des ${}^4E_{Q,i}$ linéairement indépendants choisis et les $C^{P_1}$, $C^{P_3}$, $C^{P_4}$ correspondants [1]. [Notations du tableau : $A\wedge B=$ produit extérieur de A et B; A.B (ou A..B) = produit scalaire entre le dernier (ou les deux derniers) indice de A et le premier (ou les deux premiers) indice de B; $(X'_0X'')^{\mu\nu}=\sum_\rho(X'^{\mu}_{\rho}X''^{\rho\nu}-X'^{\nu}_{\rho}X''^{\rho\mu})$].

Ce théorème peut être très utile pour effectuer ou simplifier des calculs : comme application la section efficace différentielle de diffusion nucléon-nucléon a été aisément calculée : en effet tous les éléments de la matrice S d'un phénomène où n'interviennent que quatre fermions réels, sont des combinaisons linéaires des ${}^4E_Q$ et les forces d'échanges réalisent des permutations des $\psi$.

Le théorème ne s'étend pas à tous les ${}^{2n}E_Q$, mais seulement aux ${}^6E_0$ et ${}^6E_1$ qu'il permet aisément de dénombrer à 35 et 35. Évidemment si des $\psi$ ne sont pas distincts, le théorème est encore vrai. Dans le cas particulier où $\psi_1\equiv\psi_3$ et $\psi_2\equiv\psi_4$, (II) donne immédiatement les identités quadratiques de Pauli et Kofink [2].

---

[1] Trois lignes de $C^{P_4}(0)$ et deux de $C^{P_4}(4)$ ont été données par W. Pauli, *Ann. Inst. H. Poincaré*, 6, 1936, p. 109, et la matrice $C^{P_4}(0)$ a été donnée en entier par M. Fierz, *Zeits. Phys.*, 104, 1937, p. 553.

[2] W. Pauli, *loc. cit.*; W. Kofink, *Ann. Physik.*, 30, 1937, p. 91; 38, 1940, p. 420.

OPTIQUE. — *Application des lampes à éclairs lumière blanche : Ciné-micrographie par instantanés rapides en microscopie ordinaire et en microscopie à contraste de phase.* Note de M. **Marcel Laporte**, M^me **Odette Roerich-Goussu** et M. **Jacques Déjean**, présentée par M. Aimé Cotton.

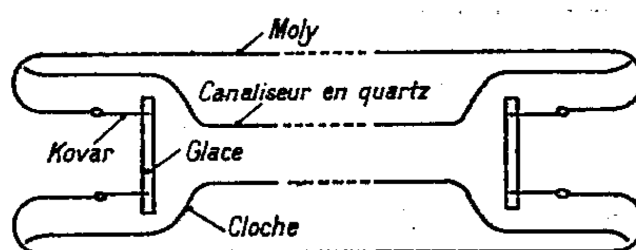
Les résultats favorables des essais relatifs à l'obtention de photomicrographies instantanées par l'emploi, comme source de lumière, d'une lampe à éclairs (¹), nous ont incités à aborder le problème de la Cinématographie en microscopie à contraste de phase.

On sait que la question de la production d'éclairs périodiques est depuis longtemps résolue (²); on sait aussi que la synchronisation des éclairs avec le déroulement du film peut être obtenue par des impulsions de tension sur la grille de commande d'un tube à gaz (thyratron), disposé en série avec la lampe entre les armatures du condensateur, ces impulsions de tension étant déclenchées par un contact électrique solidaire de l'arbre d'entraînement du film.

Les difficultés qui restaient à résoudre étaient relatives :

1° à la construction de lampes à éclairs capables de dissiper une puissance moyenne de plusieurs centaines de watts, nécessaire pour une prise de vue à cadence suffisamment rapide;

2° à déterminer le modèle de lampe et son mode d'emploi plus particulièrement convenables à un éclairage des préparations pour l'obtention des photomicrographies.




Fig, 1. — Lampe à éclair grande puissance pour cinémicrographie.

Des modèles de lampes pouvant dissiper en fonctionnement prolongé plusieurs centaines de watts ont pu être réalisés par l'un de nous (³). L'un de ces modèles constitue une source de très grande brillance car il permet l'utilisation de la lumière émise « en bout » par un tube en quartz de 12^cm de longueur. La lumière émise traverse une glace transparente en verre « Moly » soudée à une électrode cylindrique en « Kovar »; elle se trouve ainsi canalisée en un faisceau sensiblement parallèle qui, sans dispositif optique intermédiaire, sert à éclairer la préparation (*fig.* 1).

(¹) M. Laporte, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1592.
(²) M. Laporte, *J. de Phys.*, 9, 1938, p. 228.
(³) M. Laporte, *J. de Phys.*, 2, 1950, p. 4 E et 5 E.

Il s'est montré avantageux de supprimer l'oculaire du microscope et de mettre directement au point sur le film l'image fournie par l'objectif. Dans ces conditions, l'obtention d'une photomicrographie, en contraste de phase, ne nécessite qu'une énergie par éclair de seulement une dizaine de joules.

La lampe pouvant dissiper une puissance d'environ un kilowatt, nous espérons qu'il sera possible d'atteindre une cadence de prise de vue de cent images par seconde dès que sera construite la caméra permettant la vitesse nécessaire de déroulement du film.

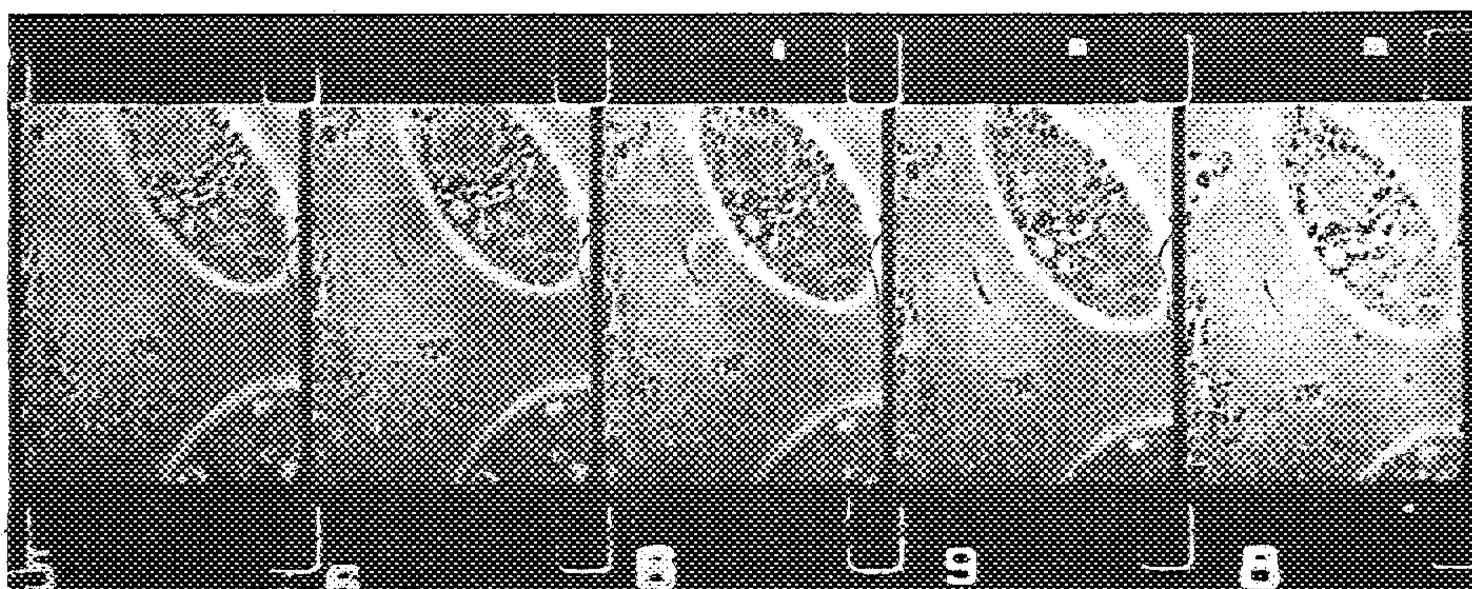


Fig. 2. — Cinémicrographie d'infusoires en contraste de phase.

Le cliché ci-dessus représente l'agrandissement d'un segment de film de 16mm, relatif à une préparation d'infusoires. Ce film a été pris avec un objectif à immersion : 85, sans oculaire, à la cadence de 12 images par seconde; l'énergie dépensée par éclair étant de 8 joules.

Indiquons que la lampe a déjà fourni, sans autre altération qu'un léger dépôt de pulvérisation cathodique, plus de 30 000 éclairs.

SPECTROSCOPIE. — *Étude du triplet Raman de l'ammoniac vers* 3 300 cm$^{-1}$. Note (*) de M. André Marchand, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que l'ammoniac liquide ou dissous dans l'eau présente un triplet Raman autour de 3 300 cm$^{-1}$, qui a été attribué à une bande de vibration-rotation depuis qu'on a signalé (1), (2) l'avoir résolu en une série de raies de rotation autour de la vibration fondamentale $\nu_1 = 3\,300$ ou 3 310 cm$^{-1}$.

Cette explication ne semblait pas entièrement satisfaisante, aussi avons-nous repris l'étude de ce triplet avec un spectrographe à grande dispersion

(*) Séance du 22 janvier 1951.

(1) Langseth, *Z. Phys.*, 77, 1932, p. 60.

(2) Williams et Hollaender, *Phys. Rev.*, 42, 1932, p. 379.

(5,5 Å/mm) et une fente fine ($0^{mm}$,05), à une température constante à 0°,1 près. Nous n'avons pas trouvé trace de structure fine pour les solutions étudiées (18 N). Nous avons alors cherché si ce triplet se comporte comme une bande de vibration-rotation.

La théorie de la bande de vibration-rotation pour une vibration totalement symétrique a été faite par Placzek et Teller [3]. Étant données les dimensions de la molécule d'ammoniac, il résulte de leur travail que :

*a.* L'écart entre les deux maxima extrêmes du triplet doit varier comme $\sqrt{T}$ avec la température, et valoir 220 $cm^{-1}$ à la température ordinaire.

*b.* La branche centrale (Q) doit représenter 23 % de l'intensité totale quelle que soit la température. La branche de basse fréquence Raman (P) doit représenter 23,7 % et la branche de haute fréquence (R) 53,3 % de l'intensité totale à température ordinaire, la dissymétrie d'intensité entre les branches P et R variant comme $1/\sqrt{T}$.

*Résultats expérimentaux.* — 1. A température ordinaire, les intensités se répartissent ainsi dans le triplet des solutions aqueuses :

Branche Q : 35 ± 2 %; Branche P : 22 ± 1 %; Branche R : 43 ± 2 %.

La répartition des intensités ne coïncide donc pas à température ordinaire avec celle d'une bande de vibration-rotation.

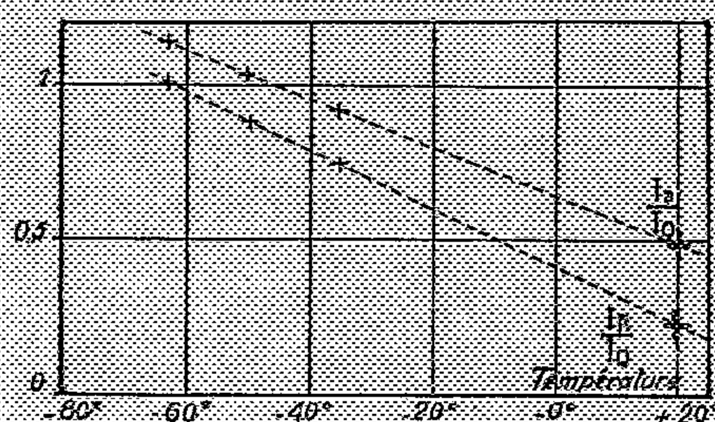



Fig. 1.

2. Si l'on appelle $I_Q$, $I_P$, $I_R$ les intensités maxima des branches Q, P et R, la figure 1 donne les variations de $I_P/I_Q$ et $I_R/I_Q$ pour l'ammoniac liquide pur en fonction de la température. Le point + 20° est indiqué par Bhagavantam [4]. La figure 2 indique les variations de $I_P/I_Q$ et $I_R/I_Q$ à la fois en fonction de la température et de la constitution du mélange d'ammoniac et d'eau.

En tenant compte de ces deux figures, on voit que :

*a.* L'addition d'eau à température constante dans l'ammoniac liquide augmente $I_R/I_Q$ et diminue $I_P/I_Q$. Par exemple, à + 20°, $I_R/I_Q$ passe de 0,23 ($NH_3$ pur) à 0,65 (solution 7 N) et $I_P/I_Q$ de 0,5 à 0,35. A — 35° $I_R/I_Q$ passe de 0,73 ($NH_3$ pur)

(3) *Z. Phys.*, 81, 1933, p. 209.

(4) *Ind. J. of Phys.*, 5, 1930, p. 49 et 59.

à 0,91 ($34\,NH_3$ pour $13\,H_2O$ et $I_P/I_Q$ de 0,92 à 0,6. Ces variations de la répartition des intensités sont beaucoup plus grandes que celles auxquelles on pourrait s'attendre pour une bande de vibration-rotation.

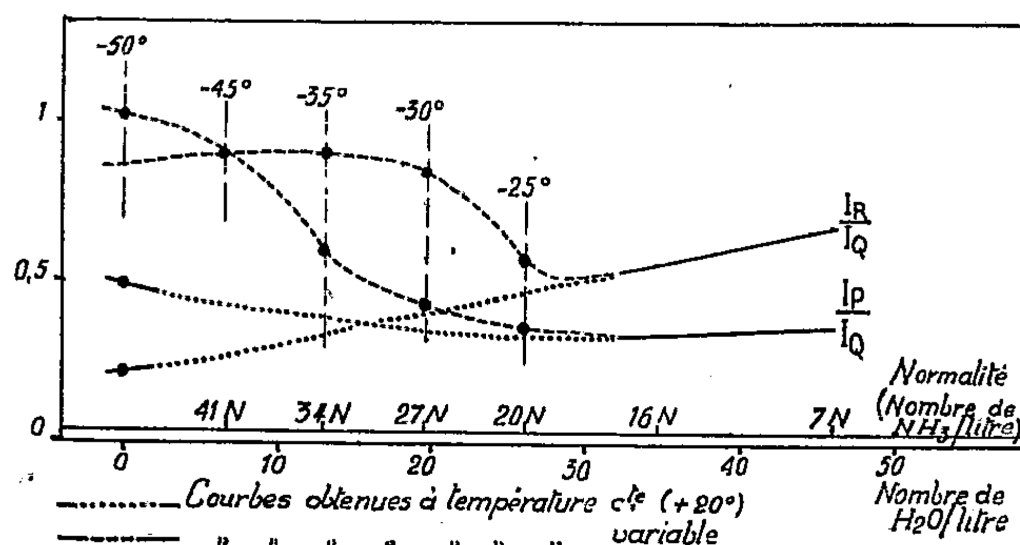



Fig. 2.

*b*. L'augmentation de la température absolue dans le rapport de 0,7 à 1 pour l'ammoniac liquide produit une augmentation de l'intensité relative de la branche Q, qui devrait rester constante, et augmente la dissymétrie d'intensité entre P et R, alors que cette dissymétrie devrait diminuer comme $1/\sqrt{T}$. Cette dissymétrie pour l'ammoniac liquide ($I_P > I_R$) est exactement opposée à celle que prévoit la théorie de la bande de vibration-rotation ($I_P < I_R$).

3° La différence de fréquence entre les maxima d'intensité des branches extrêmes P et R du triplet reste constamment égale à $173 \pm 3\,cm^{-1}$, au lieu de varier comme $\sqrt{T}$, entre $-60°$ et $+20°$, pour tous les mélanges d'ammoniac et d'eau.

4° Rappelons enfin que la branche R est toujours à peu près dépolarisée alors que les branches P et Q sont fortement polarisées ($\rho = 0,2$).

Tous ces faits réunis montrent que le triplet Raman de l'ammoniac liquide ou dissous vers $3300\,cm^{-1}$ ne peut pas être une bande de vibration-rotation.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre infrarouge de la fraction I du plasma obtenue par la méthode de Cohn.* Note de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente (1) nous avons signalé que le spectre infrarouge de la fraction I du plasma (échantillon provenant du laboratoire de Cohn) comporte deux fortes bandes à $6^{\mu},323$ et à $7^{\mu},173$. Ce spectre était si différent des protéines en général et de la fibrine en particulier qu'il nécessitait une étude complémentaire.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1212.

Cette étude nous a montré que les bandes obtenues ne sont pas dues aux protéines contenues dans la fraction examinée, pour les raisons suivantes :

1° après chauffage d'une solution de la fraction I en question, soit à 55°, qui coagule le fibrinogène, soit à 100°, qui coagule toutes les protéines, le liquide surnageant le coagulum a le même spectre que la solution initiale;

2° une fraction I préparée par nous selon la technique de Cohn et dissoute dans un sérum physiologique donne un spectre normal de protéine avec les deux fortes bandes vers $6^{\mu},00$ et $6^{\mu},40$.

Il apparaît ainsi que la courbe d'absorption de l'échantillon provenant du laboratoire de Cohn est due à l'existence d'une impureté non précipitable par la chaleur, probablement non protéique. L'aspect de cette courbe évoque un sel métallique d'acide carboxylique, cette idée est confirmée par le fait que la préparation traitée par des vapeurs de HCl donne un spectre d'acide carboxylique.

Une étude spectrale des impuretés salines susceptibles d'être rencontrées dans la préparation nous a montré qu'il s'agit probablement de citrate de sodium, introduit comme tampon lors de la redissolution du précipité de fractionnement, avant la dessiccation finale.

Un tampon citrate, à un pH voisin de la neutralité, présente exactement les mêmes bandes que la fraction I étudiée dans une Note précédente.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les particules négatogènes nouvelles, de moment cinétique élevé, dans le spectre des radio-éléments* β. Note (*) de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Louis de Broglie.

Des expériences antérieures à l'aide du spectrographe magnétique indiquaient qu'une faible part de l'émission négative des trois radio-éléments RaE, $P^{32}$, RaC n'était pas constituée par des électrons ordinaires, mais devait être attribuée à des particules négatives nouvelles, de très grande impulsion : je donne ici la description des essais qui montrent la désintégration de ces particules en rayonnements β.

1° On dispose dans le spectrographe des lames minces (aluminium, nickel, zinc, palladium, tantale, etc., voire carton) de manière à ce qu'elles soient frappées normalement par les trajectoires circulaires de grand rayon décrites par des particules de $H\rho$ voisin de $10^4$ émises par $P^{32}$, mais sans qu'elles puissent être atteintes par le bremsstrahlung émis par le radio-élément. Un film photographique (protégé par une lame de $0^{mm},2$ d'aluminium arrêtant pratiquement tous les rayons β de $H\rho < 2000$) est disposé à $5^{cm}$ au-dessous de la lame (par exemple de l'aluminium de 50 mg/cm²) : il montre des raies

(*) Séance du 3 janvier 1951.

produites par les enroulements électroniques trochoïdaux prenant naissance dans la lame au point d'impact des particules nouvelles.

*a*. La position de ces taches varie avec l'intensité du champ magnétique utilisé de telle façon que le produit de H par la distance $2\rho$ du point d'impact sur la lame à la source demeure constant ($H\rho$ de 10000 à 15000 suivant le radio-élément, valeurs confirmant les résultats de la méthode de la trochoïde).

*b*. Si l'on substitue à l'aluminium une lame de tantale de 50 mg/cm², c'est-à-dire de même masse superficielle que celle d'aluminium, l'intensité des rayons β secondaires obtenus s'accroît considérablement, indiquant qu'à masse superficielle égale les éléments de nombre atomique élevé augmentent la probabilité de désintégration des particules primaires négatogènes.

*c*. Si l'on augmente la masse de la lame de tantale de 50 à 150 mg/cm² (ou de la lame d'aluminium de 55 à 225 mg/cm²) l'intensité des rayons β enregistrée décroît énormément : on a donc dépassé l'épaisseur optima de ce métal (vers 100 mg/cm²) pour la transformation de la particule nouvelle en électron.

2° Des obstacles matériels, tels que le bord de lames d'aluminium, sont disposés dans le spectrographe dans les régions où seules peuvent les atteindre les particules négatives de $H\rho \geq 10^4$, à l'exclusion des rayons β ordinaires ou des γ; le film est maintenant placé normalement à la direction du champ magnétique. On observe que la pointe de ces écrans, tangentée par la trajectoire circulaire invisible des particules nouvelles, devient l'origine d'un enroulement électronique bien défini, un cercle déterminé de 6 à 15mm de diamètre, dont on peut mesurer le moment $H\rho$. L'expérience est surtout probante en substituant au $P^{32}$ une source de RaE qui a l'avantage de donner très peu de rayonnement électromagnétique. On trouve que pour chacun des trois radio-éléments précités, le moment des rayons β secondaires ainsi engendrés se situe dans le spectre β ordinaire correspondant, d'une façon plus précise l'énergie de ces β se rapproche de l'énergie la plus représentée dans le spectre β.

Ce fait apporterait un appui à l'hypothèse d'après laquelle le phénomène primitif dans la désintégration β serait l'émission par le noyau d'une des particules négatives de moment élevé ici décrite, émission qui serait suivie la plupart du temps d'une transformation de la particule en électron β dans le voisinage même du noyau désintégré : ainsi le spectre continu β observé ne serait qu'un phénomène secondaire.

3° Un tel mécanisme expliquerait peut-être un certain nombre d'anomalies constatées avec les rayonnements β :

*a*. La diffusion anormale des β, l'énergie de la particule après déviation étant fortement inférieure à l'énergie initiale (1), effet dont la probabilité

(1) M. Lecoin, *J. Phys.*, 7e série, 9, 1938, p. 91.

augmente pour les énergies supérieures à 1 MeV : il pourrait correspondre à la transformation de la particule négatogène en électron.

*b.* La divergence entre les deux valeurs de l'énergie moyenne par désintégration des rayons $\beta$ du RaE déterminées par calorimétrie, puis par la chambre Wilson (²).

*c.* L'éventuelle non-existence d'électrons de désintégration (³) dans la transformation $\beta$ du MTh 1 ou dans celle de Ac.

4° La masse de la particule à moment élevé ne peut être encore précisée : à plusieurs reprises nous avons disposé sur son trajet, dans le spectrographe, des plaques nucléaires Ilford $B_2$ et $G_5$, afin de tenter de caractériser la trajectoire microscopique de celle-ci : elle ne semble pas se distinguer aisément de celle d'un électron rapide, ni par le nombre de grains par micron, ni par la diffusion, et son action sur l'émulsion ne dépasse pas beaucoup le minimum d'ionisation. Par exemple, avec RaE, on observe dans les zones atteintes par des particules de $H\rho = 10^4$ des trajectoires assez tendues (de 50 à $100^{\mu}$ de longueur), la distance des grains étant de 2 à $3^{\mu}$ : de telles trajectoires se terminent par une trace électronique. Ce que l'on peut dire, c'est que leur aspect ne se rapproche pas de celui d'un méson de quelques MeV.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques sur les valeurs des rayons nucléaires déduites de la radioactivité alpha.* Note de MM. **Georges Ambrosino** et **Henri Piatier**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. L'énergie totale libérée par une désintégration alpha se répartit de la façon suivante : 1° l'énergie cinétique de la particule alpha; 2° l'énergie cinétique de l'atome de recul; 3° l'énergie cinétique des électrons libérés que nous supposerons négligeable; 4° la différence $\varepsilon$ entre l'énergie totale de liaison de tous les électrons de l'atome initial et celle des électrons restant unis au noyau final. La valeur la plus petite que peut prendre la grandeur $\varepsilon$ est la différence entre l'énergie totale d'ionisation de l'atome initial (de charge $Z + 2$) et celle de l'atome final (de charge Z) supposé dans son état fondamental.

Cette valeur minimum de $\varepsilon$ pourrait se calculer exactement par la connaissance des termes spectraux. On obtient une bonne approximation par les formules approchées de Fermi. De l'uranium au polonium elle varie de 36 keV à 30 keV.

2. La barrière de potentiel que doit franchir la particule alpha est celle que créent la charge du noyau final et la charge des électrons qui l'entourent. Dans le cas des noyaux lourds, le potentiel dans l'atome, à l'extérieur du noyau, est

(²) M. Lecoin, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 912.
(³) M. Lecoin et M. Perrey, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 121.

représenté correctement par la formule de Thomas et Fermi [1]. Si $U(r)$ est le potentiel du noyau isolé $U(r) = zZe^2/r$ ($z$ = charge de la particule alpha, $Z$ = charge du noyau final), le potentiel de Thomas et Fermi est

$$V(r) = U(r).X(r),$$

$X(r)$ étant une fonction décroissante de $r$, prenant la valeur 1 pour $r = 0$ et tendant vers zéro pour les grandes valeurs de $r$. Pour de petites distances, l'approximation linéaire est suffisante :

$$X(r) = 1 - ar, \qquad \text{d'où} \qquad V(r) = \frac{zZe^2}{r} - zZe^2a = U(r) - b.$$

La barrière de potentiel se trouve donc abaissée d'une quantité $b$. Le calcul montre que $b$ est du même ordre de grandeur que $\varepsilon$. Il varie de 38 keV à 34 keV de l'uranium au polonium. Dans la formule de Gamow donnant la transparence de la barrière de potentiel, la quantité $b$ s'ajoute à l'énergie de la désintégration alpha.

3. Il en résulte que dans le calcul des rayons nucléaires il faut augmenter l'énergie habituellement utilisée (énergies cinétiques de la particule alpha et du noyau de recul) de la somme des deux quantités $\varepsilon$ et $b$ qui, pour les noyaux lourds, se monte environ à 70 keV. D'après Perlman, Ghiorso et Seaborg [2] le calcul des rayons nucléaires par la formule de Gamow ne donne des résultats cohérents que pour les noyaux à nombre de neutrons pair et à nombre de protons pair. Parmi ceux-ci, U 238 et Th 232 faisaient exception et les rayons nucléaires calculés dépassaient de 3 à 4 % la valeur normale $R = R_0A^{1/3}$ ($R_0 = 1,48.10^{-13}$cm et $A$ = nombre de masse du noyau) [3]. La correction proposée permet de montrer que ces rayons ont aussi la valeur normale. Quant aux autres noyaux, son influence est beaucoup plus faible, l'énergie de la particule alpha étant plus élevée.

Il reste à examiner la possibilité pour l'atome final d'avoir été excité ou ionisé par le passage de la particule alpha.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption dans l'ultrahertzien et liaison hydroxyle : Eau de cristallisation et eau d'adsorption*. Note de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les rayons X, l'absorption infrarouge et l'effet Raman ont permis d'aborder l'étude du groupement OH (liaison hydrogène et liaison hydroxyle) et, en particulier, la structure de la glace et de l'eau liquide [1]. Mais c'est surtout aux propriétés diélectriques que l'on doit

(1) Fermi, *Zeits. f. Physik*, 48, 1928, p. 73.

(2) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 26.

(3) Perlman et Ypsilantis, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 30.

(1) E. Bauer et M. Magat, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 319; *Cahiers Phys.*, nos 5, 16, 20 21; *J. Chimie Phys.*, 45, 1948, p. 93.

s'adresser pour étudier les possibilités d'orientation des molécules d'eau : 1° C'est dans le domaine des ondes *kilométriques* que l'on observe l'absorption Debye de l'eau « *solide* » dont les molécules font partie d'un ensemble *organisé à grande distance* (1) (2). 2° C'est dans le domaine des ondes *centimétriques* qu'apparait l'absorption Debye de l'eau « *liquide* » dont les molécules font partie d'un ensemble *non organisé* à grande distance (1) (3). Nous nous proposons de montrer ici que la mesure de l'absorption dans *l'ultrahertzien permet d'étudier le mécanisme de fixation de l'eau de cristallisation et de l'eau d'adsorption* et, par là, d'aborder de nombreux problèmes physicochimiques.

Notre idée directrice est la suivante : On sait (3) que l'eau liquide présente, à la température ordinaire, un maximum d'absorption vers $\lambda = 1^{cm}$, et une absorption encore très grande vers $\lambda = 3^{cm}$ (bande de Debye liée à l'orientation des molécules d'eau « liquide »). Nous admettrons par suite que *l'observation d'une absorption à $3^{cm}$ traduira quantitativement la liberté d'orientation des molécules d'eau « liquide » ; inversement, l'absence d'absorption à $3^{cm}$ démontrera la fixation des molécules d'eau* (vraisemblablement sous forme d'eau « solide » avec absorption pour les ondes kilométriques). Pour préciser, citons deux résultats essentiels : 1° L'eau « solide » (glace à 0° et au-dessous) ne présente pratiquement pas d'absorption à $3^{cm}$ (3). 2° Par contre, la présence de 10 % d'eau « liquide » se traduit à la température ordinaire par une absorption considérable : *voir* tableau.

1. *Eau de cristallisation.* — Nous avons recherché l'absorption, pour $\lambda = 3^{cm},15$, vers 15°C, des sels cristallisés suivants à l'état de poudre : bromure de sodium à 2 $H_2O$ ; hyposulfite de sodium à 5 $H_2O$ ; sulfate de magnésium à 7 $H_2O$ ; sulfate de cuivre à 5 et 1 $H_2O$ ; sulfate de nickel à 7 $H_2O$ ; nitrate d'uranyle à 6 et 3 $H_2O$ ; acétate d'uranyle à 2 $H_2O$. Ils cristallisent tous avec plusieurs molécules d'eau, ce qui correspond à des *teneurs en eau très supérieures à 10 %, et cependant l'absorption est nulle* (ou inférieure à 0,04, limite d'erreur possible). Ceci confirme que les molécules d'eau de cristallisation ne peuvent s'orienter comme le font les molécules d'eau « liquide » : elles sont fixées par liaison hydroxyle dans le réseau cristallin.

2. *Eau d'adsorption.* — On pouvait se demander si l'eau adsorbée sur l'alumine (pour chromatographie) ou le gel de silice (actigel) est sous forme « liquide » ou « solide ». Par la méthode des poudres (4), nous avons mesuré $\varepsilon''(\lambda = 3^{cm},15,\ 15°C)$ pour ces adsorbants ainsi que pour des poudres de saccharose et de chlorure de sodium renfermant des quantités croissantes d'eau. La valeur de $\varepsilon''$ dépendant du coefficient de remplissage de la cuve (épaisseur $0^{cm},5$ ; volume $1^{cm^3},149$), nous donnons l'ordre de grandeur des

(2) R. Guillien, *Cahiers Phys.*, n° 23, 1944, p. 43.

(3) C. H. Collie, D. M. Ritson et J. H. Hasted, *Trans. Far. Soc.*, 42, 1946, p. 129 ; Lamb, *Trans. Far. Soc.*, 42, 1946, p. 238.

(4) A. Hélaine, S. Le Montagner et J. Le Bot, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 403. Pour les corps *absorbants* étudiés ici on ne peut utiliser les formules de Böttcher ou de Bruggeman.

masses de produit. L'absorption étant sensiblement proportionnelle à la concentration en eau, les valeurs ci-dessous de $\varepsilon''$ ont été interpolées sur nos courbes.

| Concentration % en poids eau. | 2. | 6. | 10. | 20. | 25. |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumine ($1^g$,11 à $1^g$,24)..... | 0,08 | 0,24 | 0,40 | – | – |
| Silice ($1^g$,11 à $1^g$,36)........ | 0,12 | 0,35 | 0,58 | 1,15 | 1,44 |
| Saccharose ($1^g$,10 à $1^g$,65)... | 0,24 | 0,73 | 1,21 | – | – |
| Cl Na ($1^g$,50 à $1^g$,83)........ | 0,43 | 1,29 | 2,17 | (5,3) | – |

L'existence d'une absorption élevée montre que *les molécules d'eau adsorbée* (alumine ou silice) *sont, en grand nombre, à l'état « liquide »* (libres de s'orienter). Toutefois, nous pouvons affirmer que ce nombre est moins élevé que pour l'eau ajoutée aux poudres de saccharose et surtout de Cl Na.

3. *Application et conclusions.* — L'étude de l'alumine hydratée $Al(OH)_3$ nous a montré que ce composé n'absorbe pas à $\lambda = 3^{cm}$. En le chauffant à 114, 180, 200 ou 270°C, nous l'avons déshydraté systématiquement; dans chaque cas, après retour à 15°, malgré le départ d'eau, l'absorption est restée nulle. Par contre, en *laissant réhydrater* en atmosphère humide ces divers produits desséchés, *une absorption importante apparaît* (0,24 et 0,45 pour 5 et 13 % d'eau repris, par exemple) : Les molécules d'eau de réhydratation sont « liquides ».

Cet exemple montre que les mesures d'absorption à $3^{cm}$ constitueront un précieux procédé d'étude des formes eau « liquide » et « solide ». En liaison avec des observations sur l'effet du refroidissement (jusqu'à —183°C) que nous publierons prochainement, soulignons que ces recherches intéressent des questions telles que la fixation de l'eau en chimie minérale (ciments, plâtre, etc.) organique ou biologique (eau des tissus végétaux ou animaux). C'est également un moyen d'étude de l'adsorption de substances autres que l'eau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination en ondes centimétriques, de la constante diélectrique de substances à l'état compact à partir de la constante diélectrique de la poudre.* Note de MM. **Albert Hélaine, Serge Le Montagner** et **Jean Le Bot**, présentée par M. Aimé Cotton.

En utilisant, à l'aide de trois appareils distincts, vers 3 000, 7 500 et 10 000 Mc/s, la méthode précédemment décrite [1], nous avons cherché à établir pour ce domaine des ondes centimétriques, *la validité d'une formule reliant la constante diélectrique d'une poudre, à celle de l'échantillon compact correspondant.* Des formules répondant à ce but ont été proposées par divers

[1] *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 749.

auteurs ([2]) qui les ont éprouvées en *basse fréquence* : elles y donnent des résultats généralement satisfaisants, en particulier celles dues à Bruggeman et à Böttcher, dérivant d'ailleurs toutes deux de la formule de Rayleigh. La formule de Lorentz est par contre bien moins correcte.

Nos expériences ont d'abord porté sur les échantillons de trois substances *non absorbantes* : marbre blanc, cristal de roche et talc.

Le tableau suivant rassemble nos résultats :

| | | | | $\varepsilon$ poudre | $\varepsilon_1$. Bloc | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | calculé | | |
| | λ (cm). | *d*. | δ. | mesuré. | mesuré. | Lorentz. | Böttcher. | Bruggeman. |
| Marbre | 10,19 | 2,63 | 0,66 | 4,17 | 7,5 | 11,5 | 6,8 | 8,0 |
| | 3,99 | | 0,64 | 4,25 | 7,9 | 14 | 7,3 | 8,7 |
| | 3,15 | | 0,71 | 4,15 | 7,8 | 9,9 | 6,5 | 7,4 |
| Cristal de roche | 10,19 | 2,65 | 0,58 | 2,64 | 4,3 | 5,7 | 4,5 | 4,9 |
| | 3,99 | | 0,57 | 2,61 | 4,4 | 5,7 | 4,5 | 4,9 |
| | 3,15 | | 0,61 | 2,63 | 4,2 | 5,0 | 4,2 | 4,5 |
| Talc | 3,99 | 2,72 | 0,55 | 3,00 | 5,7 | 9,1 | 5,6 | 6,5 |
| | 3,15 | | 0,50 | 2,54 | 5,3 | 6,0 | 5,1 | 5,7 |
| ClNa | 10,19 | 2,17 | 0,42 | 2,20 | 5,6 en B.F. | 6,3 | 5,1 | 5,8 |
| | 3,99 | | 0,77 | 3,86 | | 6,4 | 5,1 | 5,5 |
| | 3,15 | | 0,62 | 3,22 | | 7,8 | 5,4 | 6,0 |

λ, longueur d'onde air en centimètres; *d*, densité du solide; $\delta = \frac{M}{V}\frac{1}{d}$; M, masse de poudre contenue dans la cuve de mesure; V, volume de la cuve; ε, constante diélectrique de la poudre; $\varepsilon_1$, constante diélectrique du solide compact.

Formule de Lorentz : $\frac{\varepsilon+2}{\varepsilon-1}\delta = \frac{\varepsilon_1+2}{\varepsilon_1-1}$

» Böttcher : $\frac{\varepsilon-1}{3\varepsilon} = \delta\frac{\varepsilon_1-1}{\varepsilon_1+2\varepsilon}$

» Bruggeman : $1-\delta = \frac{\varepsilon_1-\varepsilon}{\varepsilon_1-1}\sqrt[3]{\frac{1}{\varepsilon}}$

Nous avons calculé la constante diélectrique de l'échantillon solide à partir de celle de la poudre en utilisant les formules de Lorentz, de Böttcher et de Bruggeman. L'erreur moyenne s'élève environ à 8 % pour la formule de Böttcher, à 12 % pour la formule de Bruggeman et à plus de 20 % pour celle

([2]) C. J. F. Böttcher, *Rec. Trav. Chim.*, **64**, 1945, p. 47; Bruggeman, *Ann. der Phys.*, **24**, 1935, p. 636; R. Guillien, *Ann. de Phys.*, **16**, 1941, p. 205; H. S. Lorentz, *Wied. An.*, **9**, 1880, p. 641; Van Vessern et Bijvoet, *Rec. Trav. Chim.*, **67**, 1948, p. 191; J. W. Rayleigh, *Phil. Mag.*, **34**, 1892, p. 481.

de Lorentz, l'erreur, pour toutes ces formules diminuant d'ailleurs avec la valeur de la constante diélectrique. Nous n'avons donc considéré que les deux premières comme acceptables. L'erreur provenant de l'utilisation de l'une ou l'autre de ces formules nous semble due, au moins en partie, à la définition cristalline de la poudre; toutes ces formules sont en effet établies pour une poudre idéale à particules sphériques.

Il semble donc que *ces formules constituent encore en ondes centimétriques, comme en basse fréquence, une bonne approximation*, permettant en particulier, à partir d'une valeur expérimentale de la constante diélectrique d'une poudre *non absorbante*, de remonter à celle du solide correspondant. Nous l'avons vérifié pour le chlorure de sodium qui nous donne les résultats indiqués dans la dernière partie du tableau ci-dessus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Représentation stérique des chaînes méthyléniques.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

En égalant le volume molaire du diamant à celui d'un cylindre enveloppant N atomes de carbone dont les centres sont situés à une distance de 1,54 Å on trouve, pour rayon de la sphère d'encombrement de l'atome de carbone, 1,08 Å. Cette grandeur représente la distance qui, dans les carbures saturés, sépare le centre de l'atome de carbone du centre de l'atome d'hydrogène qui lui est lié.

Les noyaux d'atomes d'hydrogène seraient donc distribués sur les génératrices du cylindre défini plus haut et leur rayon d'encombrement, si l'on prend pour diamètre des chaînes méthyléniques le nombre fourni par la diffraction des rayons X, est

$$2,35 - 1,08 = 1,27 \text{ Å},$$

rayon qu'attribue Goldsmith à l'atome d'hydrogène ionisé $H^-$.

1. On admet pour distance des centres de deux atomes de carbone voisins : 1,54 Å dans le cas d'une liaison simple; 1,32 — 1,34 Å dans le cas d'une liaison double; 1,20 Å dans le cas d'une liaison triple.

Si l'on porte en abscisses le nombre de liaisons, en ordonnées la distance des centres des atomes de carbone, on obtient une courbe qui, extrapolée, coupe l'axe des ordonnées en un point voisin de 2,10 Å (*fig.* 1).

Si l'on représente les atomes de carbone par des sphères de rayon constant, on doit admettre que les deux sphères, représentant deux atomes de carbone voisins, se pénètrent d'autant plus que le nombre de liaisons qui les unit est plus grand (*fig.* 2).

---

(*) Séance du 8 janvier 1951.

Il semble donc que le rayon de la sphère d'encombrement de l'atome de carbone, supposé isolé, doit avoir un diamètre dont la valeur est celle que fournit l'extrapolation de la courbe 1.

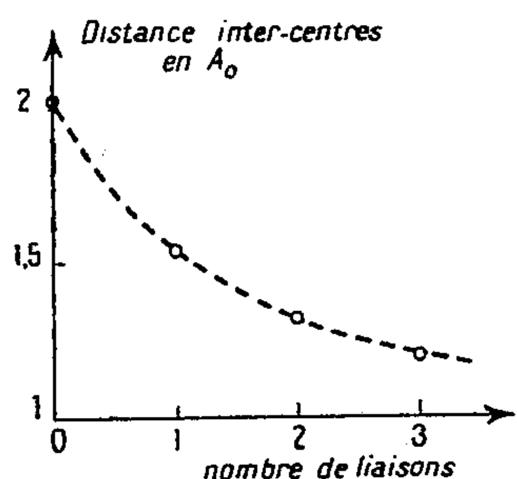



Fig. 1.

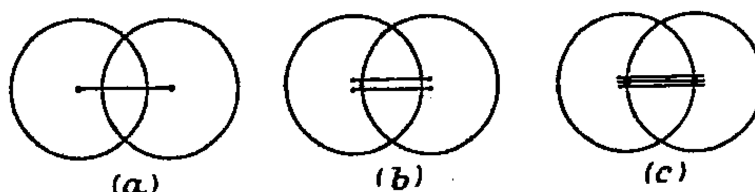



Fig. 2.

2. Représentons la molécule gramme de carbone (diamant) comme une suite de sphères s'interpénétrant suivant la figure 2 ($a$); les centres successifs étant situés à 1,54 Å l'un de l'autre.

Si $r$ est le rayon de ces sphères, le volume du cylindre limité par les tangentes à ce chapelet d'atomes est

$$v = \pi r^2 l = \pi r^2 1,54 . . 10^{-8}\, 6,06 . 10^{23}.$$

Si l'on égale $v$ au volume molaire du diamant, c'est-à-dire à $3^{\text{cm}^3},42$, on tire

$$r = 1,08 \text{ Å}.$$

Le diamètre de la sphère d'encombrement représentant l'atome de carbone est donc égal à 2,16 Å, valeur voisine de celle que fournit l'extrapolation de la courbe 1.

2. Cette grandeur 1,08 Å est égale à la valeur moyenne que donnent différents auteurs comme distance des centres des atomes de carbone et d'hydrogène dans les chaînes méthyléniques. Les noyaux d'atomes d'hydrogène seraient donc distribués sur les génératrices du cylindre carboné.

4. Dans un précédent travail [1], nous avons établi que le rayon statistique des chaînes méthyléniques était compris entre 2,32 et 2,35 Å (2,32 dans les carbures saturés, 2,35 dans les dérivés halogénés de ces carbures); d'autre part, la diffraction des $R_x$ fournit la valeur 2,32 Å.

On peut en déduire que le rayon d'encombrement de l'atome d'hydrogène, lié au carbone, est compris entre

$$2,32 - 1,08 = 1,24 \text{ Å} \qquad \text{et} \qquad 2,35 - 1,08 = 1,27 \text{ Å}.$$

Ces nombres sont très voisins de celui que donne Goldsmith pour rayon de l'atome d'hydrogène ionisé ($H^-$)(1,27 Å).

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 618.

5. Représentons une chaîne méthylénique en adoptant pour rayons des atomes de carbone et d'hydrogène les valeurs trouvées ($r_c = 1{,}08$ Å; $1{,}24$ Å $\leq r \leq 1{,}27$ Å) et en disposant les noyaux d'atomes de carbone aux sommets d'une ligne brisée dont les segments font entre eux un angle de 109°,3 (*fig.* 3 *a* et *b*).

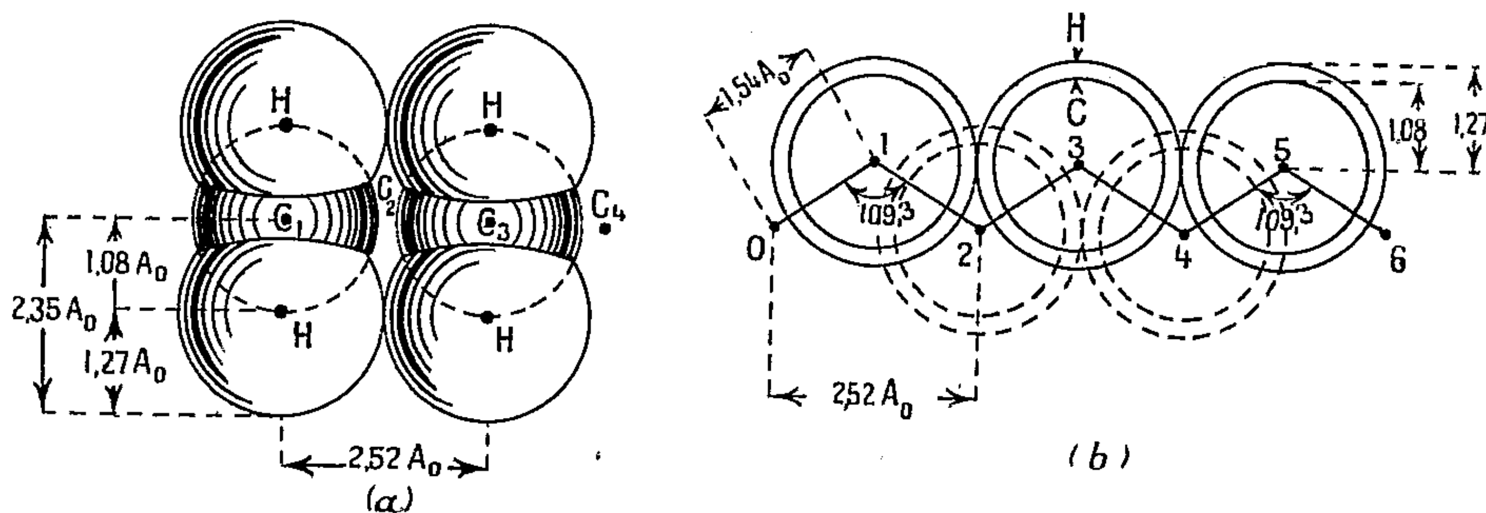



Fig. 3.

On remarque, et un calcul simple le montre, que les sphères représentant les atomes d'hydrogène, liées aux atomes de carbone de même parité, sont tangentes à 1/100 d'Å près.

Tout semble donc se passer comme si l'atome de carbone jouait, vis-à-vis de l'atome d'hydrogène, le rôle de donneur d'électrons et que, deux atomes d'hydrogène ionisés ($H^-$) voisins, appartenant à deux atomes de carbone de même parité, n'étaient plus, du fait de leur saturation à deux électrons, interpénétrables, du moins à l'extérieur de la chaîne carbonée.

Dans un prochain travail nous montrerons, qu'appliquée aux carbures aromatiques (au benzène et au naphtalène notamment) cette représentation permet de calculer, avec une approximation très satisfaisante, la distance (3,5 Å) qui sépare les plans carbonés, distance voisine de celle qui sépare les plans carbonés du graphite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur les piles à dépolarisation par l'air. Polarisation statique et polarisation dynamique.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Armand Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le fonctionnement des piles à dépolarisation par l'air est sous la dépendance de deux phénomènes fondamentaux :

*a*. la polarisation, qui tend à abaisser la tension de la pile;

*b*. la dépolarisation par respiration, c'est-à-dire par absorption de l'oxygène atmosphérique, qui a pour effet de s'opposer à cet abaissement de la tension, le positif fonctionnant ainsi comme électrode à oxygène.

Nous nous sommes attachés à analyser le phénomène de polarisation dans le

cas des piles, type Leclanché, au chlorure d'ammonium. A cet effet, l'élément de pile était introduit dans une enceinte remplie d'azote, et l'on faisait débiter la pile, ainsi privée de sa faculté de restauration par respiration, sur une résistance extérieure R. Voici les principaux phénomènes mis en évidence :

1. *Réarrangement après polarisation.* — En opérant avec une résistance relativement faible $R_1$, la tension aux bornes de la pile s'effondre rapidement (courbe $AB_1$ de la figure 1). Si, après un temps T, on met la résistance $R_1$ hors circuit, on constate que la tension remonte (courbe $B_1C_1$), pour se stabiliser finalement en $C_1$. La remontée de la tension manifeste une redistribution des charges électriques à l'intérieur de la pile que nous proposons d'appeler « Réarrangement après polarisation ».

Si l'on fait débiter la pile pendant le même temps T sur une résistance $R_2$ plus élevée que $R_1$, on observe que l'effondrement de la tension (courbe $AB_2$) et le réarrangement $B_2C_2$ sont moins accusés.

Enfin, si l'on choisit une résistance de débit $R_3$ très grande, de façon à avoir un courant presque nul, l'abaissement de la tension $AB_3$, au bout du temps T, est beaucoup plus faible et le réarrangement $B_3C_3$ pratiquement négligeable.

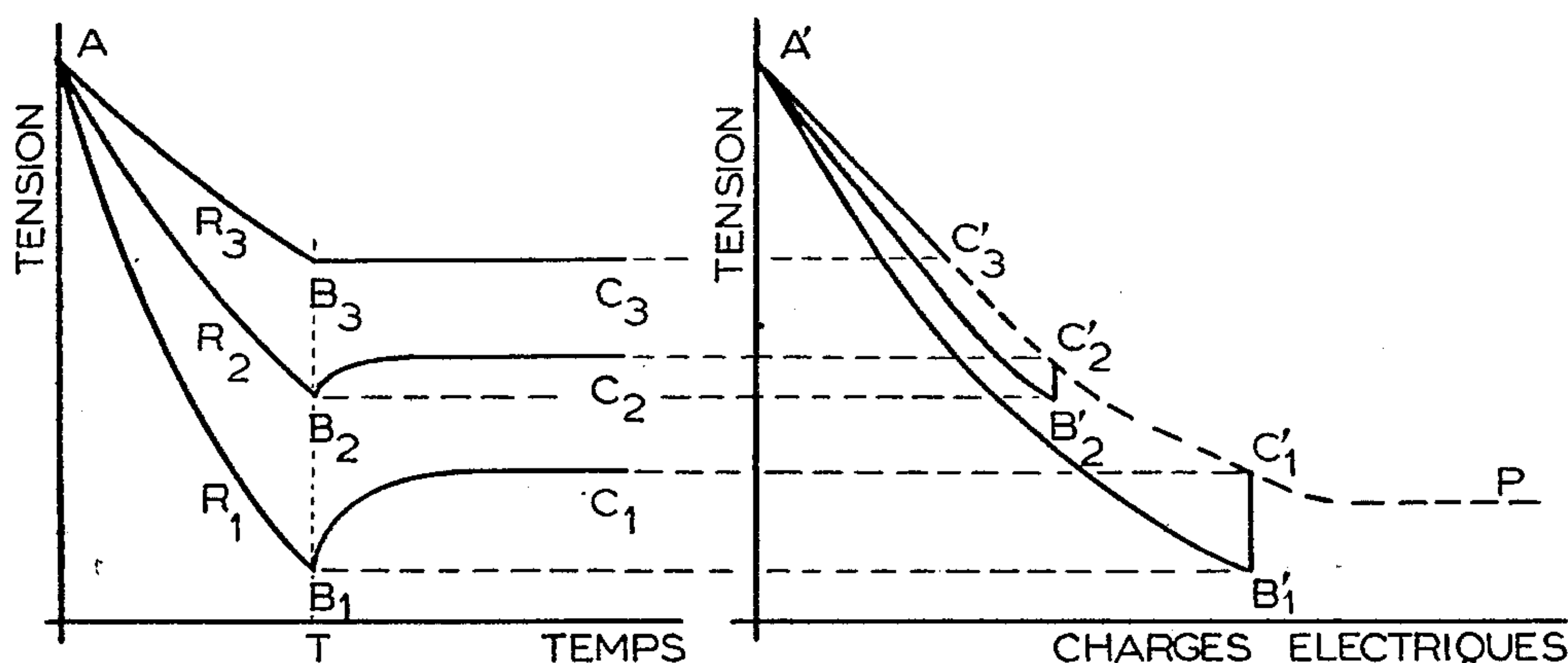



FIG. 1 FIG. 2

2. *Polarisation dynamique et polarisation statique.* — On peut représenter les phénomènes précédents dans le diagramme tension-charges. Les courbes $A'B'_1$, $A'B'_2$ de la figure 2 correspondent aux décharges sur les résistances $R_1$, $R_2$ et les verticales $B'_1C'_1$, $B'_2C'_2$ aux réarrangements après polarisation. En faisant varier la résistance R et la durée de la décharge, on trouve que tous les points tels que $C'_1$, $C'_2$ correspondant aux fins de réarrangement se placent sur une même courbe A'P qui, par ailleurs, est celle que décrit le point $C'_3$ (décharge sur une résistance très élevée, réarrangement nul) quand on fait varier uniquement le temps.

Il s'ensuit que la F.E.M. de la pile en état d'équilibre est uniquement

fonction des charges débitées et que la courbe A'P, lieu des points $C'_3$ est, pour une pile donnée, une caractéristique intrinsèque. Elle représente la polarisation idéale de la pile en l'absence de tous phénomènes perturbateurs engendrés par le passage du courant.

Les résultats précédents nous ont amenés à discerner deux phénomènes distincts de polarisation que nous avons qualifiés respectivement de « Polarisation statique » et de « Polarisation dynamique ». La polarisation statique est caractérisée par un abaissement permanent de la F. E. M. de la pile, tandis que la polarisation dynamique, qui se manifeste chaque fois que la pile débite un courant notable, se traduit par une réduction temporaire de la tension pendant le passage du courant, suivie d'un réarrangement quand la pile est mise en circuit ouvert.

3. *Transformation de l'électrode positive.* — Si l'on poursuit indéfiniment la polarisation statique, la courbe A'P s'infléchit et devient une horizontale. La tension se stabilise en même temps qu'apparaît, à l'électrode positive, un dégagement d'hydrogène dont le débit est proportionnel aux charges électriques qui circulent dans la résistance extérieure. Le positif s'est donc transformé d'électrode à oxygène en électrode à hydrogène et l'on peut noter, à l'appui de cette constatation, que l'abaissement de la tension de la pile, soit 1,05 V, est très voisin de la valeur pratique de la F. E. M. de la pile à gaz oxygène-hydrogène, soit 1,10 à 1,20 V.

Notons que la quantité de charges électriques débitées pour parvenir à cette transformation est loin d'être négligeable, car elle atteint 3 % de la quantité totale d'électricité disponible dans la pile.

En conclusion, l'analyse du phénomène de polarisation, dans le cas des piles à dépolarisation par l'air du type Leclanché au chlorure d'ammonium, nous a permis de mettre en évidence l'existence de deux types de polarisation essentiellement différents, l'un d'ordre statique, l'autre d'ordre dynamique. La polarisation statique présente un caractère permanent et nous avons montré qu'elle correspond à une transformation progressive du positif, d'électrode à oxygène en électrode à hydrogène.

ÉLECTROCHIMIE. — *Coefficient de température à activité constante de l'électrode à amalgame de cuivre.* Note de MM. **Maurice Bonnemay** et **J. Fairbank**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Détermination du coefficient de température à activité constante $\partial E/\partial T$ de l'électrode à amalgame (1 %) de cuivre/ions cuivre.

Application au calcul de la variation d'entropie de la transformation réversible $Cu \rightleftharpoons Cu^{++} + 2e$. En solution d'activité $Cu^{++} = 1$ : $\partial E/\partial T = 0{,}81$ mV/degré, $\Delta S = -37$ cal/degré, le signe — indique que l'entropie diminue quand Cu s'ionise.

On mesure la force électromotrice V de la pile formée par deux cel-

lules $Cu/Cu^{++}$ identiques, mais placées l'une dans un thermostat (chaud) dont on fait varier la température, l'autre dans un thermostat (froid) de température constante. Dans le domaine de températures étudié on a obtenu en portant la force électromotrice en fonction de la différence de température entre les deux cellules, des droites de pente $\gamma$.

E désignant le potentiel d'électrode et $\psi$ le potentiel à la jonction des solutions froides et chaudes (¹), on a

$$V = E + \psi - E_1, \tag{1}$$

$$\gamma = \frac{dV}{dT} = \frac{dE}{dT} + \frac{d\psi}{dT}. \tag{2}$$

En ajoutant des quantités d'ions étrangers à la solution de sel de cuivre, et cela de telle sorte que l'activité en ions cuivre demeure constante, les valeurs de $\gamma$ sont modifiées et dans le cas de l'addition de l'anion $SO_4^{=}$, on observe que la courbe $\gamma = f(SO_4^{=})$ présente en $\gamma_m$ pour une concentration de quelques millièmes en ions $SO_4^{=}$, un point à tangente horizontale.

Au voisinage d'un tel point on a au moins $\partial\gamma/dc = 0$, $\gamma$ devient donc indépendant de $c$ au second ordre près. En outre, l'expérience montre que les valeurs $\gamma_m$ ainsi déterminées sont indépendantes de la nature de l'anion ajouté $A^-$, du cation qui lui est associé ($H^+$ ou $Na^+$ par exemple), de l'anion relatif à l'ion $Cu^{++}$. Enfin la variation de $\gamma_m$ en fonction de $\mathrm{Log}[Cu^{++}]$ est représentée par une droite de pente $R/2\mathcal{F}$. Ce sont là toutes les propriétés caractéristiques du coefficient de température à activité constante de l'électrode

$$\frac{\partial E}{\partial T} = \frac{dE_0}{dT} + \frac{R}{2\mathcal{F}} \mathrm{Log}[Cu^{++}]. \tag{3}$$

On est donc fondé à poser $\gamma_m = (\partial E/\partial T) + \text{const.}$; et d'après ce que nous venons de dire si cette constante n'était pas nulle, elle serait complètement indépendante de la composition chimique de la solution.

Une telle conclusion nous a paru invraisemblable, on ne voit pas en effet quelle pourrait être la signification physique d'une telle constante absolue. Il nous a paru beaucoup plus naturel d'admettre que cette constante a dans tous les cas une valeur très faible, inférieure aux limites d'erreurs, ce qui expliquerait son invariance apparente. D'ailleurs la théorie thermodynamique des potentiels de jonction que l'on peut appliquer ici d'une manière approchée dans un cas particulier simple, conduit à une valeur de la constante négligeable.

On est donc fondé à poser :

$$\gamma_m = \frac{\partial E}{\partial T}.$$

(¹) La composition chimique de la solution étant la même dans les deux cellules, ce potentiel $\psi$ ne dépend que de la différence de température entre les deux cellules et s'annule avec elle. Il provient de la variation de mobilité des ions avec la température

Pour les solutions de sels de cuivre sans addition d'ions étrangers, les courbes $\gamma_m = f(\mathrm{Log}[\mathrm{Cu}^{++}])$ sont des droites de pente 0,41 mV pour les sulfates et 0,53 mV pour les nitrates. Il en résulte qu'elles coupent chacune la droite $\gamma_m = f(\mathrm{Log}[\mathrm{Cu}^{++}])$ de pente $\mathrm{R}/2\mathcal{F} = 0,1$ mV.

Pour un sel de cuivre donné, les courbes $\gamma = f(\mathrm{A}^-)$ présentent à gauche du point d'intersection des maxima, à droite du point d'intersection des points d'inflexion.

Dans le cas des sels de cadmium ([2]) et des acides, les droites relatives aux solutions pures étaient au contraire à peu près parallèles à la droite des $\gamma_m$; on n'obtenait que des minima ou des maxima selon que la droite $\gamma_m$ était au-dessous ($\mathrm{Cd}^{++}$) ou au-dessus ($\mathrm{H}^+$) de la droite $\gamma_0$ des solutions pures.

*Applications.* — A partir de $\gamma_m = \partial \mathrm{E}/\partial \mathrm{T}$ on peut calculer la variation d'entropie $\Delta \mathrm{S} = -\mathrm{T}\gamma_m$ de la transformation réversible $\mathrm{Cu} \rightleftharpoons \mathrm{Cu}^{++} + 2e$; on obtient ainsi $\gamma_m = 0,81$ mV/degré, $\Delta \mathrm{S} = -37$ mV/degré. L'activité de $\mathrm{Cu}^{++}$ étant égale à 1.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Détection micrographique, microsclérométrique et radiocristallographique de la fragilité de revenu d'un acier à faible teneur en chrome.* Note de MM. Pierre-A. Jacquet, Helmut Bückle et Mme Adrienne-R. Weill, présentée par M. Pierre Chevenard.

La micrographie détecte l'état fragile d'un acier au carbone contenant du chrome comme seule addition et une teneur relativement élevée en phosphore. L'analyse microsclérométrique, et surtout les rayons X, ne montrent, entre les états tenace et fragile, que de minimes différences par rapport à celles observées antérieurement avec un acier nickel-chrome, ce qui est en accord avec un processus de fragilisation presque exclusivement limité ici aux joints intergranulaires.

A condition d'utiliser des spécimens polis électrolytiquement, les états tenace et fragile d'un acier à 0,30 % C, 3,25 % Ni et 1,65 % Cr ont pu être différenciés par leurs structures micrographiques, leurs diagrammes de rayons X et leurs caractéristiques microsclérométriques ([1]).

Les mêmes méthodes d'examen ont été appliquées à un acier contenant 0,26 % C, 1,38 % Cr et 0,044 % P. Sauf l'absence de nickel, et une proportion de phosphore trois fois plus élevée, cet acier a sensiblement la composition du premier.

Les deux spécimens étudiés ont été choisis parmi ceux qu'ont utilisés H. Jolivet et G. Vidal pour la détermination de la température de transition de la rési-

([2]) *J. Chim. Phys.*, 46, n° 5 et 6, 1949, p. 176.

([1]) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 713; 230, 1950, p. 650 et 1284; A. R. Weill, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 652; H. Bückle et P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2198.

lience (²). Tous deux avaient été maintenus 15 minutes à l'état austénitique, trempés à l'huile et soumis à un revenu de 1 heure à 650° arrêté à l'eau. Ce traitement confère l'état tenace (résilience Mesnager à l'ambiante 17 kgm/cm², température de transition — 15°).

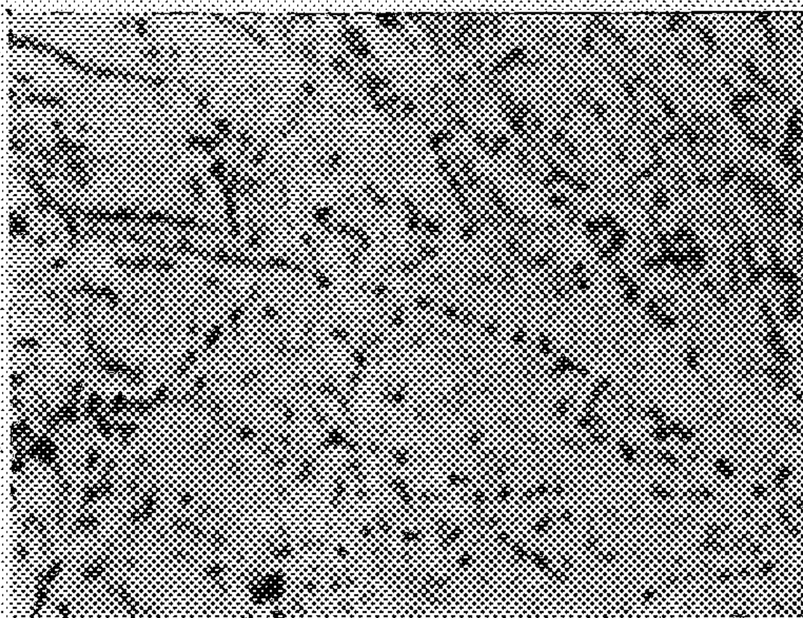


Fig. 1. — État fragile. Polissage électrolytique. (× 2500.)

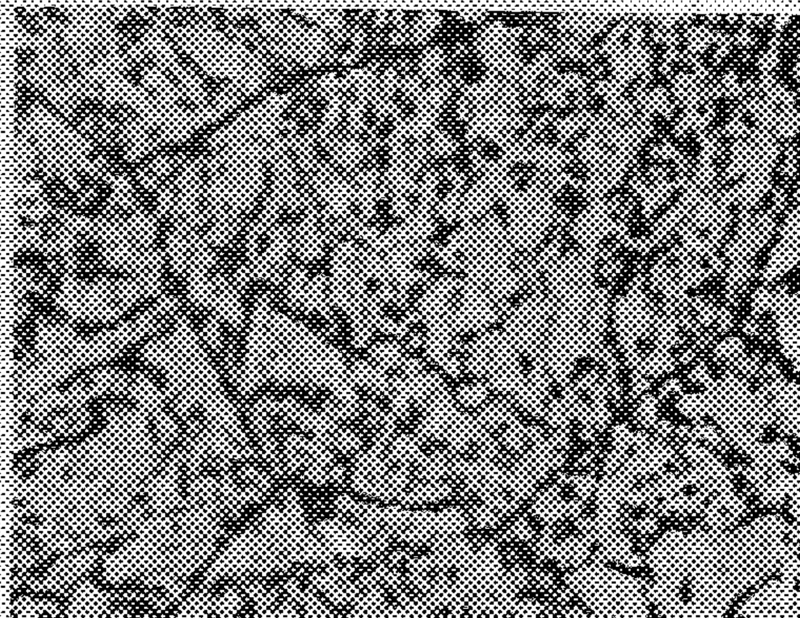


Fig. 2. — Spécimen de la figure 1 après attaque de deux minutes dans la solution éthérée d'acide picrique. (× 2500.)

La fragilité est développée par un nouveau revenu de 24 heures à 525° arrêté à l'eau (résilience Mesnager à l'ambiante 4 kgm/cm², température de transition + 120°).

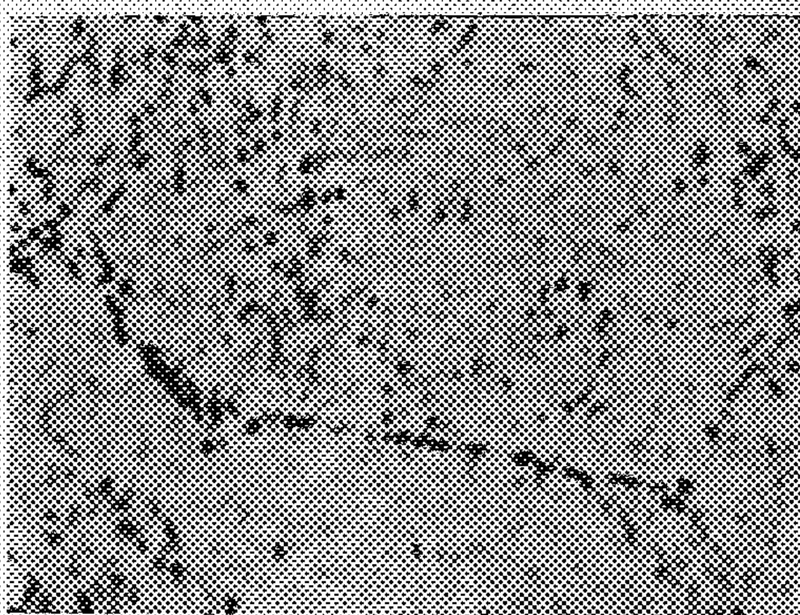


Fig. 3. — État tenace. Polissage électrolytique. (× 2500.)

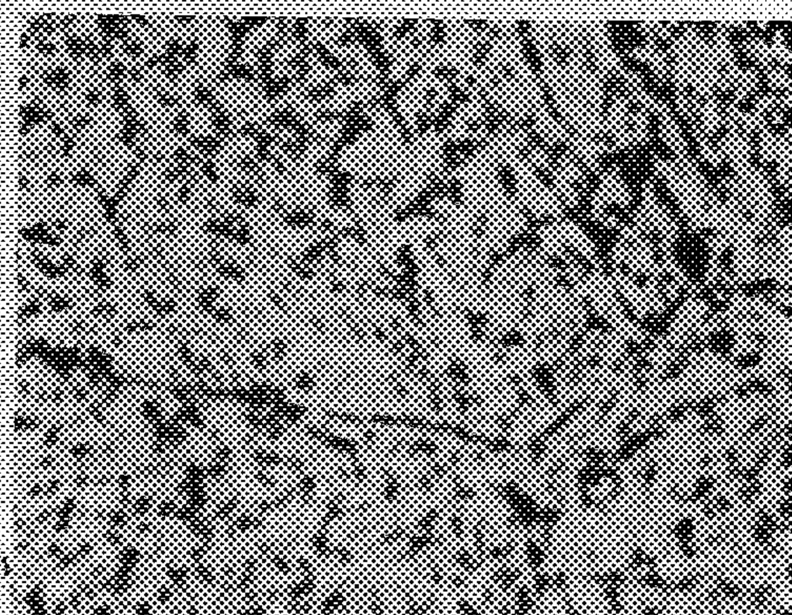


Fig. 4. — Spécimen de la figure 3 après attaque de deux minutes dans la solution éthérée d'acide picrique. (× 2500.)

*Structure micrographique.* — Le polissage électrolytique révèle aux deux états la présence de microconstituants en particules discontinues sur les

(²) *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 378; 42, 1945, p. 149.

frontières des grains (*fig.* 1 et 3). Une attaque ultérieure accentue la netteté des joints intergranulaires de l'acier fragile, en les rendant *continus* (*fig.* 2), mais n'a aucun effet sur ceux de l'acier tenace qui restent peu apparents et discontinus (*fig.* 4). Dans l'intérieur des grains il semble que les précipités soient à la fois plus abondants et plus finement dispersés pour l'état fragile que pour l'état tenace.

*Diagramme de rayons* X. — Les diagrammes en retour montrent sur les deux spécimens la résolution de l'anneau (211) en $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, résolution un peu meilleure pour l'état fragile.

*Analyse microsclérométrique.* — Le coefficient de Meyer de la courbe de microdureté est inférieur à 2 dans les deux cas, et à peine plus élevé à l'état fragile (1,97 contre 1,95). Cependant la forme de la courbe est assez nettement différente et permet d'estimer que dans l'acier fragile : *a.* les précipités sont plus finement répartis; *b.* des zones de tensions internes sont strictement localisées à longue distance (de l'ordre de 40 à $50^{\mu}$).

*Conclusion.* — Les différences entre les caractéristiques des deux états de l'acier à 1,38 % de chrome sont, dans l'ensemble, moins notables que pour l'acier nickel-chrome. La fragilisation semble intéresser surtout les joints de grains, et, pour cette raison, l'examen micrographique constitue le meilleur moyen de différenciation. On remarquera, d'ailleurs, que la distance de 40 à $50^{\mu}$ qui, selon l'analyse microsclérométrique, sépare les zones de tensions localisées, correspond à la taille moyenne des grains.

Par rapport à l'acier Ni — Cr, et tout particulièrement à l'état fragile, l'acier au chrome montre une précipitation intragranulaire plus massive et plus généralisée, qui expliquerait la résolution aux rayons X du doublet, non observée avec le premier acier. L'absence de nickel et la présence d'une plus forte proportion de phosphore semblent être les seuls facteurs susceptibles de rendre compte des caractéristiques respectives des états tenace et fragile de l'acier au chrome comparées à celles de l'acier nickel-chrome.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Influence des alcalis concentrés sur le ciment alumineux fondu.* Note (*) de M. **Jacques Brocard**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons étudié l'influence de solutions concentrées de soude et de potasse sur des prismes de pâte pure de ciment alumineux fondu. Un contrôle radiocristallographique a montré que ces solutions amenaient une évolution rapide des aluminates de chaux hexagonaux vers la variété cubique. A cette recristallisation correspond une chute très sensible des propriétés mécaniques.

La pâte de ciment fondu hydraté est formée en majeure partie d'aluminates hexagonaux du type $Al_2O_3.2CaO.7H_2O$, qui peuvent, sous l'influence de

(*) Séance du 22 janvier 1951.

certains facteurs se transformer en aluminate cubique $Al_2O_3.3CaO.6H_2O$, constituant la forme stable des aluminates de chaux hydratés.

La *recristallisation* du ciment fondu entraîne des désordres graves dans les constructions et des études ont déjà montré que l'humidité, la chaleur, la concentration en chaux des milieux de conservation, favorisaient ce phénomène.

Des observations récentes, sur des ouvrages en béton de ciment fondu ont remis en mémoire un ancien travail de Dorsch ([1]) et ont conduit à penser que les alcalis : soude et potasse, pouvaient également jouer un rôle dans la transformation en aluminate cubique.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons fabriqué des prismes de pâte pure en ciment fondu qui, après un durcissement de 28 jours dans l'eau potable, ont été immergés dans des solutions de soude et de potasse à 36° Baumé et conservés à une température inférieure à 20°.

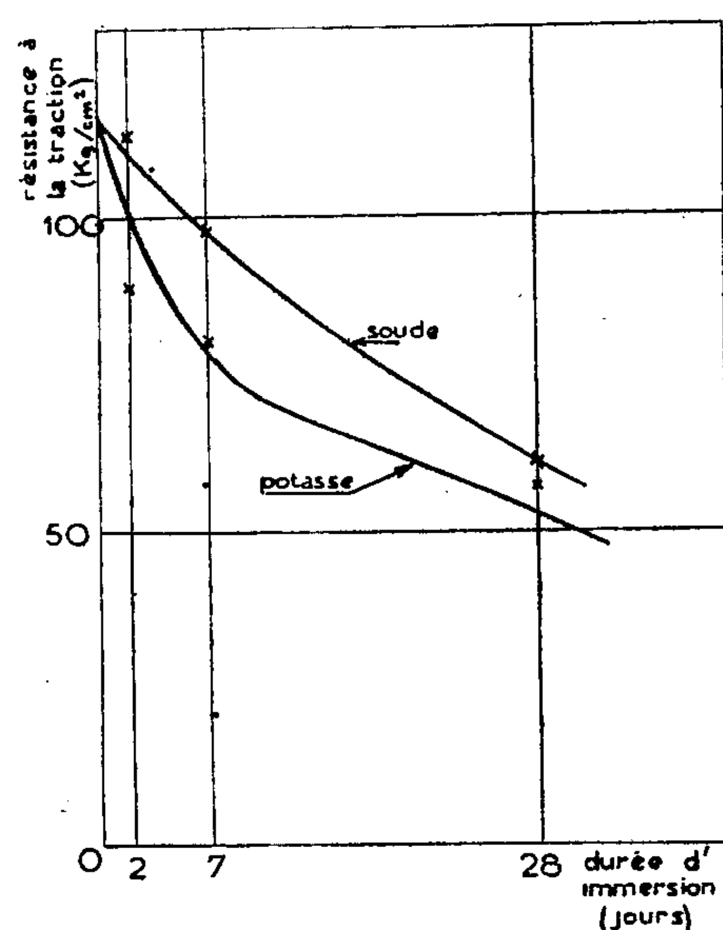



Fig. 1.

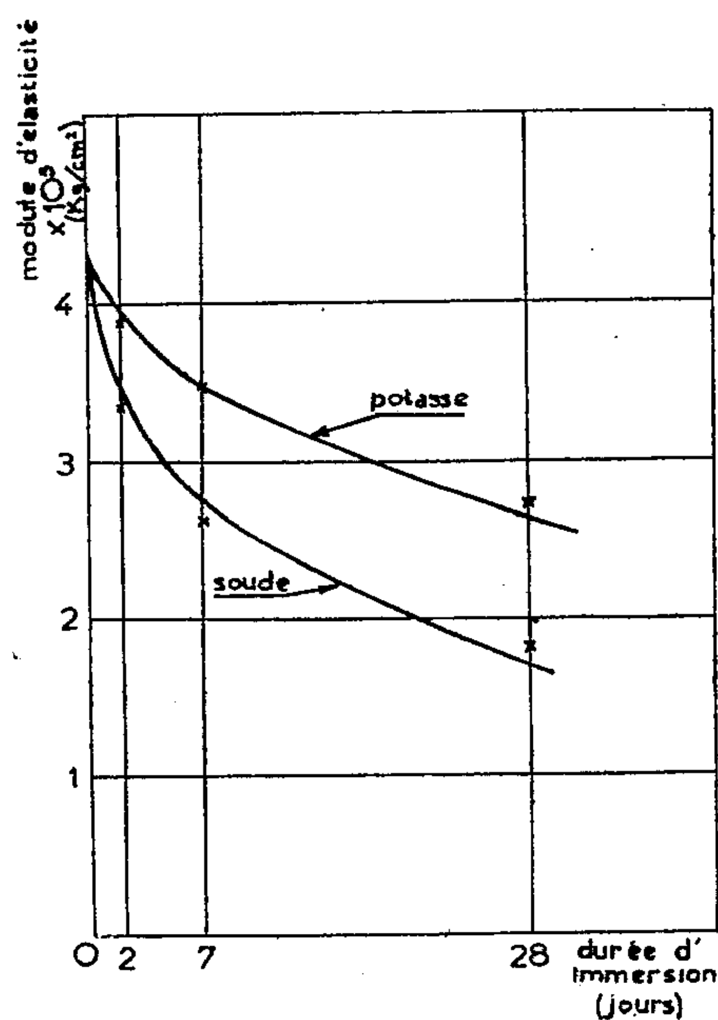



Fig. 2.

Nous avons suivi dans le temps, les variations de la résistance à la traction et du module d'élasticité, calculé à partir d'une mesure de vitesse de propagation d'un ébranlement.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant et sur les figures 1 et 2.

On voit que la chute des caractéristiques mécaniques est supérieure à 50 %.

---

([1]) *Durcissement et corrosion du béton*, Zement, 6, 1933.

| Durée d'immersion (jours). | Soude 36° Baumé. Résistance à la traction (kg/cm²). | Module (kg/cm²). | Potasse 36° Baumé. Résistance à la traction (kg/cm²). | Module (kg/cm²). |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 116 | 424 000 | 116 | 424 000 |
| 2 | 112 | 334 400 | 89 | 387 450 |
| 7 | 97 | 265 940 | 80 | 248 795 |
| 28 | 61 | 185 170 | 57 | 272 880 |

Sur la tranche des éprouvettes rompues par flexion, on a remarqué que l'attaque est liée à la perméabilité; elle commence par la surface, se propage vers le cœur et est caractérisée par une décohésion de la matière.

Fig. 3.

Deux échantillons de la fraction attaquée dans la soude et la potasse ont été soumis à l'analyse radiocristallographique. Les diagrammes de diffraction ont été pris en utilisant le rayonnement Cu K$\alpha$ monochromatisé. Ces diagrammes ont révélé que la phase prépondérante était constituée par l'aluminate tricalcique cubique $Al_2O_3 . 3CaO . 6H_2O$ (*fig.* 3).

On prouve ainsi que les alcalis concentrés constituent un facteur de *recristallisation* du ciment fondu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux diméthylamino-propyl-*N*-phénothiazines isomères et leurs homologues diéthylés.* Note de MM. **Paul Charpentier** et **René Ducrot**, transmise par M. Marcel Delépine.

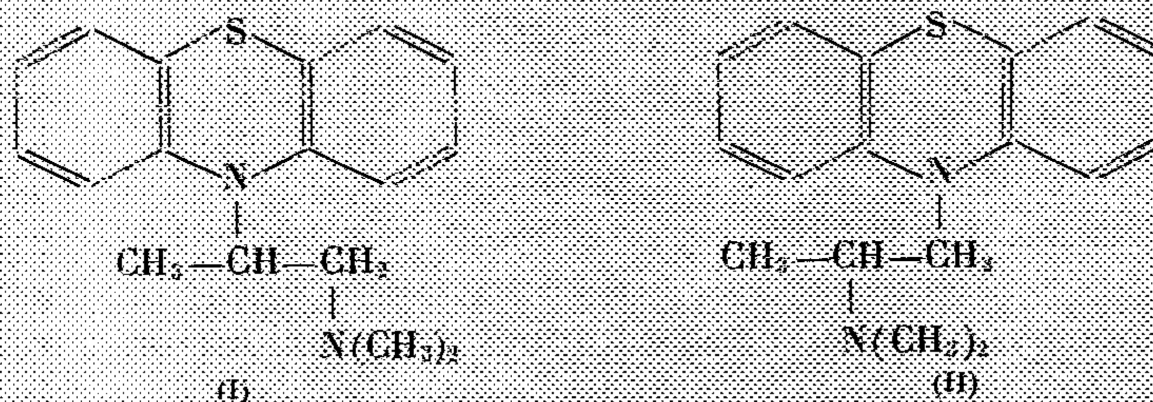
Dans une Note antérieure [1], l'un de nous a montré que la condensation du diméthylamino-1 chloro-2 propane avec la phénothiazine en présence d'amidure ou d'hydroxyde de sodium s'accompagnait d'une transposition déjà signalée au cours de réactions analogues [2]. En effet, le produit principal de la réaction n'est pas la (diméthylamino-1′ propyl-2′) N-phénothiazine [form. (I)], mais bien la (diméthylamino-2′ propyl-1′) N-phénothiazine [form. (II)] [3].

(1) Charpentier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 306.

(2) Schulz, Robb et Sprague, *Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 188; Brode et Hill, *Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 724.

(3) Nom générique de la Pharmacopée Internationale : Prométhazine.

Cependant, en poursuivant nos recherches dans ce domaine, nous avons pu mettre en évidence la formation d'une certaine quantité du produit « normal » [form. (I)].

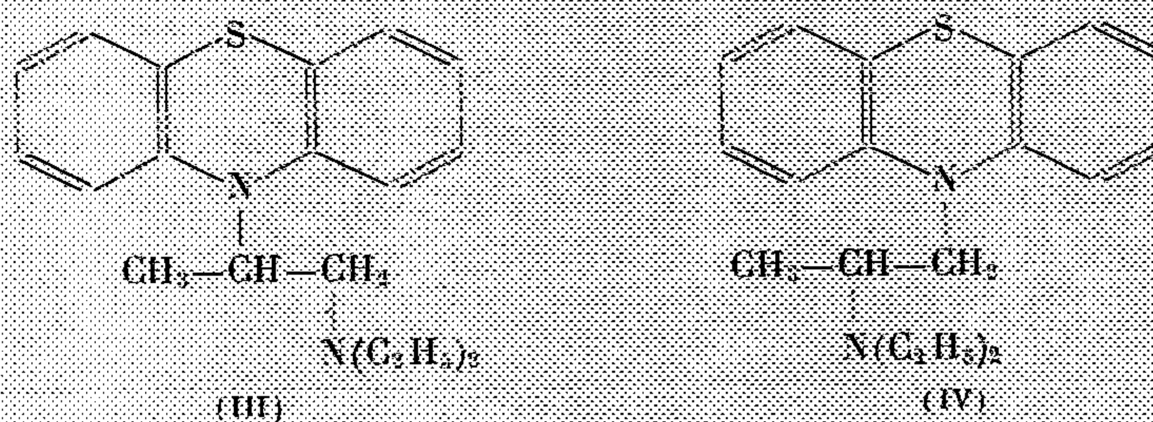



Lorsqu'on recristallise, en effet, les chlorhydrates des bases provenant de la condensation précédente, il se dépose d'abord du chlorhydrate de prométhazine, tandis que le chlorhydrate de l'isomère (I) s'accumule dans les eaux-mères alcooliques. Après évaporation de ces eaux-mères, les bases sont libérées par action de la soude, puis transformées en picrates que l'on sépare par cristallisation fractionnée dans l'alcool méthylique. On obtient ainsi le picrate de prométhazine, jaune vif, fusible à 166-167°, et le picrate de la base (I), rouge brique fondant également à 166-167°. En traitant ces picrates par l'hydroxyde de lithium, on parvient facilement aux deux bases pures.

La base (I) cristallise dans l'éther de pétrole en aiguilles fondant à 64°. Son chlorhydrate fond vers 187-188°.

La base prométhazine se présente sous deux formes cristallines. L'une s'obtient par cristallisation dans l'éther de pétrole et fond à 70-71°; l'autre est obtenue par évaporation de la solution éthérée ou par solidification de la base précédente fondue : elle fond à 60°. Cette dernière forme est instable, car elle se transforme en quelques mois en base fusible à 70-71°. Il ne peut s'agir que d'un cas de dimorphisme, car les deux formes conduisent au même picrate (F 166-167°) et au même chlorhydrate (F 203-205°).

Une transposition analogue se produit au cours de la condensation du diéthylamino-1 chloro-2 propane avec la phénothiazine. On obtient les deux isomères (III) et (IV) :




On sépare facilement le produit de transposition [form. (IV)] (4), dont la

(4) Nom générique proposé : Isothazine.

base fond à 55° ($E_{0,5}$ 190-193°; picrate, jaune, F 151°; chlorhydrate, F 211°), de l'isomère *normal* [form. (III)] dont la base n'a pu être obtenue à l'état solide, mais dont le picrate, rouge brique, fond à 145° et le chlorhydrate à 163°.

Comme les sels de prométhazine sont aujourd'hui largement utilisés dans la thérapeutique anti-histaminique, il nous a paru nécessaire d'étudier les propriétés pharmacodynamiques des sels de l'isomère (I).

Les toxicités des deux isomères (I) et (II) sont du même ordre, les DL 50 % (souris) étant de 60 à 70 mg/kg par voie intra-veineuse, et 225 à 275 mg/kg par voie sous-cutanée. En revanche, leurs activités antihistaminiques sont très différentes, la prométhazine étant, selon les tests envisagés, 3 à 10 fois plus active que l'isomère (I). Le tableau, ci-dessous, résume les résultats obtenus à l'aide de quelques tests classiques, en prenant arbitrairement l'activité de la prométhazine pour unité.

| Action antihistaminique sur : | Prométazine | Base isomère. |
|---|---|---|
| Intestin isolé de Cobaye | 1 | 0,3 |
| Test de Schaumann ([5]) | 1 | 0,1 à 0,2 |
| Test de Bovet-Staub ([6]) | 1 | 0,1 |

On remarquera que les résultats diffèrent notablement de ceux que l'on trouve dans la bibliographie ([7]) et qui se rapportent sans doute à des produits fort impurs.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude radiocristallographique de la déminéralisation de l'os*. Note de MM. **Jean Barraud** et **Pierre Cartier**, présentée par M. Charles Mauguin.

La structure chimique de la fraction minérale de l'os (sel de l'os) a fait l'objet de discussions nombreuses. L'analyse aux rayons X n'a pas jusqu'ici apporté de conclusions unanimement acceptées. L'os, non débarrassé de sa matrice protéique, fournit un diagramme de diffraction identique à celui des apatites naturelles ou synthétiques. Dallemagne ([1]) a montré qu'en réalité la position des raies de l'os est également celle d'une forme de phosphate tricalcique hydraté, le phosphate $\alpha: 3(PO_4)^2Ca_3,\ H_2(OH)^2$ isomorphe aux apatites.

Les faibles différences entre les paramètres des apatites et ceux du phosphate α ne permettent pas d'affirmer avec certitude la nature de la combi-

(5) *Arch. exp. Path.*, **196**, 1940, p. 109.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 547.
(7) Halpern, *Acta Allergologica*, **3**, 1950, p. 164.

(1) Thèse d'agrégation, Liége, 1943.

naison majeure du sel de l'os. Par traitement thermique et par mesure des indices de réfraction, Dallemagne conclut que l'os est constitué par un mélange de phosphate tricalcique $\alpha$ et de carbonate de calcium. Cette opinion, que nous avons confirmée par une étude de la cinétique de la déminéralisation à pH 3,5 ([2]), est cependant contredite par les auteurs anglo-saxons.

Nous avons suivi l'évolution de la déminéralisation par l'analyse radiocristallographique. Des échantillons de poudre d'os, dégraissée et séchée à 37°, ont été soumis à une déminéralisation, soit par une solution lactate-acide lactique M/5, tamponnée à pH 3,5, soit par une solution HCl N/10, à raison de deux litres de solution acide pour 50 grammes de poudre d'os.

Nous avons réalisé soit une déminéralisation lente (la solution n'étant changée que tous les trois jours), soit une déminéralisation rapide en agitant à grande vitesse (15000 t/min.) la suspension et en changeant toutes les 10 minutes la solution acide. Des prélèvements effectués régulièrement au cours de la solubilisation ont été soumis à l'analyse radiocristallographique et la courbe de déminéralisation a été établie par pesée des cendres. Parallèlement, nous avons comparé les changements de l'os à ceux d'un mélange phosphate tricalcique + carbonate de calcium de même proportion que dans l'os 85 % + 15 % ), et à une carbonato-apatite synthétique obtenue par calcination à 900° en atmosphère de $CO_2$ d'un mélange stœchiométrique $3(PO_4)_2Ca_3 + CO_3Ca$.

*Résultats.* — 1° En déminéralisation rapide (lactique ou chlorydrique), les diagrammes de l'os restent comparables à ceux du mélange phosphate/carbonate ou de l'apatite synthétique. Les raies s'affaiblissent progressivement et l'on aboutit dans les stades les plus déminéralisés au diagramme du support protéique.

2° En déminéralisation lente, les différences très nettes se manifestent : le diagramme de l'apatite synthétique ne subit pas de modifications. Par contre, dans celui de l'os, ou celui du mélange phosphate/carbonate apparaissent dès le début de la solubilisation des raies supplémentaires nettement ponctuées, indiquant la formation d'une phase à gros cristaux. Ces raies correspondent à celles du phosphate bicalcique hydraté $PO_4HCa, 2H_2O$ ou brushite, que la calcination à 900° transforme en pyrophosphate (également identifié par son diagramme).

Donc : au cours de la déminéralisation lente, l'os réagit comme un mélange de phosphate tricalcique $\alpha$ et de carbonate de calcium, faisant apparaître une phase transitoire de brushite, et non comme une apatite qui se solubilise d'une manière régulière et homogène.

Notons que les diagrammes obtenus ne comportent que des raies relativement larges et floues. Cette imprécision nous paraît constituer la raison

(2) P. Cartier, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 65.

majeure des divergences d'opinions qui hésitent entre une structure d'apatite ou de phosphate tricalcique α. Nous avons pensé qu'il était possible d'améliorer la résolution en substituant au rayonnement Cu $K_\alpha$ simplement filtré par le Ni un rayonnement monochromatique. Nous avons déjà obtenu avec un monochromateur logarithmique (³) et un montage dérivé de celui de Bohlin (⁴) des diagrammes qui révèlent des détails de structure inapparents en rayonnement simplement filtré.

GÉOLOGIE. — *Le Bassin de Brommat et de Sainte-Geneviève-sur-Argence (Aveyron).* Note de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, présentée par M. Charles Jacob.

En amont de son confluent avec le Lot à Entraygues, la Truyère coule en une gorge profonde, séparant deux régions occupées au Nord-Ouest par la terminaison méridionale du Cantal, au Sud-Est par l'Aubrac. Le socle, sur lequel reposent les formations éruptives de ces deux massifs, apparaît à la faveur des coupes naturelles offertes par la Truyère et ses affluents, Bromme et Argence en particulier.

Dans la zone s'étendant de Sainte-Geneviève-sur-Argence à Brommat, en direction SE-NW, et traversant la Truyère immédiatement à l'amont du Barrage de Sarrans, on note des traînées presque continues de sédiments : argiles et sables très colorés, au-dessus plus rarement des calcaires blancs lacustres (Brommat). Ces formations, continentales, sont antérieures aux laves qui les recouvrent; par analogie avec celles observées ailleurs (Espalion, Le Malzieu, etc.) (¹), on peut les dater de l'Oligocène.

L'examen de détail de cette région, au cours de cet été, m'a montré que ces formations étaient localisées dans un véritable petit bassin effondré; la coupe fraîche, offerte par la nouvelle route Brommat-Barrage par Albinhac, montre très bien le rebord Nord-Est du bassin, jalonné par des accidents qui prolongent ceux que j'ai déjà indiqués vers Sainte-Geneviève (¹). La limite Sud-Ouest passe à Brommat, prolongeant l'accident qui sur la Feuille géologique de Mende passe à Cassuéjouls. Le Bassin de Sainte-Geneviève-Brommat se trouve ainsi continuer directement l'accident que l'on suppose à juste titre avoir été à l'origine des coulées de l'Aubrac, coulées fissurales du type hawaïen (²) semble-t-il.

---

(³) J. Barraud, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 795-797; P. M. de Wolff, *Appl. Sc. Res.*, B, 1, 1948, p. 119-126.

(⁴) A. Guinier, *Ann. de Phys.*, 12, 1939, p. 175.

(¹) P. Lapadu-Hargues, *Carte géologique détaillée*, Mende n° 196, *Service de la Carte Géologique de France*, 1950.

(²) L. Lapadu-Hargues, *Bulletin du Service de la Carte Géologique de France*, n° 222, 46, 1947.

Mais plus au Sud-Est, en Lozère et dans le Gard, on retrouve en même direction une série d'accidents : Accident de Chanac-les-Salces qui passe au Monastier (Lozère), coupe le Nord-Est du Causse de Sévérac et aboutit au Col de Montmirat (entre Mende et Florac). Au delà, une cassure sépare le granite du Mont Lozère en deux blocs, l'un au Nord relevé (Finiels), l'autre au Sud supportant la Haute vallée du Tarn. A Concoules (Gard), on traverse l'accident méridien de Villefort; au delà, vers Saint-Ambroix, dans les Schistes cévénols, une faille se poursuit, jalonnée par des petits causses secondaires accrochés à sa lèvre effondrée, à Aujac et Bordejac (Gard).

*En résumé,* le Bassin de Brommat et Sainte-Geneviève s'aligne rigoureusement sur un grand système de cassures, de direction NW-SE, depuis le Sud du Cantal jusqu'au rebord oriental des Cévennes, *soit sur près de* 150$^{km}$.

Par son ampleur, cette zone de faible résistance, qui a dû jouer au cours de toute l'histoire géologique du Massif Central, a une grande importance dans le plan d'ensemble structural et, plus précisément, elle s'oriente parallèlement aux accidents cassants qui, dès le Permien, ont marqué en particulier l'emplacement actuellement occupé par le Détroit de Rodez, entre la Chataîgneraie et l'Aubrac au Nord et le Rouergue au Sud ([3]).

GÉOLOGIE. — *Nouveaux vestiges volcaniques dans les terrains crétacés de la région de Gensac (Haute-Garonne).* Note de MM. **Victor Perebaskine** et **Georges Tchimichkian**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis les sondages d'Aurignac 1 et de Gensac 1, forés par la Régie autonome des pétroles, nous connaissons la présence de vestiges volcaniques crétacés dans cette région.

En 1944, afin de parfaire à leur étude, nous avions soumis l'examen des roches basiques rencontrées à M. A. Michel-Lévy qui en a fourni la description pétrographique et constaté leur grande analogie avec les *ankaramites* d'Anatolie ([1]).

Nos récentes recherches dans deux nouveaux sondages ajoutent trois faits nouveaux et apportent de nouveaux renseignements sur ces restes volcaniques.

1. Le sondage Lespugne 1 a traversé, de 2645 à 2647$^{m}$, une roche particulière, d'apparence argileuse, à grain fin et sans stratification nette. Elle est riche par endroits en grains de quartz anguleux, en pyrite et en débris charbonneux. Elle contient également de rares débris remaniés : calcédoine, agrégats de serpentine et de chlorite. L'étude des minéraux lourds montre une forte teneur en minéraux riches en oxyde de titane, surtout en leucoxène,

---

([3]) Y. Boisse de Black, *Bulletin du Service de la Carte Géologique de France*, n° 188, 36, 1933 et P. Lapadu-Hargues, *Ibid.*, n° 216, 45, 1944, p. 215.

([1]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 419-421.

accompagné de rutile, sphène et ilménite. Cette roche se rencontre à la limite Crétacé supérieur-Crétacé inférieur; sa place correspond donc à celle des roches volcaniques rencontrées précédemment à A. 1 et Gc. 1. Elle a apparu très nettement, en donnant une grande anomalie, sur le log radioactif au cours du carottage par rayon X exécuté à la fin du sondage.

2. Également dans le sondage de Lp. 1, quatre filons de roches lamprophyriques du type de la *spessartite* ont été rencontrés à 3686$^{m}$, de 3700 à 3717$^{m}$, vers 4001$^{m}$ et vers 4047$^{m}$.

Ces roches de filons se rapprochent des roches de coulées d'A. 1 et de Gc. 1 par leur richesse en augite et en fer titané (2). La différence consiste en ce que les roches de Lespugne contiennent de la hornblende brune et des plagioclases et que leur structure est holocristalline. En quelques mots, voici la description pétrographique du filon à 3703$^{m}$.

La *hornblende* brune, particulièrement abondante en prismes, toujours idiomorphes, constitue parfois des phénocristaux, mais, en général, elle est régulièrement répartie dans la roche; la grosseur des prismes varie notablemment d'un endroit à l'autre. *L'augite* forme la majorité des phénocristaux; aussi idiomorphe, elle donne à la roche un aspect porphyrique par ses cristaux beaucoup plus grands que les prismes de hornblende brune. L'augite est titanifère; ses cristaux sont entourés d'une croûte riche en cristaux de magnétite. Le *fond de la roche* est constitué par une masse feldspathique qui moule les éléments ferromagnésiens. Les feldspaths, mal individualisés, parfois lamellaires, sont des *plagioclases basiques*. On trouve accessoirement de la chlorite, de la serpentine et de la calcite. Dans les filons rencontrés plus bas, apparaît la *biotite*; les *feldspaths* sont plus abondants, mieux individualisés et la structure devient plus porphyrique.

3. Le sondage Gensac 4 vient de traverser entre 1445 et 1508$^{m}$ un *tuf volcanique* composé de cendre et de lapillis, auxquels s'ajoute une petite quantité de sable quartzeux. Cette roche est riche en pyrite, calcite et débris charbonneux. Certains éléments de ce tuf sont vitreux avec des inclusions de magnétite ; d'autres présentent des microlithes de feldspath ou d'augite et de gros cristaux d'augite, souvent entourés de calcite. Parmi ces éléments, certains sont semblables à ceux des coulées d'Aurignac 1 et de Gensac 1. Ces tufs sont fortement altérés, avec la formation de calcédoine, chlorite, serpentine et calcite.

L'épaisseur de tuf de Gensac 4 est de 63$^{m}$, avec un pendage de l'ordre de 45°. Il est surmonté par les couches à Orbitolines riches en cendres remaniées. La position stratigraphique de ce tuf est celle des coulées d'Aurignac 1 et de Gensac 1, sous le Crétacé supérieur. Plus bas, la sonde a rencontré des marnes froissées, probablement albiennes.

Ici, nous sommes donc en présence du tuf des éruptions volcaniques qui ont produit les laves d'Aurignac et de Gensac. Remarquons qu'on n'a pas rencontré de coulées volcaniques à Gensac 4.

*En résumé*, nous connaissons actuellement trois sortes de vestiges volcaniques dans le Crétacé du Comminges : coulées d'ankaramites, tufs de Gc.4 et argile de remaniement de Lp.1. Ajoutons les filons rencontrés dans la partie inférieure du sondage Lp.1.

---

(2) La richesse en fer de ces roches de filons et des coulées d'Aurignac et de Gensac est telle qu'elles agissent sur l'aiguille aimantée.

GÉOLOGIE. — *Existence d'un niveau phosphate important au mur de la couche* II *à Métlaoui* (*Tunisie*). Note de M. **Léon Visse**, présentée par M. Paul Fallot.

Au cours de l'étude lithostratigraphique de la formation phosphatée éocène du Bassin de Gafsa ([1]), j'ai reconnu, entre les gorges de l'oued Tseldja et l'extrémité périclinale du djebel Oum el Krecheb, l'existence d'un niveau phosphaté important, situé entre un complexe argilo-calcareo-phosphaté, puissant de $6^m,50$, constituant le mur de la couche II et un banc de calcaire lité à silex $1^m,80$ à $2^m$.

La structure de la formation est la suivante, de haut en bas :

| | |
|---|---|
| | m |
| *d*. Phosphate pseudoolithique avec lit de boulets de 70......... | 1,30 |
| *c*. Phosphate avec nombreux galets calcaires.................. | 0,15 |
| *b*. Marnes........................................... | 0,60 |
| *a*. Phosphate pseudoolithique avec lit de boulets de 100........ | 1,50 |

La puissance totale de la formation est donc de $3^m,55$, avec une puissance utile de $2^m,80$. Les teneurs, exprimées en phosphate tricalcique, varient de 60 % (*d*) à 61,5 % (*a*). Les valeurs Fe-Al variant de 1,40 à 1,75 % ne sont nullement prohibitives. Les teneurs en matières siliceuses oscillent entre 4,80 et 9,35 % ; celles en anhydrides carbonique et sulfurique se stabilisent aux valeurs respectives de 5,50 et 4 %.

Conformément à la nomenclature des couches phosphatées précédemment établie ([1]), ces assises correspondent aux couches V (*d*) et VI (*a*), l'ensemble constituant le faisceau B ([1]). Celui-ci correspond à la *couche* III des exploitants et de L. Cayeux qui lui avaient reconnu, sur les lieux mêmes de notre étude, une puissance totale de $0^m,80$ ([2]).

L'analyse granulométrique du produit précise les proportions suivantes : fraction coprolithique 18,5 %, fraction pseudoolithique 73,5 %, fines 19,45 %. Les courbes présentent, pour les fractions pseudoolithiques, trois maxima bien détachés : 65, 100 et 150 mesh et à Metlaoui même, rien ne différencie, granulométriquement, les couches V et VI.

La composition chimique de la phase ultrafine d'un échantillon moyen du faisceau B est la suivante :

---

([1]) *Comptes rendus*, **251**, 1950, p. 1517.

([2]) L. Cayeux, *Les phosphates de chaux sédimentaires*, II, 1941, p. 448.

| $P_2O_5$. | Tricalcique. | Matières siliceuses. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|
| 10,17 | 22,17 | 43,55 | 4,03 |

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus sur les minerais de Metlaoui (couche II), de Redeyef (couche II) et du djebel Onng (³).

Le produit, débarrassé de cette fraction silicatée, titre alors 65,5 % de phosphate tricalcique, avec des teneurs en exoquartz et endocalcite respectivement égales à 2 et 10 %. Les fractions lourdes ($d > 2,70$) titrent 66,85 % et représentent 70 % du minerai brut.

Stratigraphiquement, j'ai pu établir que ce faisceau phosphaté correspond à celui qu'exploite le siège de M'Dilla, avec la correspondance suivante :

Couche V (Metlaoui) = Couche I (M'Dilla),
Couche VI (Metlaoui) = Couche II (M'Dilla).

Ainsi s'expliquent, vis-à-vis des couches I et II, de Metlaoui les teneurs plus élevées des couches V et VI, parentes des couches I et II du Djebel M'Dilla, qui fournissent des phosphates caractérisés également par un faible pourcentage d'exoquartz et d'exocalcite, et avec une proportion d'argile sensiblement identique.

L'aire d'extension géographique du faisceau B est circonscrite au secteur sud-est du Bassin de Gafsa, avec, pour limites extrêmes au Nord, le rebord topographique du flanc méridional du djebel Alima et à l'Ouest, les gorges de l'oued Tseldja où, d'ailleurs, la couche V enregistre une tripartition par l'apparition de minces intercalations d'horizons stériles marno-calcaires. Plus à l'Ouest, à la hauteur du djebel Chouabine, elle fait place à un important niveau marneux. Par contre, la couche VI présente une vaste extension géographique et elle s'étend pratiquement sur toute la superficie du Bassin de Gafsa. Mais en dehors du périmètre précédemment précisé, sa puissance trop faible ($0^m,40$ à $1^m$), et l'absence à son toit de la couche V, retirent tout intérêt à la formation. Par ailleurs, sur le flanc septentrional du djebal Alima, à l'Est des gorges de l'oued Tseldja, les couches V et VI font place à une lacune de sédimentation.

*Conclusions.* — A Metlaoui, sous les plans d'exploitations actuels, l'ensemble des couches V et VI présente une puissance utile relativement importante ($2^m,80$), d'un minerai à 60-61 % de phosphate tricalcique qui pourrait être aisément enrichi, dans le cadre de la production phosphatière tunisienne, par des techniques relativement peu coûteuses.

(³) L. Visse, *C.R.S.*, *S. G. F.*, 12, 1949, p. 251.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge triasique, probablement Keuper moyen, des couches cuprifères d'Argana-Bigoudine (Haut Atlas Occidental).* Note de Mme **Simone Defretin**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La présence simultanée, dans les couches cuprifères d'Argana-Bigoudine, d'*Estheria minuta* Alberti et d'*Estheria Destombesi* Defretin permet d'attribuer cette formation au Trias (probablement Keuper moyen). L'existence de ces Phyllopodes indique qu'un régime lagunaire de type germanique régnait sur cette région pendant le Trias supérieur.

Des travaux exécutés par le Bureau de Recherches et Participations minières sur les couches cuprifères du bassin *permotriasique* de la région d'Argana-Bigoudine (Haut Atlas Occidental) ont permis de récolter quelques fossiles. M. E. Fauvelet, ingénieur, me les a confiés pour étude.

D'après les travaux de M. Ed. Roch (1) et les notes personnelles de M. E. Fauvelet, les terrains permo-triasiques auxquels sont liées les formations cuprifères étudiées, affleurent entre la vallée du Souss et le Tizi n'Machou, suivant une bande orientée SSO-NNE, longue de 60km et large de 15 en moyenne. Ils débutent par un conglomérat reposant, soit en discordance sur le socle paléozoïque, soit localement sur le Stéphanien, et sont recouverts à l'Ouest par une coulée basaltique discontinue surmontée de terrains jurassiques lagunaires. L'épaisseur totale de cette série est voisine de 2000m. Elle est constituée de terrains rouges lie-de-vin (conglomérats, grès, argilolites, pélites, marnes); le gypse y est fréquent, et parfois le sel, dans la partie supérieure de la série. Les couches cuprifères sont situées de 300 à 400m au mur du basalte; leur épaisseur varie de quelques centimètres à un mètre; leur teinte gris verdâtre tranche sur le rouge des terrains non minéralisés; elles sont constituées de sédiments fins, argilolites ou pélites, parfois gréseuses ou calcareuses. On en compte trois principales : 1° les deux couches d'*Argana* ($A_1$ et $A_2$), séparées par 5 à 10m de stampe; on y connaît de nombreux débris végétaux indéterminables; 2° la couche des *Aït Khtab* (AK), à environ 100m au toît des précédentes.

Les échantillons étudiés proviennent de la couche $A_2$ (sondage 14) et de l'affleurement de la couche AK. J'ai pu y observer des exemplaires d'*Estheria minuta* Alberti. Ils sont nombreux et le plus souvent à test conservé dans la couche $A_2$; moins fréquents et sous forme d'empreintes dans la couche AK. Dans l'un et l'autre gisement, elles ont l'aspect typique décrit par R. Jones (2).

---

(1) *Serv. Mines et Carte Géol. du Maroc, Notes et Mémoires*, n° 9, 1930.

(2) *A Monograph of fossil Estheriæ* (*Paleont. Soc.*, Londres, 1863).

A côté de cette espèce, classique dans tout le Trias, il existe, dans les échantillons de la couche AK, une autre esthérie, beaucoup plus petite et nettement différente, qui me paraît devoir se rattacher à *Estheria Destombesi* Defretin, espèce nouvelle récemment décrite ([3]). C'est une *Estheria* de forme ovale assez régulière; le crochet se situe au tiers antérieur de la charnière; sa taille est petite, en moyenne $1^{mm},5$ de long sur $1^{mm}$ de haut; les stries sont fines et serrées : 15 pour toute la coquille, soit environ 14 au millimètre dans la région moyenne. Je l'ai trouvée, associée chaque fois à *Estheria minuta*, dans un certain nombre de gisements triasiques français, dont la majorité appartenait au niveau du « grès à roseaux », les autres étant présumés Keuper moyen, tandis que les échantillons du Muschelkalk et de la Lettenkohle renfermaient uniquement *Estheria minuta*. J'ai ainsi été amenée à considérer *Estheria Destombesi* comme probablement caractéristique du Keuper moyen.

En ce qui concerne la région d'Argana-Bigoudine, la présence d'*Estheria minuta* Alberti autorise à dater avec certitude comme triasiques les couches cuprifères de la partie supérieure des terrains rouges « permo-triasiques ». Mais la découverte à ce même niveau d'*Estheria Destombesi* Defretin, jointe à une similitude de faciès avec les gisements français, semble indiquer que les couches cuprifères étudiées se rattachent vraisemblablement au Keuper moyen.

Outre cette précision stratigraphique, l'étude paléontologique ci-dessus en apporte une autre d'ordre paléogéographique. On sait en effet qu'*Estheria minuta* ne vivait, ni en eau douce, ni en eau nettement salée, mais seulement dans des lagunes à faible salinité. Pendant une longue période d'émersion, se déposaient dans des lacs relativement étendus les sédiments continentaux qui ont constitué la partie inférieure et moyenne de la série « permo-triasique ». Puis, des incursions marines, suivies chacune de périodes d'évaporation intense, donnent naissance à des niveaux gypsifères ou salifères séparés par de nouvelles formations lacustres. Le dépôt des couches cuprifères correspondrait à des incursions plus faibles de la mer ayant seulement abouti à rendre légèrement saumâtre l'eau des lacs côtiers et favorisant le développement des *Estheria*.

Ainsi s'établissait le régime lagunaire, typique du faciès germanique du Trias, qui semble avoir persisté jusqu'au moment où des coulées basaltiques se répandirent sur la région.

Les arguments paléontologiques permettent ainsi d'apporter une précision locale à la stratigraphie et aux conditions de dépôt du Trias dans le Haut Atlas du Maroc Sud-Occidental.

---

([3]) S. DEFRETIN, *Ann. Soc. géol. Nord*, 70, 1950 (sous presse).

GÉOPHYSIQUE. — *Étude du spectre d'émission du ciel nocturne, de* 6 800 *à* 9 000 Å. Note de MM. **Jean Dufay** et **Maurice Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

Toutes les radiations observées dans cette région spectrale appartiennent bien aux bandes de vibration-rotation de OH et à la bande (0, 1) du système atmosphérique de $O_2$. En accord avec les mesures de Meinel, les températures de rotation trouvées sont, pour OH 255 à 270°K et environ 130°K pour $O_2$. Il existe probablement une variation saisonnière de l'intensité des bandes.

1. Nous avons repris, dans de meilleures conditions qu'en 1949 ([1]), l'étude du spectre du ciel nocturne dans le proche infrarouge, au moyen du nouveau spectrographe à deux prismes de Cojan ([2]), dont la dispersion est 588 Å/mm à 7 500 Å, 713 Å/mm à 8 000 Å et 855 Å/mm à 8 500 Å. Les poses, d'une durée de 9 à 20 heures, ont été faites à l'Observatoire de Haute-Provence, sur plaques Eastman 1 N hypersensibilisées, en visant à 15 ou 20° au-dessus de l'horizon.

Le tableau ci-dessous contient : 1° les longueurs d'onde mesurées au microscope et au microphotomètre enregistreur; 2° une indication sur l'intensité photographique des radiations; 3° leur identification.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6837,9 | (0,5) | OH(7,2) | R | 7816,5 | (0,5) | OH(9,4) | $p_2$ | 8404,1 | (16) | OH(6,2) | P |
| 6868,5 | (0,5) | » | Q | 7825,2 | (5) | » | $P_2$ | 8419,0 | (2) | » | $p_2$ |
| 6922 | (0) | » | $P_2$ | 7856,6 | (16) | » | $P_3$ | 8431,5 | (18) | » | $P_2$ |
| 7250,6 | (6) | OH(8,3) | R | 7873,9 | | OH(5,1) | R | 8458,2 | (0,5) | » | $p_3$ |
| 7284,4 | (6) | » | Q | 7883,2 | (0,5) | OH(9,4) | P | 8468,2 | (4) | » | $P_3$ |
| 7322,2 | (2) | » | $P_1$ | 7918,4 | (16) | OH(5,1) | Q | 8503,7 | (3) | » | $P_4$ |
| 7351 | (3) | » | $P_2$ | 7955,1 | (2) | » | $p_1$ | 8550,7 | (2) | » | $P_5$ |
| 7406,4 | (0,5) | » | $P_4$ | 7966,9 | (10) | » | $P_1$ | 8634 | (17) | $O_2(0,1)$ | R |
| 7483,4 | (4) | OH(4,0) | R | 7986,6 | (15) | » | $p_2, P_2$ | 8657 | | » | P |
| 7529,2 | (5) | » | Q | 8016 | (0,5) | » | $p_3$ | 8778 | (15) | OH(7,3) | R |
| 7576,8 | (3) | » | $P_1$ | 8028,1 | (6) | » | $P_3$ | 8829 | (10) | » | $Q_1$ |
| 7720,4 | (14) | OH(9,4) | R | 8055,5 | (0,5) | » | $p_4, P_4$ | 8889 | (3) | » | $P_1$ |
| 7754,6 | (13) | » | Q | 8102,3 | (0,5) | » | $P_5$ | ~8920 | (1) | » | $P_2$ |
| 7784,1 | (0,5) | » | $p_1$ | 8295,5 | (16) | OH(6,2) | R | ~8960 | (1) | » | $P_3$ |
| 7799,1 | (3) | » | $P_1$ | 8347,6 | (20) | » | Q | | | | |

Les enregistrements reproduits montrent l'aspect général du spectre et la structure des bandes.

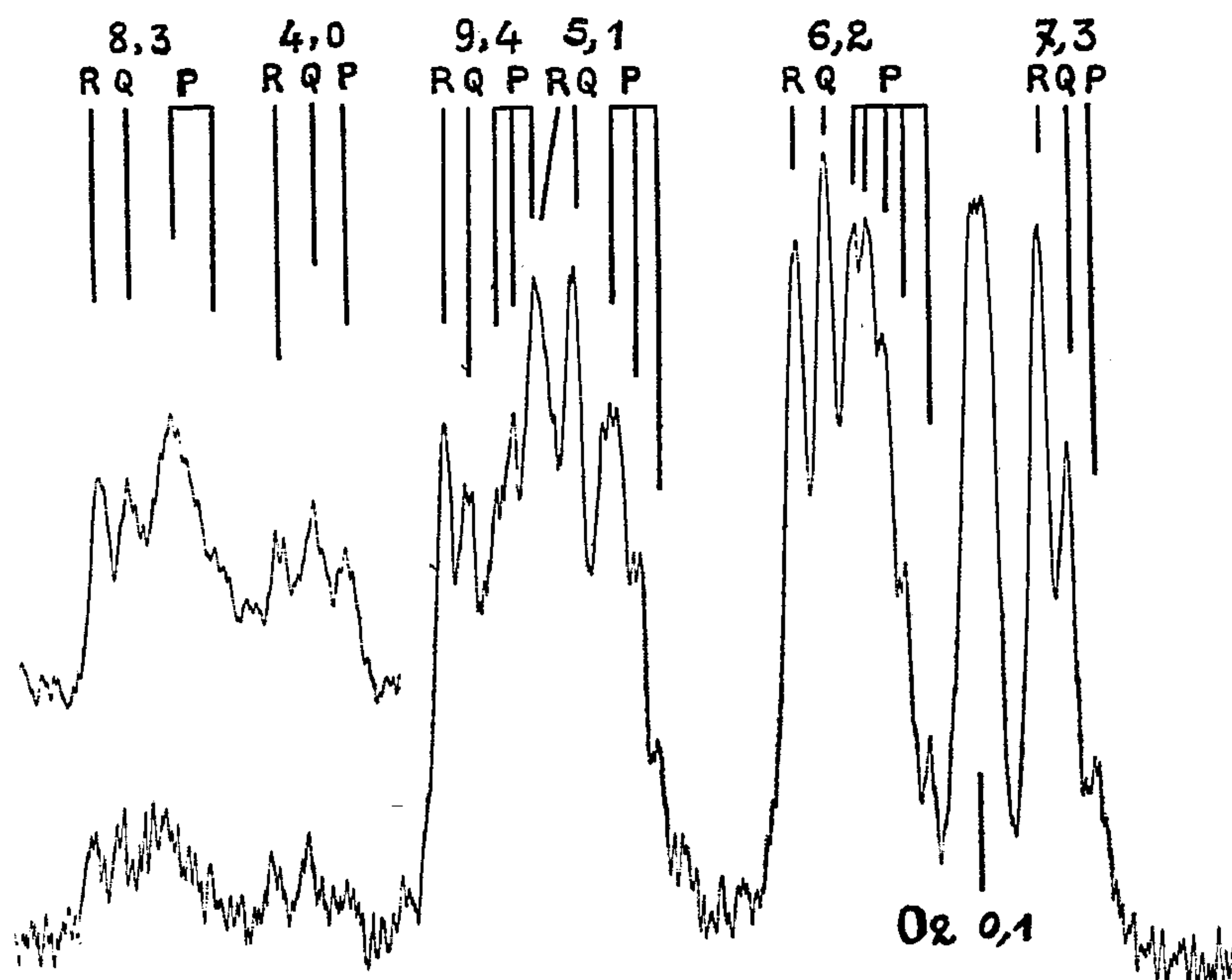
Dans l'infrarouge, la dispersion est plus petite que celle du spectrographe à réseau, au moyen duquel A. B. Meinel ([3]) a identifié pour la première fois les bandes de vibration-rotation de la molécule OH(250 Å/mm), mais la définition

([1]) J. Dufay, *Annales de Géophysique*, 5, 1949, p. 183.

([2]) *Annales d'Astrophysique*, **10**, 1947, p. 33.

([3]) *Astrophysical Journal*, **111**, 1950, p. 433.

est excellente et, dans l'ensemble, nos mesures s'accordent très bien avec celles de Meinel (écart quadratique moyen $\pm 1,6$ Å pour l'ensemble des radiations et $\pm 0,8$ Å pour les maxima des branches R et Q).




2. Dans les branches P, la résolution est encore suffisante pour permettre d'évaluer la température de rotation des molécules OH, d'après la position du maximum d'intensité. L'étude des quatre bandes infrarouges (5,1), (6,2), (8,3) et (9,4) et des deux bandes visibles (6,1) et (8,3) ([4]) nous conduit à une température comprise entre 255 et 270°K.

L'étroitesse de la bande (0,1) de $O_2$ correspond visiblement à une température plus basse, de l'ordre de 130°K, mais plus difficile à préciser sur nos clichés, où les branches R et P sont à peine séparées. Ces résultats sont bien d'accord avec ceux de Meinel, qui trouve 260°K pour OH ([5]) et 150°K pour $O_2$ ([6]).

Des observations récentes de Meinel ([6]) montrent que les bandes de OH et de $O_2$ seraient émises sensiblement à la même altitude et celle-ci paraît voisine de 70$^{km}$, d'après les mesures photoélectriques de F. E. Roach, Helen Pettit et D. R. Williams ([7]). Il semble donc que, dans l'un des deux cas au moins, la

---

([4]) J. Cabannes, J. Dufay et M. Dufay, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1233.

([5]) *Astrophysical Journal*, 112, 1950, p. 120.

([6]) *Astrophysical Journal*, 112, 1950, p. 462.

([7]) *Journal of Geophysical Research*, 55, 1950, p. 183.

répartition des molécules sur les niveaux de rotation ne corresponde pas à un équilibre thermique.

3. L'intensité de la bande de $O_2$ varie sensiblement, d'une pose à l'autre, par rapport à celle des bandes de OH. Pour ces dernières, l'ensemble de nos observations dans le visible ([4]) et le proche infrarouge suggère l'existence d'une variation saisonnière assez importante : les bandes seraient plus fortes en hiver qu'en été.

PALÉONTOLOGIE. — *Les genres* Serridentinus *et* Protanancus *des sables miocènes de Lisbonne.* Note de MM. **Frédéric-Marie Bergounioux**, **Georges Zbyszewski** et **Fernand Crouzel**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons signalé la présence, dans les sables du Miocène de Lisbonne, de très nombreux Mastodontes, parmi lesquels se trouvent des représentants des genres *Serridentinus* et *Protanancus*. L'un comme l'autre de ces groupes offrent un grand intérêt paléontologique.

1° Le genre *Serridentinus* avait été créé par H. F. Osborn avec le génotype *Mastodon serridens* Cope. Il comprend des animaux dont le mandibule est médi-longirostre, la molaire intermédiaire $M_2$ trilophodonte, des molaires relativement plus étroites que chez *Trilophodon*, des conules médians ne se plaçant jamais au centre des vallées où ils sont remplacés par des arêtes crênelées en dents de scie, se subdivisant en conelets (de 2 à 6), d'où le nom de *Serridentinus*; ces arêtes se placent sur les flancs des cônes internes des molaires supérieures et des cônes externes des molaires inférieures. Enfin, les incisives supérieures comprimées latéralement portent une large bande d'émail, cependant que les inférieures sont larges et aplaties horizontalement.

Le genre presque exclusivement américain et asiatique n'était connu en Europe (en France et en Autriche) que par deux échantillons dont l'un (celui du Gers) représente certainement un *Trilophodon angustidens*. D'autre part, l'épanouissement du groupe se place au Pliocène inférieur, tant en Amérique qu'en Asie, de rares formes apparaissant dès le Miocène inférieur. Or, dans le Burdigalien supérieur (B IV) de Lisbonne, on rencontre déjà deux molaires de *Serridentinus lusitanicus*, dont les caractères spécifiques ont été pris sur les exemplaires de l'Helvétien moyen (V *b*) dont les gisements ont fourni, pour la dentition inférieure 15 $M_3$, 10 $M_2$, 13 $M_1$, 3 $P_4$, 4 $P_2$, et pour la dentition inférieure 15 $M_3$, 4 $M_2$, 11 $M_1$, 1 $P_4$, 8 $P_2$. Au même étage (VI *b*), on assiste à une prolifération et à une diversification considérable du groupe où nous avons reconnu trois variétés : *minor* (25 exemplaires), *gracilis* (5 exemplaires) et *imperfecta* (1 exemplaire).

---

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 255.

Mais parmi les dents qui doivent être classées dans *Trilophodon angustidens*, on rencontre un certain nombre de formes de passage à *Serridentinus*. On voit apparaître sur les flancs des cônes des arêtes qui tendent à se subdiviser en deux conelets, amorçant ainsi la crénelure caractéristique du nouveau genre.

2° Le genre *Protanancus* a été créé par M. C. Arambourg sur le génotype *Trilophodon angustidens Kisumuensis* Mac Innes du Miocène de Kibolo Island (Lac Victoria) (2). Il en avait donné la diagnose suivante : « Mastodontes à dentition trilophodonte et de type anancoïde, c'est-à-dire dont les constituants *prétrites* et *postrites* des molaires alternent d'un bord à l'autre et sont plus ou moins obliques à l'axe : dents brachyopodontes, relativement étroites : collines des dernières molaires fortement inclinées à l'avant ».

Ce genre trilophodonte du Miocène doit donc être séparé du genre *Anancus* tétralophodonte du Pliocène dont il est vraisemblablement l'ancêtre.

Dans le Burdigalien supérieur de Lisbonne, on ne trouve aucun témoin du genre *Protanancus* qui est, au contraire, représenté dans l'Helvétien moyen par 16 dents qui se classent de la façon suivante :

$M_3$ supérieure : 3 de grande taille, 4 de petite taille;

$M_2$ supérieure : 1 de grande taille;

$M_1$ supérieure : 2 de grande taille;

$P_4$ supérieure : 4 de grande taille, 2 de petite taille.

Les caractères anancoïdes sont particulièrement nets sur la troisième et la quatrième colline, parfois légèrement sur la deuxième.

Nous avons proposé de donner à cette espèce le nom de *Protanancus estremadurensis* pour les formes de grande taille et de créer une variété *minor* pour les plus petites, ainsi que nous l'avons déjà établi pour les *Serridentinus*.

Il ne paraît pas douteux que *Protanancus* dérive de *Serridentinus*; c'est ainsi que sur quatre exemplaires de $M_3$ inférieures de *S. lusitanicus*, la quatrième colline présente une forte convexité à l'avant, de telle sorte que les deux séries de cônes sont perpendiculaires l'une à l'autre : au niveau de la troisième colline, l'angle formé par les mêmes éléments est obtus. Cette tendance anancoïde a été relevée sur trois exemplaires de la variété *minor*. Dans les molaires supérieures, presque toutes les dents, surtout $M_3$, présentent des dispositions des cônes nettement anancoïdes.

Il semble donc que durant l'Helvétien moyen, au sein d'une population importante de Mastodontes, vivant dans la basse vallée du Tage, se soient isolés de petits groupes qui, par une série de micro-mutations, ont lentement modifié leur dentition à partir du type *Trilophodon* pour arriver à des genres nettement *définis* tels que *Serridentinus* et *Protanancus*.

(2) C. Arambourg, *B. S. G. F.*, 15, 3e série, 1945, p. 479-495.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'unité du plan de composition foliaire et floral chez les* Rosa *et les théories de la fleur.* Note de M. **Pierre Gavaudan** et Mlle **Germaine Debraux**, présentée par M. Robert Courrier.

Chez les *Rosa* comme chez le *Lilium candidum* L., les pièces florales sont établies sur le plan de composition de la feuille modifié par les influences sexuelles.

Nos recherches expérimentales et nos observations sur le *Lilium candidum* L. (1) nous ayant montré l'existence d'une continuité des influences morphogènes à travers l'ensemble des pièces foliaires et florales, nous avons été conduits à étudier la fleur des *Rosa* et à rechercher dans un genre de dicotylédones, déjà choisi par la théorie classique de la métamorphose, un cas parallèle à celui des monocotylédones.

L'évolution de l'appendice primitif conduisant à une feuille adulte de *Rosa* est bien connue : de la base au sommet d'un rameau, on assiste à l'évolution de la feuille représentée aux étages inférieurs par une simple écaille à échancrure apicale qui est un complexe base-stipules. Puis, de l'échancrure, se dégage un rudiment de limbe foliaire dont la complication, par augmentation du nombre des folioles, croît jusqu'à un certain niveau, la feuille retournant plus ou moins à son caractère primitif au niveau de la fleur.

La dissection de plus d'un millier de Roses, dont un certain nombre de « Roses vertes », et l'examen des particularités anatomiques et histologiques des pièces (vascularisation et pilosité) nous ont conduits aux conclusions suivantes.

1° Les sépales sont des feuilles réduites à une base dont le développement stipulaire est faible; le foliole est peu développé ou absent.

2° La fréquente pétalisation des sépales est due au développement de la partie stipulaire à nervation réticulée au détriment de la nervation centrale qui s'amenuise; la pétalisation est parfois telle que, seule, l'observation attentive d'un rudiment de foliole permet de distinguer ces pièces des pétales vrais. Ces derniers sont des écailles formées par hypertrophie stipulaire avec réduction extrême de la nervure centrale. Les pétales des « Roses vertes » résultent du télescopage de la base et du foliole apical.

3° Il existe deux types de staminodes : *a*. l'anthère correspond au foliole apical avorté, le filet à la nervure centrale de la base foliaire, les ailes pétaloïdes à des expansions baso-stipulaires (type le plus fréquent chez les Roses ordinaires); *b*. l'anthère naît à la partie inférieure du foliole porté par une

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1542.

base réduite au filet (type exclusif des « Roses vertes », occasionnel chez les Roses ordinaires).

4° Les étamines vraies sont construites sur le même plan que les staminodes de la « Rose verte », avec réduction du foliole aux sacs polliniques.

5° Les carpelles sont des pièces sépaloïdes appendiculées et refermées; les ovules sont des formations épiphylles de la base foliaire, le stigmate correspond au foliole apical; plusieurs Roses prolifères nous ont montré des sépales pétaloïdes porteurs d'un style et d'un stigmate typiques développés à la place du foliole apical.

La différenciation des pièces florales s'effectue donc selon les règles du développement foliaire perturbé par les hormones sexuelles et l'on retrouve partout la dualité base stipulée-apex foliolé avec diverses possibilités de fusion des deux parties ( « pétales » de la « Rose verte » ). Cette dualité explique la structure des pièces hermaphrodites des *Rosa*, constituées par un pédoncule sur lequel s'insèrent deux ovules nus pendants, et, immédiatement au-dessus, une anthère, l'ensemble correspondant au plan fondamental du développement foliaire.

Notre étude de la fleur du *Lilium candidum* L. et de celle des *Rosa* appuie la théorie classique de la métamorphose. On retrouve au delà des sépales la continuité des influences opérant des réductions ou des exagérations du développement végétatif dans les parties baso-stipulées et foliolées, la fleur étant une rosette à position insolite dont les pièces ont subi une croissance anormale.

Grégoire ([2]), se basant sur l'existence de méristèmes spéciaux et Plantefol ([3]), ajoutant à cet argument celui du changement de phyllotaxie, ont affirmé que les pièces florales sont des formations originales.

Mais cette conclusion est abusive puisque les méristèmes floraux continuent à édifier des pièces sur le plan de la feuille, cette convergence morphogène étant due à la continuité de l'influence des hormones végétatives et sexuelles à travers les systèmes foliaire et floral.

L'exactitude des observations de Grégoire et de Plantefol n'autorise aucunement à négliger les homologies entre les pièces foliaires et sexuelles.

La feuille des Angiospermes est un appareil complexe dont les parties se développent en fonction de gradients végétatifs et de polarités sexuelles sur lesquelles nous reviendrons en montrant leur importance dans la discussion de certains problèmes phylogéniques.

---

([2]) *La cellule*, 47, 1938, p. 285.

([3]) *Fondements d'une théorie nouvelle. L'ontogénie de la fleur*, Paris, 1949, p. 35-186.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contre la théorie généralisée des carpelles-sporophylles.* I. *Une structure singulière d'axe invaginé et de placentation caulinaire chez* Annamocarya *A. Chev.* (Juglandaceæ). Note (*) de M. **Jean-F. Leroy**, présentée par M. Roger Heim.

Aucune explication morphologique satisfaisante n'a jusqu'à présent été donnée de ce fruit si complexe qu'est la noix des *Juglandaceæ*. Les études de structure que nous poursuivons sur la fleur et le fruit dans cette famille nous ont amené à rejeter les interprétations jusqu'alors proposées, notamment celle qui a marqué si profondément la pensée scientifique depuis trois quarts de siècle, et selon laquelle, chez le Noyer comme ailleurs, les carpelles sont des sporophylles, l'ovule un appendice de la feuille ([1]). L'inadéquation de cette théorie est absolue. Nous allons décrire et interpréter dans la Note présente le système vasculaire, extrêmement original, du fruit chez une plante primitive du phylum des *Carya*, *Annamocarya sinensis* (Dode) J.-F. Leroy ([2]).

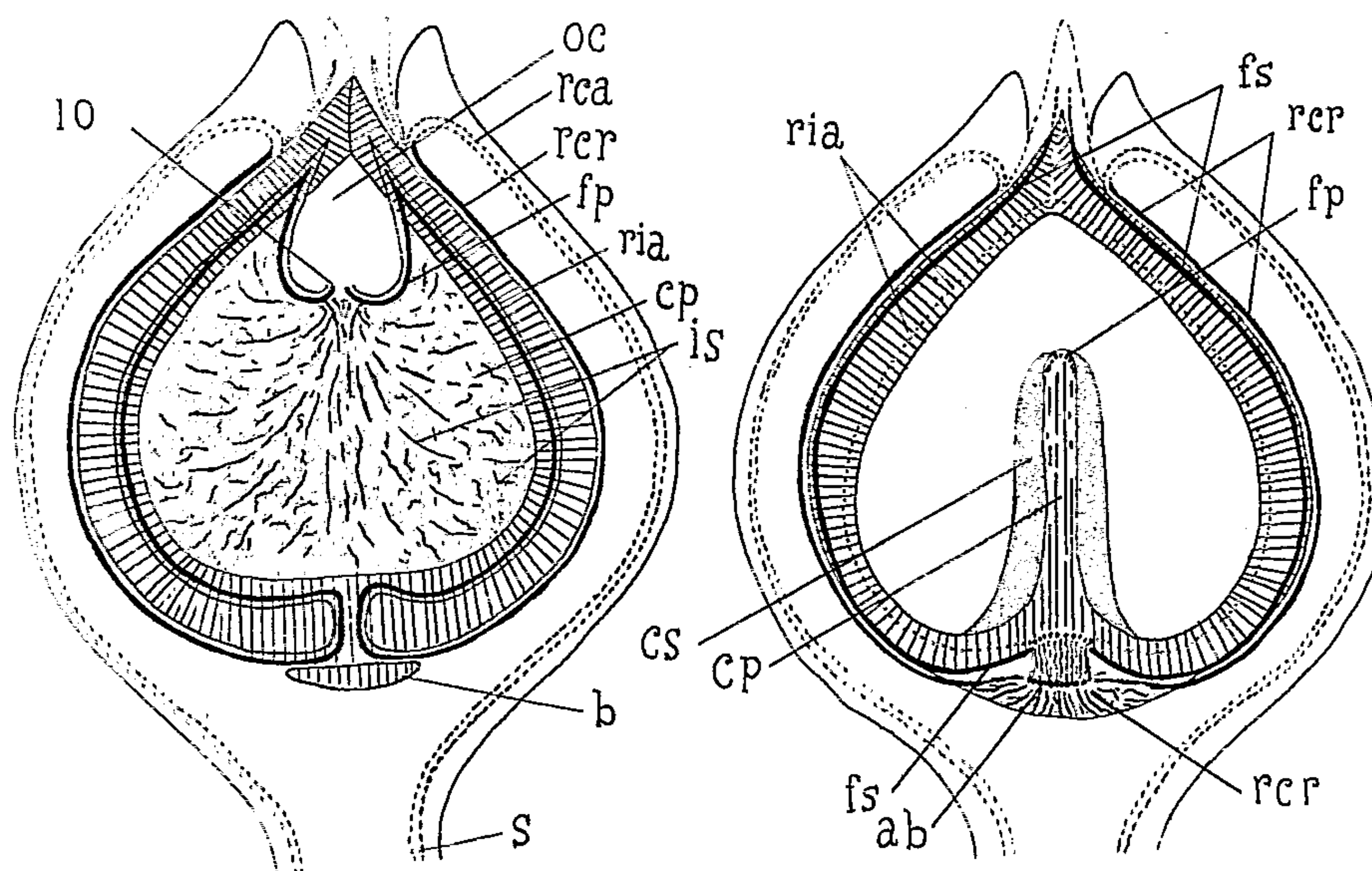
Extérieurement le fruit d'*Annamocarya* se distingue surtout parce que le brou s'ouvre en (4-) 6 secteurs, la coque présente un *bouclier* basal surplombant deux fossettes latérales situées dans le plan *sutural*. On observe, imprimé en creux sur la coque, tout un réseau vasculaire, anastomosé et *récurrent* qui se condense à la base de chaque valve, sous le bouclier, en un arc de cercle convexe vers l'extérieur. A ce niveau une *stèle*, en quelque façon, est reconstituée par les deux arcs de cercle se faisant face par leur concavité, séparés par le plan des sutures. Elle monte ainsi verticalement sur un certain espace, puis à nouveau s'évase et se redistribue, mais cette fois *au sein même de la coque*, en un réseau anastomosé ascendant, de part et d'autre du plan sutural. Les faisceaux de ce réseau atteignant le sommet forment deux ensembles placentaires qui descendent le long des bords libres de la cloison; la section en U renversé de ces ensembles, *d'environ dix faisceaux chacun*, adhérant étroitement par sa concavité aux bords de la cloison, rappelle un peu les deux arcs de cercles basaux déjà cités. Au niveau du funicule nous retrouvons une stèle, cette fois parfaite, qui irrigue le tégument suivant un type essentiellement pelté, à symétrie axiale. A la base de chaque stigmate, les stigmates sont ici dans le plan de la cloison primaire, aboutit de part et d'autre, un faisceau sutural quelque peu enfoncé à l'intérieur de la coque. Ces faisceaux prennent naissance à la base, sous le bouclier, à partir des faisceaux en arcs de cercle. La cloison primaire n'a de rapports vasculaires qu'avec les faisceaux placentaires au voisinage de

(*) Séance du 22 janvier 1951.

([1]) Van Tieghem, *Bull. Soc. Bot. France*, 16, 1869, p. 412; *Recherches sur la structure du pistil*, 1871; Benson et E. J. Welsford, *Ann. Bot.*, 23, 1909, p. 623.

([2]) *Rev. Int. Bot. Appl.*, 333-334, 1950, p. 425.

l'insertion de l'ovule; elle est richement irriguée par des faisceaux anastomosés pénétrant profondément aussi dans la cloison secondaire. A l'intérieur de la coque on trouve le parenchyme de remplissage habituel.




*Section longitudinale demi-schématique d'un fruit d'*Annamocarya sinensis J.-F. Leroy. — A. Suivant le plan de la cloison primaire. — B. Suivant le plan sutural : *oc*, orifice de la cloison; *io*, insertion de l'ovule; *rca*, réseau cupulaire ascendant; *rcr*, réseau cupulaire récurrent; *fp*, faisceau placentaire; *ria*, réseau interne ascendant; *cp*, cloison primaire; *is*, irradiations septales; *b*, bouclier; S, stèle; CS, cloison secondaire; *fs*, faisceau sutural; *ab*, arc de cercle basal.

Le système de la cupule semble assez complexe. Il comprend un *réseau subpériphérique ascendant*, mais aussi une vascularisation interne. Par comparaison avec les *Carya* (³) il est logique de supposer qu'on trouvera là aussi des « faisceaux stigmatiques » dans le plan normal aux sutures (⁴).

Interprétation : une invagination de l'axe détermine la position infère de l'ovaire. Les faisceaux suturaux appartiennent aux carpelles qui sont ici *stériles*. C'est la tige qui, se prolongeant au delà de ceux-ci, forme les réseaux internes ascendants, en continuité directe avec la vascularisation récurrente et et en contiguïté avec la surface interne des carpelles. Les carpelles stériles apparaissent comme enveloppés de part et d'autre par la tige. C'est une placentation apparemment pariétale, *fondamentalement caulinaire* (⁵). L'ovule

(³) D. V. Shuhart, *Bot. Gaz.*, 93, 1932, p. 1-20.

(⁴) Notre matériel cupulaire, en mauvais état, n'a pu être que très grossièrement étudié.

(⁵) Cette placentation pariétale se ramène au type centrospermien et n'est obtenue que par adhérence entre carpelles stériles et tige. Ce type de placentation pseudo-pariétale évoque fortement le cas des Salicales étudié par Hagerup (1938). La structure placentaire d'*Annamocarya* semble la plus archaïque parmi les *Juglandaceæ*.

est droit et orthotrope. La coque de la noix comprend principalement une partie externe d'origine appendiculaire, une partie interne (y compris les cloisons) axile. Elle est entourée d'une partie axile, la cupule.

ALGOLOGIE. — *Sur les caractères d'un* Mallomonas *et les affinités des Chrysophycées*. Note (*) de MM. **Pierre Bourrelly** et **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Les *Mallomonas* sont des Chrysophycées unicellulaires, uniflagellées, couvertes d'écailles siliceuses. L'espèce ici étudiée (*fig.* 1), *M. insignis* Pénard, a été récoltée en avril, dans une flaque à Sphaignes (pH 5,5) de la forêt de Rambouillet, sur la route de la Renardière. Elle mesure de 60 à 100$^{\mu}$ sur 17 à 18$^{\mu}$, possède deux *chromatophores* bruns, sans pyrénoïdes, à l'intérieur desquels le quart antérieur du contenu cellulaire est occupé surtout par le noyau, et les trois autres quarts par une grande vacuole, dans laquelle l'iode fait précipiter des globules bruns browniens. Elle est remarquable par les caractères suivants, qui la rapprochent des *Pyrrhophycées*, c'est-à-dire de l'ensemble des Dinophycées, des Chloromonadines et des Euglénomonadines :

*a*. insersion du fouet dans un *puits flagellaire* étroit et profond, rappelant ceux des Dinomonadines du genre *Polykrikos* (1);

*b*. sur le fouet, à l'entrée du puits, hors du cytoplasme, présence d'une *perle* incolore et réfringente, rappelant : 1° le classique « photocepteur » des Euglènes, également extra-cytoplasmique; 2° le « pivot » porté par la base du fouet transversal de la Dinomonadine *Plectodinium nucleovalvatum* Biecheler, qui a l'aspect d'un photocepteur, se compose pareillement de deux parties, l'une basophile, l'autre éosinophile, mais est intracytoplasmique. Un organite analogue a déjà été décrit par R. Hovasse sur la base de l'un des fouets chez une autre Chrysophycée nageuse : *Synura uvella* (2). Il se retrouve chez d'autres *Mallomonas* (*fig*. 4);

*c*. en connexion avec le puits flagellaire, existence dans le cytoplasme d'un *sac excréteur* rappelant les *pusules* des Dinomonadines et celle, unique, de la Chloromonadine *Gonyostomum semen*. Ce sac, très allongé et extra-axial, se compose de deux parties renflées, l'une antérieure, l'autre postérieure, réunies par un canal très étroit. Il atteint l'extrémité postérieure du corps. Il est accompagné de nombreuses *vésicules pulsatiles* globuleuses, peut-être sem-

---

(*) Séance du 22 janvier 1951.

(1) E. Chatton et P. P. Grassé, *C. R. Soc. Biol.*, **100**, 1929, p. 281; R. Hovasse, *Bull. Soc. Zool. France*, 58, 1933, p. 358.

(2) B. Biecheler, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 2005; M. Chadefaud et L. Provasoli, *Arch. Zool. exp. et gén.*, **80**. 1939, N. R. p. 55; R. Hovasse, *le Botaniste*, **34**, 1949, p. 264.

blables à celles qui, chez les Dinomonadines, établissent une relation (de sens encore discuté) entre les pusules et la paroi extérieure du corps. Un sac pusulaire analogue (à la forme près) est connu depuis longtemps chez d'autres Chrysophycées nageuses, des g. *Mallomonas* et *Microglena*, et chez leurs alliées les Coccolithophoracées;

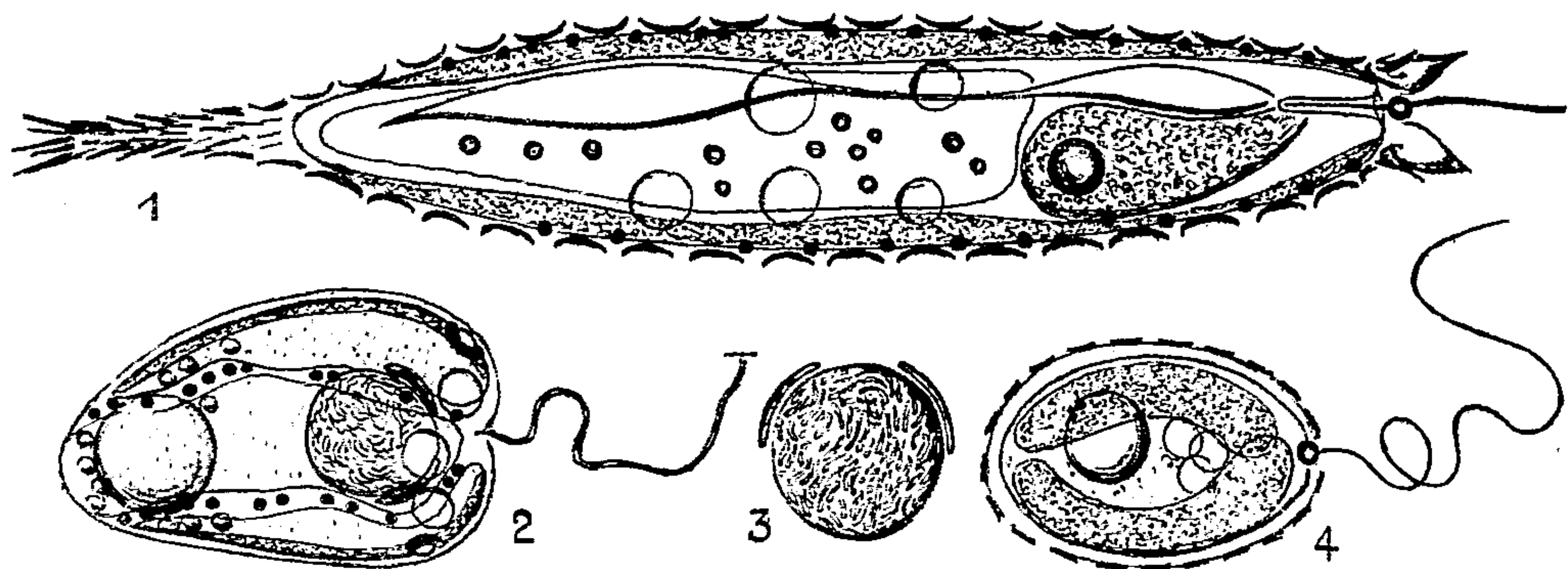



Fig. 1 à 4. — Chrysophycées flagellées.

1. *Mallomonas insignis* Pénard, traité par la solution iodo-iodurée (*voir* le texte). — 2. *Amphichrysis compressa* Korsh. (long. : 30 μ env.; quatre chloroplastes et deux stigmas; ici quatre vésicules pulsatiles; corps mucifères entre les plastes; noyau flanqué de deux parabasaux; leucosine et lipides). — 3. *Idem*, noyau. — 4. *Mallomonas* sp. (long. : 8 à 10 μ).

*d*. également relié au puits flagellaire, plus exactement au grain basal du fouet, qui doit s'y trouver, *noyau* comparable au *dinocaryon* des Dinomonadines, et aussi au noyau des Euglènes, par le grand développement de son appareil chromatique, qui rend fortement granuleux tout l'espace compris entre la membrane nucléaire et le nucléole. L'allure dinocaryoïde se retrouve chez d'autres Chrysophycées, notamment *Amphichrysis compressa* Korsk., trouvé en compagnie du *M. insignis*, chez lequel l'appareil chromatique du noyau au repos est formé de filaments entassés, à aspect de vermicelle, comme dans les dinocaryons typiques (*fig*. 2 et 3);

*e*. enfin, sous la cuticule, après action de l'iode, présence de granules fortement brunis par ce réactif, comparables aux corps mucifères iodophiles de divers Eugléniens (3).

Ainsi, il paraît probable que *les Chrysophycées, malgré leur structure plus fruste et l'absence d'inclusions amylacées, sont apparentées aux Pyrrhophycées* (et non aux Phéophycées, comme pourraient le suggérer le défaut de toute amylogénèse, et une certaine ressemblance entre les Chrysophycées nageuses et les zoospores des Phéophycées). A l'appui de cette opinion, on peut

(3) M. Chadefaud, *Le Botaniste*, 28, 1937, p. 85-185; *Bull. Soc. Bot. France*, 85, 1938, p. 534; *Revue Algol.*, 11, 1938, p. 189 à 220.

ajouter que : 1° selon R. Hovasse ([4]), les Chrysophycées du g. *Cyclonexis* ont des *trichocystes* complexes (véritables nématocystes sans cinétide) rappelant les nématocystes complets des *Polykrikos*; 2° selon A. Lameere ([5]), on peut rapprocher les *kystes* siliceux caractéristiques des Chrysophycées de la capsule périnuclaire des Radiolaires, qui se retrouve chez certaines Dinomonadines, et chez les Chloromonadines des g. *Gonyostomum* et *Chattonella*.

CHIMIE AGRICOLE. — *Fixation de l'azote minéral par les micro-organismes décomposant les pailles de céréales dans le sol.* Note de M^lle **Ginette Sylvestre**, M. **Pierre Boischot** et M^me **Pierre Quillon**, présentée par M. Albert Demolon.

L'humification des matières organiques renfermant moins de 1,2 % d'azote nécessite un apport de cet élément. Tel est le cas des pailles de céréales.

Celles-ci enfouies directement dans le sol, s'y décomposent sous l'action de microorganismes qui, pour fabriquer leur propre substance, ont besoin d'une quantité d'azote importante ([1]). Si celui-ci se trouve en quantité insuffisante, il y a concurrence alimentaire entre les microorganismes et les plantes cultivées. A la récolte, on observe une baisse de rendement due à une nutrition azotée déficiente.

C'est pourquoi il convient d'apporter au moment de l'enfouissement direct des pailles des quantités d'azote minéral suffisantes pour faire face à la fois aux besoins des récoltes et des microorganismes.

Le but de cette Note est de préciser comment l'azote ainsi ajouté est fixé sous forme de corps microbiens pendant la décomposition de la paille dans le sol.

*Mode opératoire.* — $100^g$ de terre provenant d'un sous-sol argileux de Seine-et-Oise pauvre en azote nitrifiable (0,02 ‰) sont additionnés de paille et arrosés avec $20^{cm^3}$ d'une solution azotée, puis mis à l'étuve à 28°. Après un temps déterminé, on dose l'azote ammoniacal et nitrique après extraction par $500^{cm^3}$ d'une solution normale de $CaCl_2, 6H_2O$.

La différence entre l'azote mis en expérience (déduction faite de l'N fixé par phénomène physicochimique sur le sol) et l'azote ainsi extrait, donne la quantité de N minéral transformé en N microbien.

Nous avons ainsi obtenu les résultats suivants :

([4]) *Le Botaniste*, 34, 1949, p. 254.
([5]) *Précis de Zoologie*, I, 2e édit., 1932, p. 217.

([1]) H. L. Jensen, *J. Agr. Sc.*, 19, 1929, p. 71.

I. — *Action des quantités croissantes de pailles.*

(100g de terre + 100mg d'N ammoniacal, 10 jours d'étuve).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Paille (g) | 0,05 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| N fixé par les microbes (mg) | 5,8 | 11,5 | 19,2 | 28,4 | 31,3 |
| N fixé pour 100 de paille | 1,16 | 1,15 | 0,96 | 0,71 | 0,52 |

II. — *Action des quantités croissantes d'azote ammoniacal.*

(100g de terre + 2g de paille, 10 jours d'étuve).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Azote (mg) | 12,5 | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 |
| N fixé par les microbes (mmg) | 10,2 | 16,2 | 16,1 | 18,9 | 22,9 | 27,2 | 32,5 |
| N fixé pour 100 de N | 81,6 | 64,8 | 32,2 | 25,2 | 22,9 | 18,2 | 16,2 |

III. — *Action du temps de contact.*

(100g de terre + 2g de paille + 100mg N ammoniacal).

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temps de contact | 1 h. | 1 jour | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 |
| N fixé par les microbes (mg) | 0,05 | 4,4 | 4,90 | 13,3 | 18,3 | 23 | 24 | 24 |

De ces chiffres et des courbes correspondantes, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La quantité d'azote susceptible d'être utilisé pour la fabrication des corps microbiens est relativement considérable. Dans nos expériences, elle varie de 0,5 à 1,6 % du poids de la paille après 10 jours d'étuve à 28°.

2° La fixation semble avoir atteint son maximum après 8-10 jours.

3° Plus la quantité de paille est grande, plus il y a prolifération microbienne et par conséquent d'azote fixé.

4° Pour un même poids de paille, plus la quantité d'azote ajouté est grande, plus est grande la quantité transformée par les microorganismes.

5° Par contre, si nous considérons les coefficients d'utilisation de l'azote ajouté, nous constatons que :

*a.* La quantité d'azote fixé par gramme de paille est d'autant plus faible que le poids de paille est plus élevé.

*b.* Pour un même poids de paille, le pourcentage de l'azote fixé par rapport à l'azote mis en expérience est d'autant plus faible que la quantité de N ajouté est plus forte.

En conséquence, on a intérêt à n'enfouir que de petites quantités de paille et d'azote à l'hectare. Il est vrai que dans nos expériences les proportions sont, par rapport à la quantité de terre, de 0,5 à 6 % de paille et 0,01 à 0,2 % de N, ce qui représenterait de 15 000 à 180 000kg de paille et 375 à 6 000kg de N à l'hectare. Or, dans la pratique, les quantités de paille et d'azote incorporées

au sol sont beaucoup plus faibles, ce qui assure une utilisation maxima de l'azote.

Nos expériences indiquent qu'il y a au moins 1,2 d'azote fixé pour 100 de paille. Il faut donc, lorsque l'on enfouit directement la paille dans le sol, doubler au moins les quantités d'azote préconisées dans la fabrication du fumier artificiel ($5^{kg}$ N par tonne de paille), si l'on veut éviter que le développement des microorganismes qui décomposent la paille, nuise à la nutrition azotée des cultures.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Les microfluctuations de l'œil et leur influence sur l'image rétinienne.* Note (*) de M. **Albert Arnulf**, Mlles **Odette Dupuy** et **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons indiqué, dans une Note précédente (1), l'existence de microfluctuations de l'accommodation ayant pour effet de faire prédominer dans l'image des aberrations non de révolution qui modifient la distribution d'éclairement qu'on peut calculer en présence d'aberration sphérique et chromatique.

Une évaluation numérique de l'étendue de la tache de diffusion a été faite de deux manières.

*a*. Une photographie de la tache image du fond de l'œil avec un objectif de $250^{mm}$ de longueur focale (grandissement voisin de 15) avec un temps de pose assez long pour obtenir une tache de diffusion moyenne (2 minutes) a donné une image sensiblement de révolution, correspondant pour l'œil à un diamètre angulaire de 2 minutes d'arc.

*b*. Des mesures directes de largeur angulaire de la tache, avec un viseur à micromètre, effectuées dans un plan méridien de l'image, conduisent aussi à une largeur angulaire moyenne dépassant peu 2 minutes. La plus forte valeur observée une seule fois au cours des mesures, a atteint 8'. Les ordres de grandeur obtenus en *a* et *b* sont les mêmes.

Dans les deux cas l'œil est traversé deux fois et de plus, la cohérence de l'image formée sur la rétine est détruite. L'image observée est donc plus étendue que l'image rétinienne, les relations entre les distributions d'éclairement de l'une et de l'autre étant pratiquement très difficiles à obtenir.

Nous avons alors utilisé une méthode dont le principe a été appliqué par Ivanoff (2) à la mesure de l'aberration sphérique de l'œil, et fournissant directement les variations de puissance de l'œil. On éclaire les deux moitiés d'un champ circulaire de quelques degrés de diamètre apparent par deux petits trous, dont les images sont formées sur la pupille de l'œil, avec des écarte-

(*) Séance du 22 janvier 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 349.

(2) *Rev. Opt.*, **26**, nos 5-6, 1947, p. 145.

ments variables et connus. A chacun de ces deux faisceaux correspond l'image rétinienne d'une des deux moitiés du champ. Pour cela, les deux trous sources sont obtenus par dédoublement d'un trou objet au moyen d'un prisme biréfringent, chaque moitié du champ objet étant recouvert d'une lame de polaroïde, les deux lames ayant leurs axes croisés. Dans chaque moitié du champ est placée une tige fine, perpendiculaire à la ligne qui joint les trous. Un changement de puissance de l'œil se traduit par un déplacement latéral relatif des tiges. Les mesures sont effectuées en déplaçant l'une d'elles pour la ramener dans l'alignement de l'autre, et en mesurant ce déplacement. La variation de puissance $\Delta\pi$ est liée au déplacement angulaire $\Delta\alpha$ de la tige mobile et à l'écartement des faisceaux sur la pupille par la relation

$$\Delta\pi\,(\text{dioptries}) = \frac{\Delta\alpha\,(\text{radians})}{\omega\,(\text{mètres})}.$$

Cette méthode donne la variation vraie de puissance. Cela est évident pour l'observation subjective. Dans le cas de l'observation objective, le faisceau traverse en sens inverse l'œil observé, puis traverse l'œil observateur. Mais l'image rétinienne étant dépolarisée et non cohérente, les deux yeux travaillant avec leur pleine ouverture, leurs fluctuations d'accommodation agissent d'une manière identique sur les images des deux tiges, et s'éliminent.

Le tableau suivant fournit, en dioptries, la valeur moyenne des fluctuations observées en dioptries déduite dans chaque cas d'une série de 100 mesures, pour quatre observateurs et quatre valeurs de l'écartement des faisceaux sur la pupille. Les deux colonnes marquées $\Delta\pi'$ fournissent, en dioptries, la valeur moyenne des écarts d'alignement mesurée en l'absence de fluctuations d'accommodation pour un diamètre pupillaire de $4^{mm}$, et pour un champ de même brillance. Sauf dans un cas, les écarts dus à la précision des pointés d'alignement ne sont pas assez forts pour affecter beaucoup la valeur mesurée de $\Delta\pi$.

| | Mesures objectives. | | Mesures subjectives. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Observateurs. $\omega$(mm).... | – | 1,7. | 1,7. | 2,4. | 3,2. | 4,0. | – |
| | $\Delta\pi$ | $\Delta\pi'$ | $\Delta\pi$ | $\Delta\pi$ | $\Delta\pi$ | $\Delta\pi$ | $\Delta\pi'$ |
| A. A. .............. | 0,12 | 0,036 | 0,041 | 0,037 | 0,040 | 0,051 | 0,013 |
| F. F. .............. | 0,10 | 0,039 | 0,075 | 0,086 | 0,049 | 0,058 | 0,017 |
| O. D. .............. | 0,10 | 0,039 | 0,094 | 0,078 | 0,067 | 0,095 | 0,025 |
| P. .................. | 0,14 | 0,036 | 0,089 | 0,139 | – | 0,020 | 0,028 |

Les écarts maximums ne dépassent pas trois fois les écarts moyens. Pour une longueur d'onde $\lambda$ et un diamètre pupillaire $\omega$, l'écart maximum en longueur d'onde entre la surface d'onde de référence et la surface d'onde correspondant à l'écart $\Delta\pi$ dioptries est

$$\Delta K = \frac{\omega^2}{4\lambda}\Delta\pi,$$

formule valable pour tous les diamètres pupillaires. Pour $\omega = 4^{mm}$, $\lambda = 0^{\mu},6$,

un écart $\Delta\pi = 0,075$ dioptrie, peu différent de la valeur moyenne des quatre observateurs, correspond à $\Delta K = 0,5$. Un tel écart donnera lieu, en présence de diffraction, à une tache de diffusion dont la valeur varie beaucoup suivant la nature de l'aberration en cause. Elle correspondra, d'après A. Maréchal, à 2'40 pour une focale astigmatique, à 1'20 pour le diamètre de la tache sensiblement uniforme à égale distance de deux focales astigmatiques, pour dépasser à peine, pour le coma et l'aberration sphérique, le diamètre de la tache de diffraction pure. Étant donné que la très grande majorité des taches observées dans les images rétiniennes sont de forme astigmatique, le diamètre de 2' obtenu pour la tache image moyenne mesurée par photographie correspond bien, comme ordre de grandeur, à ce qu'on peut attendre des écarts moyens en dioptries.

La mise en évidence des microfluctuations d'accommodation et la détermination de leur amplitude, malgré la précision médiocre obtenue actuellement, permettent d'envisager une interprétation beaucoup plus satisfaisante des valeurs de la limite de résolution de l'œil que celle que l'on peut déduire de la seule considération des aberrations sphérique et chromatique.

PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION. — *De l'effet stimulant des iodocaséines sur la régénération de la fourrure et la composition des poils du Rat blanc.* Note (*) de MM. **Raymond Jacquot** et **Viswanatha Mahadevan**, présentée par M. André Mayer.

On sait que les productions épidermiques sont placées sous la dépendance de la thyroïde. Il est dès lors intéressant de rechercher si les iodocaséines ont une action marquée sur la fourrure des mammifères. En effet, ces produits présentent *in vivo* une activité thyroïdienne certaine. Alors que de nombreuses études ont été consacrées à leur influence sur la croissance, la lactation et la ponte, on n'a jamais étudié à notre connaissance leur efficience sur la régénération de la fourrure. Celle-ci semble très probable. Cependant il n'est pas exclu de penser qu'il peut y avoir dans ce domaine des différences d'action entre la thyroglobuline naturelle et les iodocaséines. Les travaux de Roche nous apprennent que l'efficacité des iodocaséines administrées *per os* est souvent imprévisible.

Dans nos recherches sur la régénération de la fourrure du Rat blanc, nous avons utilisé une iodocaséine du type de celle que nous avions précédemment titrée par diverses méthodes biologiques. A titre d'indication, un traitement prolongé à raison de $5^{mg}$ par $100^{g}$ poids vif/24 heures d'un tel produit détermine une élévation des échanges de l'ordre de 40 à 50 %. Les doses inférieures correspondent à une légère stimulation thyroxinienne, la dose de $7^{mg},5$ équi-

(*) Séance du 15 janvier 1951.

vaut à un état d'hyperthyroïdisme intense. Nous avons constitué plusieurs lots de 6 Rats adultes et en équilibre de poids, recevant quotidiennement des quantités d'iodocaséine (I. D. C.) variant de 1 à $7^{mg}$,5 par $100^{g}$ vifs. Il n'en résultait aucun effet d'inappétence. Nous avons expérimenté avec deux types de régime, l'un à 20 %, l'autre à 5 % de caséine. La ration était par ailleurs parfaitement équilibrée du point de vue vitamines et sels. Les résultats moyens sont condensés dans le tableau suivant :

| État thyroïdien. | Variation de poids vif (%). | Poids 1re tonte A (g). | Poids 2e tonte B (g). | Pourcentage de régénération $\frac{B}{A} \times 100$. | Influence de l'iodocaséine (%). |
|---|---|---|---|---|---|
| *Régime à 20 % de caséine* (durée : 22 jours). | | | | | |
| Témoins | + 0,5 | 2,84 | 1,61 | 57 | – |
| Éthyroïdés | –12,5 | 2,58 | 0,91 | 35 | – |
| $1^{mg}$ I. D. C. | + 3 | 2,62 | 1,64 | 63 | + 6 |
| 2,5 » | + 2 | 2,35 | 1,94 | 83 | +26 |
| 5 » | – 2,5 | 2,59 | 1,84 | 71 | +14 |
| 7,5 » | + 1 | 2,60 | 1,40 | 54 | – 3 |
| *Régime à 5 % de caséine* (durée : 45 jours). | | | | | |
| Témoins | + 4,6 | 2,84 | 1,11 | 40 | – |
| $1^{mg}$ I. D. C. | + 6 | 2,62 | 1,37 | 51 | +11 |
| 2,5 » | + 3 | 2,35 | 1,395 | 59 | +19 |
| 5 » | + 7,7 | 2,59 | 1,39 | 50 | +10 |
| 7,5 » | + 7 | 2,60 | 1,22 | 47 | + 7 |

De même que l'ablation de la thyroïde diminue la pousse du poil, l'administration d'iodocaséine à certaines doses la stimule nettement. Le maximum d'efficacité correspond à l'ingestion journalière de $2^{mg}$,5 par $100^{g}$ vifs. Pour des doses plus faibles, l'effet est moins marqué; pour des quantités plus fortes, il est atténué et peut même devenir négatif. Nous retrouvons ici une des caractéristiques des iodocaséines. Comme l'écrit Roche : « un léger excès d'iodocaséine dans les aliments inverse les effets obtenus avec des doses plus faibles ». Par ailleurs le traitement par l'iodocaséine n'influence pas de manière significative l'équilibre de poids, alors que la thyroïdectomie entraîne un amaigrissement.

Nous avons en outre analysé les poils de la deuxième tonte. Les résultats moyens sont condensés dans le tableau ci-après.

Toutes les valeurs demeurent remarquablement constantes, ce qui prouve que l'état thyroïdien n'influence pas la qualité de la kératinisation.

| État thyroïdien. | N total (%) | Cystine (%) | Méthionine (%) | Lysine (%) |
|---|---|---|---|---|
| | | sur la base de 16 % d'azote. | | |
| *(Régime à 20 % de caséine.)* | | | | |
| Témoins | 14,8 | 12,7 | 0,81 | 3,56 |
| Ethyroïdés | 15 | 12,5 | 0,83 | 3,51 |
| 1mg I. D. C. | 14,6 | 12,3 | 0,84 | 3,54 |
| 2,5 » | 14,6 | 12,6 | 0,83 | 3,48 |
| 5 » | 14,8 | 12,5 | 0,82 | 3,43 |
| 7,5 » | 14,5 | 13,2 | 0,82 | 3,45 |
| *(Régime à 5 % de caséine.)* | | | | |
| Témoins | 14,6 | 11,32 | 0,82 | 3,35 |
| 1mg I. D. C. | 14,5 | 11,32 | 0,83 | 3,43 |
| 2,5 » | 14,4 | 11,03 | 0,87 | 3,48 |
| 5 » | 14,9 | 11,14 | 0,81 | 3,32 |
| 7,5 » | 14,8 | 10,94 | 0,82 | 3,25 |

*En résumé :* on peut par des doses convenables d'iodocaséine stimuler notoirement la pousse du poil, sans nuire à l'équilibre du poids vif, ni altérer la composition des phanères kératinisés. Nos essais sur animal de laboratoire sont le préliminaire d'une enquête plus vaste sur le Mouton, dès maintenant commencée en Afrique du Nord, qui permettra de savoir dans quelle mesure il est possible d'augmenter la production lainière par emploi modéré et contrôlé des protéines iodées.

ZOOLOGIE. — *L'ablation du prostomium provoque, chez les Néréidiens, la maturation précoce des produits génitaux mâles.* Note de M. **Maurice Durchon**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai montré que l'ablation du prostomium, chez les Néréidiens à épitoquie, provoquait la transformation de l'animal en Heteronereis.

A cette modification externe, portant sur la forme et la structure des parapodes, correspond un changement interne, à la fois plus important et plus général : la maturation des produits génitaux chez les mâles. J'ai pu l'observer, non seulement sur deux espèces à épitoquie, *Perinereis cultrifera* Grube et

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 81.

*Nereis irrorata* Malmgren, mais aussi sur une forme qui ne devient jamais épitoque, même expérimentalement, *Nereis diversicolor* O. F. Müller.

*Mode opératoire.* — On détermine d'abord le sexe en examinant le contenu cœlomique, prélevé par ponction. Seuls les individus mâles sont retenus, la maturation génitale étant plus aisée à suivre que chez les femelles. L'opération est toujours pratiquée en dehors de la période de reproduction. On vérifie que les produits génitaux sont immaturés en faisant une préparation colorée (hémalun, éosine). Les animaux sont ensuite anesthésiés au chlorure de magnésium à 8 %, et l'on pratique soit l'excision médiane du prostomium, soit l'ablation sélective de l'encéphale (*Nereis irrorata*). Dans ce dernier cas, on incise d'abord longitudinalement le prostomium en son milieu avec des ciseaux de Wecker, on extirpe l'encéphale avec des pinces fines et l'on referme la fente par une agrafe au fil d'argent.

Les animaux opérés sont isolés dans des cristallisoirs. Témoins et opérés sont soumis aux mêmes conditions de milieu.

*Résultats.* — Un mois environ après l'opération, *Nereis irrorata* et *Perinereis cultrifera* deviennent épitoques, tandis que *Nereis diversicolor* ne présente pas de transformation apparente.

Deux mois après l'opération, et chez les trois espèces étudiées, la ponction du contenu cœlomique montre des éléments génitaux soit en voie de maturation (spermatides groupés par quatre), soit à maturité (spermatozoïdes libres et même parfois mobiles). Rien de tel ne peut être observé chez les témoins.

Qu'il s'agisse de formes à épitoquie ou de formes sans épitoquie, l'ablation, soit du prostomium, soit de l'encéphale seul, déclenche la maturation des gamètes mâles. L'encéphale des Néréidiens a donc, pendant toute la croissance de l'animal, un rôle inhibiteur, freinant au moins chez le mâle, la maturation des gamètes, qui se produirait spontanément plus tôt. L'inhibition de la maturation génitale paraît une fonction générale de l'encéphale chez les Néréidiens; elle s'accompagne d'une inhibition de l'épitoquie chez les espèces qui présentent naturellement cette transformation.

Ces observations chez les Néréidiens sont à rapprocher de faits analogues constatés chez les Syllidiens (j'ai pu montrer la maturation précoce des gamètes mâles et femelles chez *Syllis amica* Quatrefages par ablation de la zone œsophagienne) (2). Les deux familles ont certainement des traits communs dans leur physiologie sexuelle.

Les faits qui viennent d'être exposés m'ont amené à rechercher si l'accumulation des produits génitaux ne jouait pas un rôle dans le déclenchement de l'épitoquie. Des expériences sont en cours dont les résultats seront publiés ultérieurement.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2236.

BIOLOGIE. — *Isolement d'une souche de grippe, essai d'identification de cette souche.* Note (*) de M<sup></sup>lle **Geneviève Cateigne** et M. **Bernard Fauconnier**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours de l'épidémie de grippe qui sévit actuellement, une souche de grippe a été isolée qui présente beaucoup de caractères communs avec la souche A'.D 48 isolée lors de l'épidémie 1948-1949.

De plus, les premiers essais d'identification de cette souche ont montré qu'elle possédait des antigènes communs aux groupes A et B. Cette polyvalence serait d'un gros intérêt, si elle se confirme.

D'autres isolements de souches sont en cours afin de savoir si l'agent infectieux de cette épidémie est du même type dans différentes régions de France.

Nous venons d'isoler une nouvelle souche de grippe, au cours de l'épidémie qui sévit actuellement. Cet isolement a été fait à partir d'un liquide de gargarisme d'une malade présentant, cliniquement, un syndrome grippal. Ce liquide de gargarisme recueilli 48 heures après le début de la maladie, auquel il fut ajouté 10 000 unités de pénicilline et $0^g,10$ de streptomycine, a été inoculé à des embryons de 8 et 9 jours par voie amniotique. La moitié des œufs inoculés fut mise à 37°, l'autre moitié à 35°. Le premier prélèvement fut effectué 3 jours après l'inoculation et s'avéra négatif, un second passage fut fait, dans les mêmes conditions d'âge et de température; ce sont les embryons de 8 jours à 35° qui nous donnèrent un résultat positif. Cette souche s'est adaptée très rapidement dans le milieu allantoïque; au troisième passage le liquide allantoïque agglutinait les globules rouges humains au 1/160; le virus encore mal adapté à l'œuf agglutine les globules rouges de poule à un taux moins élevé.

Nous venons de faire une première identification de la souche en étudiant le pouvoir inhibiteur du sérum de la malade, vis-à-vis des principaux groupes de souches de grippe y compris la souche porcine. Nous avons fait la réaction avec les souches : A. PR 8, B. LEE, A'. Barrat, A'. FM 1, A'. D 48, porcine SW et la nouvelle souche.

Le sérum de la malade fut prélevé 48 heures après le début de la maladie. Un second prélèvement fut effectué douze jours après le premier.

Le pouvoir inhibiteur le plus élevé a été observé vis-à-vis de la souche A'. D 48.

*Réaction du* 18 *janvier* 1951 *avec globules rouges humains.*

| | PR 8. | B. | Ba. | D 48. | FM 1. | SW. | Nouvelle souche. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sérum Bu I (6-1-1951)....... | 1/40 | 1/40 | 1/40 | 1/40 | 1/40 | 1/40 | 1/40 |
| Sérum Bu II (18-1-1951)..... | 1/640 | 1/640 | 1/320 | 1/2560 | 1/320 | 1/80 | 1/160 |

(*) Séance du 22 janvier 1951.

Cette nouvelle souche paraît donc très voisine, du point de vue antigénique, de celle que nous avons isolée en décembre 1948. Elle semble présenter une propriété particulière, celle d'avoir des antigènes communs avec les souches des différents groupes que nous avons examinés. Cette propriété qui va être vérifiée, aurait un très gros avantage : celui d'immuniser contre les souches de groupes différents. Un champ d'étude assez vaste est donc ouvert.

D'autres isolements de souches sont en cours, qui nous permettront peut-être de voir si nous n'avons affaire qu'à un seul type de virus, pour cette épidémie.

L'expérimentation sur animal est en cours également; les résultats se montrent sensiblement différents de ceux que nous avions obtenus en 1948-49 avec la souche A'. D48.

*Conclusion.* — Une souche de virus grippal a été isolée d'un malade au cours de l'épidémie actuelle. Cette souche présente des caractéristiques particulières qui demandent à être contrôlées. Elle semble se classer dans le sous-groupe A'.

BIOLOGIE. — *Sensibilité du Hamster au bacille B. C. G.* Note de MM. **Paul Hauduroy** et **Willy Rosset**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le 16 décembre 1948 nous avons injecté sous la peau d'un hamster le contenu d'une ampoule de B. C. G. destiné à la vaccination par scarification, ampoule prise au hasard dans un lot provenant du service du B. C. G. de l'Institut Pasteur de Paris.

L'animal est mort le 13 décembre 1949, présentant à l'autopsie une rate considérablement hypertrophiée, qui contenait des bacilles acido-alcoolo-résistants en quantité innombrable. Des fragments de cette rate ont été inoculés et ensemencés. Des deux cobayes inoculés, l'un est mort quatre mois après l'inoculation d'une affection intercurrente, mais présentait à l'autopsie un abcès au point d'inoculation avec des bacilles acido-alcoolo-résistants. Le contenu de cet abcès a été inoculé à un cobaye neuf qui vit encore. Les cultures faites avec les organes du premier hamster ont été positives après trois semaines environ. Elles ont été inoculées à des cobayes, des hamsters et un lapin. Seul l'un des hamsters inoculé par voie intra-péritonéale est mort en cinq mois avec des lésions (granulomes tuberculoïdes dans les poumons, les ganglions médiastinaux et la rate). Les organes contenaient des quantités considérables de bacilles. Ces organes ont été ensemencés, et les cultures obtenues utilisées pour des inoculations à des hamsters et à des lapins qui vivent encore.

Notre première expérience nécessitait une critique serrée. Elle pouvait comporter en effet deux erreurs; le premier hamster mort pouvait être déjà tuberculeux avant l'injection de B. C. G. Cette hypothèse était bien improbable,

étant donné la lenteur de l'évolution de l'infection; mais tous les animaux, dans la suite de nos experiences, n'ont été inoculés qu'après avoir subi des épreuves à la tuberculine qui se sont toujours montrées négatives.

La seconde erreur pouvait provenir d'une contamination d'élevage. Nos animaux inoculés sont placés dans un bâtiment isolé, vivent séparés, et des milliers d'animaux ont séjourné dans ce bâtiment sans que nous ayons jamais observé une seule contamination accidentelle.

D'autres séries d'expériences ont suivi celle que nous venons de rapporter. Soixante-quatre hamsters ont été inoculés il y a plus ou moins longtemps. Trente-cinq sont encore vivants et nous publierons ultérieurement l'évolution de leur infection. Vingt-neuf hamsters sont morts après avoir reçu sous la peau ou dans la cavité péritonéale des doses variables de bacille B. C. G. Ces bacilles étaient prélevés dans des ampoules de vaccin destinées aux vaccinations par scarification (une demie, une, deux ou trois ampoules) ou dans des cultures provenant des organes de hamsters antérieurement inoculés (10 à 15$^{mg}$). Dans certains cas, ce sont ces organes eux-mêmes qui ont servi à faire l'inoculation.

Deux de ces animaux sont morts en quelques jours de maladies intercurrentes. La mort des 27 hamsters restants s'est produite en environ 8 à 12 mois pour les injections sous-cutanées, en 1 à 4 mois pour les injections intra-péritonéales. A l'autopsie, les lésions, quand elles sont macroscopiquement visibles, ne sont pas localisées au point d'inoculation. Il s'agit microscopiquement de lésions inflammatoires folliculaires de type tuberculeux se rencontrant en général dans le poumon, le foie, la rate. Toutes ces lésions contiennent des bacilles en quantité parfois extraordinaire.

Les passages de cette maladie expérimentale sont possibles de hamster à hamster.

Aucun des cobayes inoculés avec le vaccin B. C. G. lui-même, avec des organes de hamster mort tuberculeux, avec des cultures provenant de ces organes n'a succombé jusqu'à maintenant.

De ces expériences, il est possible de conclure que :

1. Le bacille servant à fabriquer le vaccin B. C. G. est capable de tuer le hamster, et l'examen microscopique des organes des animaux morts montre la présence de lésions de type tuberculeux. Ce résultat expérimental est le premier exemple d'infection mortelle de ce microbe pour cet animal de laboratoire, lequel se révèle ainsi le seul, jusqu'à maintenant, aussi sensible.

2. L'évolution de la maladie de type tuberculeux provoquée par le bacille B. C. G. chez le hamster est beaucoup plus lente que celle provoquée par le bacille humain ou bovin, malgré les doses considérables utilisées dans nos essais.

3. Les bacilles B. C. G. passés par le hamster se sont montrés jusqu'à maintenant incapables de tuberculiser le Cobaye.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement de la vagotonine en deux hormones d'activités physiologiques distinctes.* Note (*) de M. **Daniel Santenoise**, M[lle] **Thérèse Santenoise**, MM. **Michel Polonovski** et **Georges Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'expérimentation physiologique a permis d'établir que l'ablation du pancréas chez le Chien en anesthésie limite continue est régulièrement suivie d'une importante diminution tant de l'excitabilité réflexe parasympathique que de l'excitabilité chimique des centres respiratoires. L'une et l'autre sont régulièrement rétablies soit par la transfusion de sang du pancréas d'un chien donneur, soit par anastomose carotido-carotidienne et jugulo-jugulaire, soit par greffe d'un pancréas au cou, soit enfin par injection de vagotonine extraite de pancréas de Cheval ou de Bœuf (1). Ces faits établissent la double action hormonale de la sécrétion interne non insulinienne du pancréas qui exerce une action régulatrice à la fois sur les centres parasympathiques et sur les centres respiratoires.

Ayant établi (2) comment l'on peut titrer physiologiquement l'action vagotonisante et l'action centropnéique des extraits pancréatiques désinsulinés, nous avons recherché si ce double effet était lié à l'action d'une seule ou de deux hormones.

Nous avions déjà réalisé une purification poussée de la vagotonine en fractionnant d'abord les extraits pancréatiques par précipitation à l'aide d'une solution de chlorure de lithium à différents pH. Nous avons poursuivi cette purification après nous être assurés par l'étude de la courbe de E.-J. Cohn que nous avions encore affaire à un mélange de plusieurs protéines. On sait, en effet, que la solubilité S d'une protéine pure en présence de sels est donnée par la relation $\log S = \beta' - K'_s (\Gamma/2)$ dans laquelle $(\Gamma/2)$ est la force ionique de la solution, $K'_s$ une constante caractéristique de la protéine, $\beta'$ une fonction de la température et du pH.

Nous avons appliqué cette méthode à la purification de la vagotonine extraite du pancréas de cheval (3) en utilisant le sulfate de lithium comme sel précipitant, la solubilité étant évaluée par le dosage de l'azote resté en solution (micro-Kjeldahl). Nous avons ainsi obteuu une ligne brisée formée de deux segments de droite comme le représente le graphique ci-après.

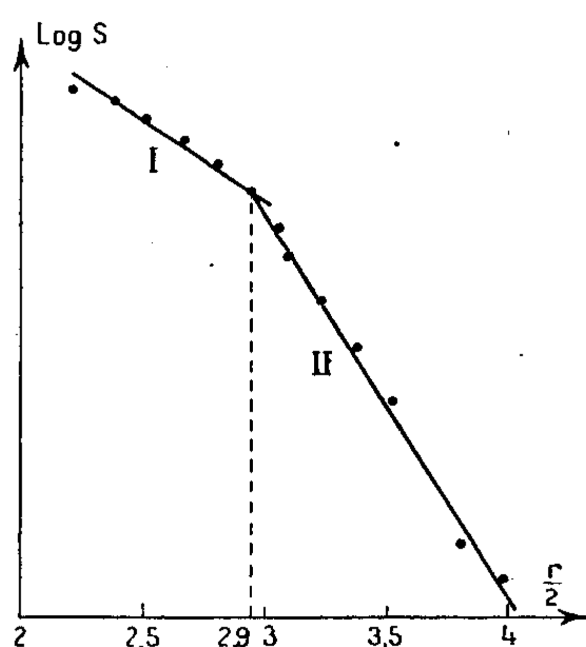
(*) Séance du 15 janvier 1951.

(1) On trouvera la bibliographie antérieure dans : D. Santenoise, *L'exploration biochimique de l'excitabilité des centres respiratoires* (*Exp. ann. de bioch. méd.*, 12, 1950, p. 223).

(2) M. Polonovski, D. Santenoise et T. Santenoise, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1104.

(3) D. Santenoise, *Biochimie de la vagotonine* (*Exp. ann. de bioch. méd.*, 3, 1942, p. 227).

Comme on sait que la courbe représentant le logarithme de la solubilité d'une protéine pure en fonction d'une force ionique est une droite, nous apportons la preuve de l'existence d'au moins deux fractions homogènes.




La première, la moins soluble, ne représente en poids que le 1/5 de l'extrait initial, les 4/5 étant constitués par une autre protéine chimiquement différente. Nous avons étudié leurs activités physiologiques respectives chez le Chien, le Lapin et le Cobaye. La plus soluble, et la plus abondante, augmente puissamment l'excitabilité réflexe parasympathique, mais n'exerce aucune action sur l'excitabilité des centres respiratoires; l'autre n'exerce, au contraire, aucune action sur l'excitabilité réflexe parasympathique, mais accroît considérablement l'excitabilité des centres respiratoires.

Il est ainsi démontré que l'extrait pancréatique désinsuliné dénommé jusqu'à présent vagotonine est, en réalité, constitué par le mélange de deux substances, une hormone spécifiquement *vagotonisante* et une hormone *centropnéique*. Dans le pancréas de Cheval, la fraction vagotonisante est nettement prédominante, mais ce rapport de proportion entre les deux hormones est susceptible de varier suivant l'espèce animale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Décarboxylation enzymatique,* in vitro *et* in vivo, *de l'acide l-cystéinesulfinique dans le foie des animaux supérieurs.* Note de M^lles **Fernande Chatagner** et **Bernadette Bergeret**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

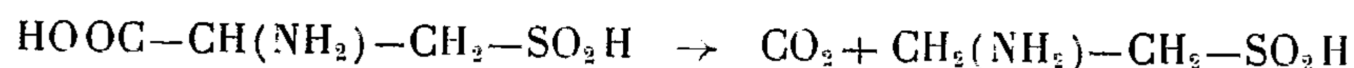
On sait ([1]) que l'acide *l*-cystéinesulfinique subit une désulfination enzymatique, lorsqu'il est mis en présence, en anaérobiose, d'extraits aqueux de

([1]) Cl. Fromageot, F. Chatagner et B. Bergeret, *Biochim. Biophys. Acta,* **2**, 1948, p. 294.

poudre de foie de lapin; cette production de sulfite étant accompagnée de formation d'alanine. Mais la quantité d'acide *l*-cystéinesulfinique disparue est nettement supérieure à celle qui participe à la désulfination. D'autre part, la chromatographie sur papier (²) a permis de vérifier la formation d'alanine et en même temps de mettre en évidence une autre substance, qui se révèle à la ninhydrine, et possède un Rf de 0,63 dans le solvant phénol-ammoniaque. Ce Rf est voisin de celui de la β-alanine. De plus, un chromatogramme révélé à l'iodoplatinate (³) montre que cette substance contient du soufre. Nous avons donc repris des expériences dans lesquelles nous avons dosé $SO_2$ apparu, l'alanine apparue, l'acide cystéinesulfinique restant, ceci après chromatographie sur alumine acide (¹), et l'azote aminé du groupe des acides aminés neutres. Les techniques employées pour le dosage de $SO_2$, de l'alanine et de l'acide cystéinesulfinique restant, sont les mêmes que précédemment (¹); l'azote aminé du groupe des acides aminés neutres est dosé par la méthode de Van Slyke-Neill (⁴). Voici les résultats d'une expérience :

| μ Mol. $SO_3$ formées. | μ Mol. alanine apparues. | μ Mol. aminées apparues. | μ Mol. ACS consommées. |
|---|---|---|---|
| 49,5 | 56 | 104 | 102 |

Ces dosages ont permis de montrer que l'augmentation de l'azote aminé du groupe des acides aminés neutres est supérieure à celle due à l'alanine, et correspond à la quantité d'acide cystéinesulfinique non retrouvée. Donc cette substance est neutre, puisqu'on la retrouve dans le groupe des acides aminés neutres, et possède un groupement aminé. Par suite, cette substance, provenant de l'acide cystéinesulfinique, contenant du soufre, possédant un groupement aminé, et se comportant comme un acide aminé neutre, semble se former par perte du groupement carboxyle de l'acide cystéinesulfinique selon l'équation



$$HOOC-CH(NH_2)-CH_2-SO_2H \rightarrow CO_2 + CH_2(NH_2)-CH_2-SO_2H$$

Cette décarboxylation a été confirmée par une méthode manométrique à l'appareil de Warburg et il a aussi été démontré qu'elle était enzymatique. Le sort de l'acide cystéinesulfinique a été étudié, *in vivo*, au moyen d'injections intraveineuses, à des rats, selon la technique indiquée par Awapara (⁵); la quantité d'acide cystéinesulfinique injectée étant calculée d'après le poids des rats selon la méthode de Friedberg et Greenberg (⁶). Les solutions aqueuses

(²) R. Consden, A. H. Gordon et A. J. P. Martin, *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 224.

(³) H. M. Winegard, G. Toennies et R. J. Block, *Science*, 108, 1948, p. 506.

(⁴) *J. biol. Chem.*, 61, 1924, p. 523, et D. D. Van Slyke, *J. biol. Chem.*, 83, 1929, p. 425.

(⁵) *Nature* 165, 1950, p. 76.

(⁶) *J. biol. Chem.*, 168, 1947, p. 411.

obtenues à partir du foie des rats témoins et des rats ayant reçu de l'acide cystéinesulfinique, ainsi que les filtrats résultant de la chromatographie sur alumine acide de ces solutions, sont chromatographiés sur papier dans le solvant phénol-ammoniaque. La tache au Rf de 0,63 obtenue dans les expériences *in vitro* se retrouve dans les solutions aqueuses et dans les filtrats de foies de rats ayant reçu de l'acide cystéinesulfinique, lorsque le chromatogramme est révélé à la ninhydrine. La substance située à ce Rf est, là encore, soufrée comme le montre la révélation à l'iodoplatinate. Par suite, il semble que le sort de l'acide cystéinesulfinique se résume, *in vitro* et *in vivo*, à une désulfination et à une décarboxylation engendrant les produits suivants : $SO_2$, $CO_2$, alanine et la substance possédant, selon toutes probabilités, la formule $CH_2(NH_2)—CH_2—SO_2H$, et que nous proposons d'appeler hypotaurine. Cette substance existe d'ailleurs dans le foie des animaux normaux, mais à des concentrations beaucoup plus faibles que dans le foie des animaux ayant reçu de l'acide cystéinesulfinique; elle est probablement identique à la substance dont Campbell signale l'existence, sans l'avoir identifiée ([7]). Des expériences sont en cours pour isoler cette substance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de l'acide asiatique vis-à-vis de la tuberculose expérimentale de la Souris.* Note de M. **Pierre Boiteau**, M^me^ **Marie Nigeon-Dureuil** et M. **Albert Rakoto Ratsimamanga**, présentée par M. Roger Heim.

Dans des travaux antérieurs ([1]) ([2]) il a été montré que l'asiaticoside extrait de *Centella asiatica* (L.) Urb. était constitué par un acide triterpénique, l'acide asiatique, $C_{30}H_{48}O_5$ estérifié par plusieurs molécules d'oses, le plus souvent trois : deux glucoses et un *l*-rhamnose ([3]), parfois quatre et plus dans la plante fraîche.

Ce corps s'est montré actif dans certaines formes torpides de la tuberculose, en particulier le lupus. Son dérivé glycuronique que nous avons préparé sous le nom d'oxyasiaticoside s'est révélé aussi actif et moins toxique.

Nous nous sommes proposé de rechercher d'une part à quelle fraction de la molécule pouvaient être attribuées les propriétés actives de l'asiaticoside en vue de les séparer éventuellement de son action toxique et de préparer des dérivés

---

([7]) P. N. Campbell, *Biochem. J.*, 48, 1951, p. 19.

([1]) P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 46.

([2]) P. Boiteau, M. Dureuil et A. Rakoto Ratsimamanga, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1165.

([3]) M. Frèrejacque, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1510.

plus utilisables et, d'autre part, de préciser son mode d'action vis-à-vis du B. K. et de son hôte.

Dans la présente Note, nous avons étudié l'effet de l'acide asiatique sur la tuberculose expérimentale de la Souris.

90 Souris sensibles à la tuberculose expérimentale, pesant $20^g$, sont infectées par voie intraveineuse avec $0^{mg},5$ de B. K. souche H37RV ([4]) dans $0^{cm^3},2$ d'eau physiologique. La première moitié sert de témoin tandis que l'autre reçoit $1^{mg}$ d'asiaticate de soude par voie sous-cutanée trois fois par semaine, pendant un mois.

Voici le pourcentage de mortalité en fonction du temps

| Semaine | 1re | 2e | 3e | 7e | 8e |
|---|---|---|---|---|---|
| Témoins | 0 | 9 | 22 | 44 | 55 |
| Traités | 20 | 20 | 33 | 44 | 55 |

A l'autopsie, il n'y a pas de différence entre les deux groupes; on observe des lésions généralisées.

L'ensemble de ces résultats montre que l'acide asiatique ne possède pas de propriétés préventives ou curatives vis-à-vis de la tuberculose expérimentale de la Souris : il semble même accélérer l'évolution de la maladie.

L'acide asiatique contrairement à ses esters sucrés ne présente pas de pouvoir tensio-actif appréciable. L'asiaticoside et l'oxyasiaticoside qui se révèlent actifs ont par contre un pouvoir tensio-actif important.

D'autre part les oses estérifiant l'acide asiatique lui ajoutent un nombre considérable de groupements polaires. I. Grundland ([5]) a suggéré avec l'un d'entre nous, en étudiant les esters de diméthylaminoéthanol, qu'une action tuberculostatique résulterait du fait de l'introduction d'un écran polaire entre la substance du B. K. et le milieu environnant de l'organisme, ceci par suite d'adhésion aux chaînes polyméthyléniques des graisses du B. K. du reste carboné existant dans la molécule thérapeutique qui oriente les groupements polaires vers la phase aqueuse, hérissant ainsi le bacille d'un enduit polaire.

La différence d'activité tuberculostatique en faveur de l'asiaticoside par rapport à l'acide asiatique pourrait s'expliquer par un apport plus considérable des groupements polaires dans ce dernier cas. L'action de l'asiaticoside pourrait favoriser celle des esters de diméthylaminoéthanol; c'est ce que nous nous proposons de rechercher dans des travaux ultérieurs.

---

([4]) M. le Professeur Hauduroy et le Dr W. Rosset de Lausanne ont bien voulu nous fournir cette souche.

([5]) I. Grundland et A. Rakoto Ratsimamanga, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1701.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Méthylation de l'acide guanidoacétique et répartition de la créatine chez les Invertébrés marins.* Note de M. NGUYEN VAN THOAI et Mme YVONNE ROBIN, présentée par M. Maurice Javillier.

Les phosphagènes sont constitués par le créatinephosphate chez les Vertébrés et l'argininephosphate chez les Invertébrés. Quelques-uns de ces derniers renferment exceptionnellement le créatinephosphate seul (Ophiures, Cephalochordes), ou associé à l'argininephosphate (Echinoïdés, Enteropneustes); ils possèdent alors comme les Vertébrés les enzymes nécessaires à la transphosphorylation de la créatine à partir de l'acide adénosine triphosphorique (1), (2). Nous nous sommes demandé si l'absence ou la présence de créatine chez les divers types d'Invertébrés est liée uniquement à l'existence d'enzymes (transméthylants ou à celle de son précurseur, la glycocyamine (acide guanidoacétique). Il convenait pour le préciser de rechercher lequel de ces éléments du système créatinogène fait défaut à certaines espèces. Nous avons d'abord étudié la méthylation de la glycocyamine au moyen de la méthionine ou de la choline par des extraits tissulaires d'animaux pourvus de créatine : Ophiures (*Ophiothrix fragilis*) et Oursins (*Paracentrotus lividus*, Lmk.) ou ne renfermant pas ce corps : un Pecten (*Pecten maximus*) et la Langouste (*Palinurus vulgaris* L.).

Les préparations enzymatiques sont obtenues par broyage soit d'organismes entiers (Ophiures), soit de tissus (muscles buccaux et tractus intestinaux des oursins, muscle adducteur du Pecten, muscle somatique de la Langouste) et extraction à l'eau glacée. Après centrifugation et dialyse (3 à 5 heures), les extraits, abandonnés une nuit à $+4^{\circ}$, sont centrifugés et mis en expérience. Un mélange réactionnel renfermant : glycocyamine, 0,001 M + acide adénosine triphosphorique 0,002 M + mélange de phosphates 0,025 M (pH 7,2) + chlorure de sodium 0,03 M + chlorure de potassium 0,0025 M + sulfate de magnésium 0,0015 M + méthionine 0,05 M (ou chlorhydrate de choline 0,05 M) ($3^{cm^3}$) est additionné de $1^{cm^3}$ d'extrait enzymatique et placé une heure à 38° avec barbotage d'oxygène ou de carbogène. Les essais témoins opérés sur un milieu identique, mais dans lequel l'agent méthylant (méthionine ou choline) n'est ajouté qu'au moment de la déprotéinisation, sont opérés simultanément. Après addition de $0^{cm^3},5$ d'acide trichloracétique à 30 %, filtration et addition de 4 volumes d'acide picrique à 1 %, on porte à 120° pendant une demi-heure et l'on dose colorimétriquement la créatine (réaction de Jaffé). Les résultats

(1) J. NEEDHAM, D. N. NEEDHAM, E. BALDWIN et J. YUDKIN, *Proc. Roy. Soc.*, London, **110**, B., 1932, p. 260.

(2) E. BALDVIN et D. M. NEEDHAM, *Proc. Roy. Soc.*, London, **122**, B., 1937, p. 197.

obtenus, *exprimés en milligrammes de créatine par gramme d'extraits secs et par heure*, sont les suivants (valeurs moyennes) :

| | En présence de : | |
|---|---|---|
| | méthionine. | choline. |
| Oursins : muscles buccaux...... | 2,29 | 2,70 |
| » : tractus intestinaux..... | 4,30 | – |
| Ophiures...................... | 3,30 | 2,80 |
| Pecten........................ | 1,30 | 1,10 |
| Langouste..................... | 0 | 0 |

La méthylation de l'acide guanidoacétique est donc opérée par les extraits d'Ophiures et d'Oursins et non par ceux de Langoustes. Les préparations de Pecten possèdent un pouvoir méthylant non négligeable, supérieur à celui des extraits de foie et de muscles de Cobaye ([3]). L'absence de transméthylation enzymatique chez certains Invertébrés (Langouste) paraît donc expliquer le défaut de créatine dans leurs tissus. Toutefois, il n'en est pas de même chez d'autres (Pecten) renfermant des enzymes méthylants très actifs; elle doit alors être liée à l'absence d'un des précurseurs de la créatine.

Après avoir vérifié que les extraits tissulaires de Pecten renferment une quantité appréciable de méthionine, agent direct de méthylation, nous avons essayé d'y mettre en évidence la présence de glycocyamine. Le dosage de ce corps dans les extraits n'a pu être réalisé, même après passage sur permutite, à cause de la teneur élevée en dérivés guanidiques monosubstitués autres que l'arginine. Cependant, l'analyse chromatographique sur papier nous a montré que les extraits d'Oursins contiennent tous de la glycocyamine, laquelle n'existe pas dans ceux de Langouste et de Pecten.

L'absence d'un corps dans les tissus n'est pas toujours liée à celle du système enzymatique apte à le synthétiser; les précurseurs indispensables à cette synthèse peuvent aussi faire défaut.

Nos résultats montrent que l'absence d'enzymes méthylants chez certains Invertébrés (Langouste), celle d'un précurseur de la créatine, l'acide guanidoacétique, chez d'autres (Pecten), peuvent être invoquées pour expliquer que leurs tissus ne renferment ni créatine ni phosphocréatine.

---

([3]) 0,5-0,6 mg/g/h selon Th. L. Sourkes (*Arch. Biochem.*, 21, 1949, p. 265) et nos observations personnelles.

MICROBIOLOGIE. — *Pouvoir antibiotique d'un Champignon provenant d'une terre de truffière.* Note (*) de MM. **René Dujarric de la Rivière** et **Pierre Robert Brygoo**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons isolé d'une terre de truffière ([1]) un Champignon dont l'étude systématique a été faite par M. J. C. Gentles, du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle, qui l'a rapporté au genre *Mortierella* et a établi qu'il s'agissait d'une forme extrêmement proche de *Mortierella alpina* Peyronel et *Mort. renispora* Stewart, en quelque sorte intermédiaire entre ces espèces d'ailleurs affines et peut-être même superposables.

Ce Champignon pousse bien sur milieu gélosé réparti en plaques ainsi qu'en bouillon en aérobiose stricte. Il se développe à la température du laboratoire et même à la glacière (+ 4°).

Les essais pratiqués en utilisant les techniques classiques nous ont montré que cette forme possède un pouvoir inhibiteur élevé vis-à-vis du staphylocoque. Cet effet n'est pas conditionné par une modification du pH du milieu. Il s'agit d'une substance inhibitrice diffusible; l'inhibition se produit, en effet, lorsque la culture est effectuée en bouillon réparti en couche mince dans des boîtes à grande surface (boîtes de Roux).

L'âge de la culture joue un rôle important. Lorsque celle-ci est faite en bouillon réparti en couche mince, la substance inhibitrice n'est décelable qu'après quatre à cinq jours de développement; elle augmente progressivement jusqu'au neuvième jour.

Il convient de noter qu'il n'y a pas de parallélisme entre l'abondance de la culture obtenue dans certains milieux et la valeur du pouvoir antibiotique. C'est ainsi que l'on obtient en milieu de Raistrick ou en milieu M. M. (contenant du maltose, des protéines et peptones végétales, des phosphoaminolipides et des phosphates), des cultures très abondantes qui n'ont pas ou très peu de pouvoir inhibiteur, tandis que les cultures maigres en bouillon ont un pouvoir très élevé. Lorsque le Champignon qui a poussé sur des milieux où son pouvoir inhibiteur est nul est repiqué en bouillon, il récupère tout son pouvoir. Il est même possible, en mélangeant, en proportions convenables, le bouillon soit avec le milieu de Raistrick, soit avec le milieu M. M., d'obtenir à la fois une culture suffisante et un pouvoir antibiotique élevé. Tout se passe comme si la production d'une substance inhibitrice vis-à-vis des germes microbiens était plus élevée lorsque le Champignon est placé dans des conditions de nutrition qui ne sont pas les plus favorables à sa croissance, mais qui lui fournissent certains apports indispensables.

---

(*) Séance du 22 janvier 1951.

([1]) Provenant de Sorges (Dordogne).

L'action inhibitrice de ce *Mortierella* ne s'exerce pas seulement vis-à-vis du staphylocoque. Les germes que nous avons étudiés de ce point de vue ont montré une sensibilité qui est la suivante dans l'ordre décroissant : streptocoque, gonocoque, staphylocoque, pneumocoque. L'action est presque nulle sur le *Proteus* et tout à fait nulle sur le bacille du côlon. Le mode d'action de cette substance inhibitrice est du type bactériostatique.

Les cultures en bouillon du *Mortierella* ainsi isolé, aussi bien que les émulsions de culture de ce germe sur milieu solide, inoculées par voie sous-cutanée ou intra-péritonéale, se sont montrées sans aucune toxicité pour le Cobaye et la Souris.

L'existence d'une substance antibiotique dans les cultures de ce *Mortierella* ne semble pas avoir été signalée jusqu'ici. Wilkins et Harris mentionnent que les recherches faites en 1943 ([2]) sur *M. reticulata* ont donné un résultat négatif. Nous avons nous-mêmes examiné, du point de vue de l'action antibiotique, *M. pusilla* var. *isabellina* et *M. bainieri* provenant de la Mycothèque du Muséum National d'Histoire Naturelle, et constaté leur absence de pouvoir antibiotique.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

L. B.

---

([2]) W. H. Wilkins et G. C. M. Harris, *Brit. J. exp. path.*, 24, 1943, p. 141.

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 3 janvier 1951.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Jacqueline Rousseau*, Action de l'acide α naphtalène acétique sur les corbeilles à propagules de *Marchantia polymorpha* L. et de *Lunularia cruciata* Adans :

Page 108, à la fin de la Note, *ajouter :* Nous nous proposons de rechercher si l'étude cytologique des cellules des corbeilles à propagules peut indiquer les raisons de leur sensibilité spécifique à l'hétéroauxine.

(*Comptes rendus* du 8 janvier 1951.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Janine Chauvelier* et M. *Marcel Gaudemar*, Sur les propargylamines :

Page 167, tableau, *au lieu de* $1{,}48.10^{-61}$, *lire* $1{,}48.10^{-6}$ et *au lieu de* $1{,}00.10^{-1}$, *lire* $1{,}00.10^{-11}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 FÉVRIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le calcul numérique des séries divergentes.* Note de M. ÉMILE BOREL.

A côté de la théorie analytique des séries divergentes, on peut poser le problème pratique de leur calcul numérique, à une approximation suffisante pour les besoins de la technique; il faut, pour cela, faire une hypothèse sur la régularité de la croissance.

Le problème analytique des séries divergentes a reçu, depuis de nombreuses années, une solution satisfaisante, se rattachant à la théorie du prolongement analytique, complétée par celle des fonctions monogènes non analytiques ([1]). Il s'agit de donner une expression analytique convergente dans un domaine aussi étendu que possible et rigoureusement égale à la vraie valeur de la série divergente.

Mais on peut se placer à un point de vue différent, car les techniciens s'intéressent davantage à un résultat numérique facile à obtenir et suffisamment approché qu'à une expression théorique exacte, mais dont le calcul numérique est difficile.

A ce point de vue, un problème peut être posé, tant pour les séries divergentes, que pour certaines séries convergentes dont les premiers termes paraissent diverger, telles que la fonction $e^{-\alpha}$, ou les fonctions $\cos\alpha$ ou $\sin\alpha$, lorsque $\alpha$ est un entier assez grand, 10 ou 20 par exemple. On peut alors se demander s'il existe une méthode précise qui permette de calculer la valeur de la série, avec une approximation connue et suffisante pour les besoins de la pratique, moyennant la connaissance numérique d'un petit nombre des premiers termes, ces termes étant notablement supérieurs à l'approximation souhaitée.

Dans un Ouvrage récent ([2]), qui fait suite à un autre plus ancien,

([1]) *Voir*, par exemple, mes *Leçons sur les séries divergentes.*

([2]) *Nouvelles recherches sur la sommation pratique des séries divergentes* (*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*).

M. Pierre Vernotte a eu le grand mérite de poser ce problème et d'en donner dans certains cas une solution qui paraît assez satisfaisante. Mais, comme le dit notre confrère M. Joseph Pérès dans sa préface à l'Ouvrage de M. Vernotte, les procédés fort divers employés sont en grande partie empiriques.

Il me paraîtrait fort désirable que des mathématiciens, connaissant bien les méthodes de l'analyse et de la théorie des fonctions, reprennent l'étude de cette question.

Il serait évidemment indispensable de faire des hypothèses sur le mode de croissance des coefficients des séries étudiées; la plus naturelle serait de supposer cette croissance régulière du type exponentiel; les techniciens n'avaient guère besoin de formuler cette hypothèse, car elle est pratiquement presque toujours vérifiée par les séries qu'ils utilisent ([3]). Il faudrait ensuite indiquer, soit une méthode, soit plusieurs méthodes; mais, dans ce dernier cas, il faudrait savoir laquelle de ces méthodes doit être choisie pour une série donnée, d'après certaines propriétés précises et aisées à discerner de la série. Il faudrait ensuite indiquer le moyen de connaître, d'après les caractères intrinsèques de la série, quelle est l'approximation qui peut être obtenue par des calculs portant sur un nombre déterminé de termes. Pratiquement, les techniciens se contentent le plus souvent de trois ou quatre chiffres significatifs exacts lorsqu'il ne s'agit pas d'un nombre très petit. Dans ce dernier cas, on peut parfois se contenter de deux et parfois même d'un seul chiffre significatif exact, si celui-ci est séparé de la virgule par quatre zéros ou plus. L'essentiel serait de donner un fondement théorique à la méthode empirique; il serait sans doute alors relativement aisé de résoudre les questions qui peuvent se poser sur le nombre des termes à utiliser pour obtenir l'approximation souhaitée, questions un peu différentes suivant qu'on considère l'erreur absolue ou l'erreur relative. Il serait d'ailleurs peut-être possible que, dans certains cas, la connaissance de l'approximation puisse se déduire des résultats obtenus après certains calculs préliminaires. Il pourrait se faire aussi que les seules solutions rigoureuses se ramènent aux théories connues des séries divergentes.

PROTISTOLOGIE. — *La famille des* Rhizonymphidæ *: un nouveau type de Flagellés symbiotiques termiticoles.* Note de MM. **Pierre-P. Grassé** et **André Hollande**.

Dans la panse rectale des *Anacanthotermes ochraceus* (Termite Hodotermitidæ) du Sud Algérien (Mraier, Bou-Saada), nous avons trouvé en abondance

([3]) Tel est le cas, en effet, pour les séries intégrales de nombreuses équations différentielles.

un Flagellé d'un type nouveau qui vit fixé à l'épithélium intestinal ou libre dans la cavité du viscère et que nous appelons *Rhizonympha jahieri* n. g., n. sp.

Les stades fixés atteignent une grande taille (jusqu'à 400$^{\mu}$) et présentent une forme variable (utriculaire, cylindroïde); ils adhèrent à leur support par une zone particulière ou sole pédieuse, plus ou moins pseudopodiale.

Tout individu fixé contient dans son endoplasme de 300 à 400 complexes nucléo-flagellaires ou *caryomastigontes* [1] dont chacun se compose d'un noyau enchâssé dans un calice axostylaire en forme de cornet, qui se prolonge vers l'arrière par une très longue tigelle. En avant du noyau se tient un corpuscule en anneau ouvert, situé au-dessous d'un grain très chromatique que nous considérons comme le véritable centrosome et d'où partent : 1° en divergeant vers l'arrière, deux délicats filaments qui aboutissent, séparément, à deux appareils parabasaux typiques appliqués contre le pôle antérieur du noyau; 2° une fibrille qui le relie à un autre granule situé sur le bord de l'aire flagellaire.

L'appareil flagellaire se compose d'un faisceau cylindrique de flagelles (plusieurs dizaines); chacun d'eux s'insère sur un blépharoplaste, lequel envoie vers la profondeur une racine qui s'épaissit en un bâtonnet. L'ensemble des racines flagellaires et de leurs bâtonnets forme un tronc de cône.

Les flagelles ne servent pas à la locomotion car ils sont intracytoplasmiques (à l'exception de quelques très rares caryomastigontes); ils conservent leur motilité et leurs battements brassent l'endoplasme.

Le cytoplasme comprend deux zones bien distinctes : l'ectoplasme périphérique, épais surtout au niveau de la région fixatrice, et l'endoplasme interne. L'ectoplasme est de consistance ferme et de structure homogène; la « sole pédieuse » d'où partent les pseudopodes fixateurs est une région ectoplasmique différenciée, où se trouve un curieux système de tubules qui viennent s'appliquer contre l'intima intestinale, y adhèrent fortement sans pénétrer dans l'épithélium. L'endoplasme, plus fluide, contient de nombreuses enclaves, les unes alimentaires (fragments de bois), les autres appartenant en propre au Flagellé. Les plus intéressantes sont des dictyosomes, avec les deux substances chromophile et chromophobe caractéristiques ; ils sont au nombre de plusieurs centaines et répandus à peu près partout dans l'endoplasme.

La coexistence d'appareils parabasaux et de dictyosomes semble devoir remettre en question l'homologation de l'appareil parabasal à un appareil de Golgi. En vérité, le cas de notre Flagellé rappelle de très près celui des *Lopho-*

---

[1] Terme créé par Janicki (1915), pour les Calonymphidæ (*Zeitsch. f. wiss. Zool.*, **112**, 1915).

*monas* (Hirschler, 1927) [2], où les dictyosomes sont, les uns, libres dans le cytoplasme, les autres en rapport avec le ou les centrosomes. Nous ne pensons pas qu'une distinction essentielle puisse être établie entre les parabasaux et les dictyosomes de *Rhizonympha jahieri*. Dans un mémoire détaillé, nous nous expliquons plus longuement sur ce sujet.

Les caryomastigontes sont distribués sans ordre dans l'endoplasme. Le Flagellé n'en présente pas moins une nette polarité marquée notamment par sa sole pédieuse. Ainsi une polarité générale, tant physiologique que morphologique, se superpose à la polarité propre à chaque caryomastigonte. Grâce à elle, tout individu, quel que soit le nombre de ses caryomastigontes, réalise une unité structurale et fonctionnelle.

Les *Rhizonympha* libres dans la cavité de la panse rectale sont moins nombreuses, moins grandes, que les fixées. Elles ne comptent guère plus de 20 à 30 caryomastigontes. Elles se déplacent par mouvements amoeboïdes à la manière d'une *Pelomyxa*.

Tous les caryomastigontes d'une même *Rhizonympha* se reproduisent synchroniquement; la mitose rappelle celle des grands Flagellés symbiotiques du genre *Jœnia* avec un puissant fuseau extranucléaire qui se forme entre les deux grains provenant de la division du centrosome. En particulier, les aires flagellaires, à chaque division, se rénovent, à partir du centrosome.

Par ses particularités structurales et son état polyénergide, *Rhizonympha jahieri* vaut de constituer une famille autonome de Zooflagellés, celles des *Rhizonymphidæ*. A des caractères entièrement originaux (parabasal, dictyosomes, stades amœboïdes, état polyénergide, etc.), elle allie bien plusieurs traits qui se retrouvent dans la famille des Joenidæ (axostyle, appareil flagellaire, centrosome et corps en anneau ouvert), mais n'en mérite pas moins d'être séparée de cette unité systématique.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Marcel Delépine** :

Roger Douris. *Toxicologie moderne*. Deuxième édition.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Gottlieb Fluckiger** et **Georges Joret** sont élus Correspondants pour la Section d'Économie rurale en remplacement de MM. *Denis Brocq-Rousseau* et *Costantino Gorini*, décédés.

---

[2] *Zeitsch. f. Zellforsch. und mikrosk. Anat.*, 5, 1927, p. 704.

## COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1951, ouvert en la séance du 29 janvier, est clos en celle du 5 février.

46 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. MATHÉMATIQUES : *Prix Carrière, Leonard Eugene Dickson.* — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

II. MÉCANIQUE : *Prix Montyon, Poncelet.* — MM. Ém. Borel, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

III. ASTRONOMIE : *Prix Ancel.* — MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

IV. GÉOGRAPHIE : *Prix Tchihatchef.* — MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

V. NAVIGATION : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy.

VI. PHYSIQUE : *Prix Henri de Parville, Pierson-Perrin, Paul Marguerite de La Charlonie.* — MM. A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet.

VII. CHIMIE : *Prix Montyon des Arts insalubres, Jecker, Médaille Berthelot, prix Houzeau, Schützenberger.* — MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

VIII. MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE : *Prix André-C. Bonnet, James Hall, Fondation Lucien Cayeux.* — MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

IX. PHYSIQUE DU GLOBE : *Fondation Fernand Holweck.* — MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, Em. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

X. BOTANIQUE : *Prix Montagne, Foulon.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

XI. Économie rurale : *Prix Foulon.* — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ém. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, A. Mayer.

XII. Anatomie et Zoologie : *Prix Pouchard.* — MM. M. Caullery, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé.

XIII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Bréant, Chaussier, Jean Toy.* — MM. Em. Leclainche, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche, N...

XIV. Cancer et Tuberculose : *Prix Bariot-Faynot, fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq.* — MM. M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

XV. Physiologie : *Prix Montyon, Philipeaux.* — MM. M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, P.-P. Grassé.

XVI. Applications de la Science a l'Industrie : *Prix Caméré.* — MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, E.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

XVII. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

XVIII. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

XIX. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. M. Javillier, A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

XX. *Médailles Lavoisier, Henri Poincaré.* — MM. M. Javillier, A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier.

XXI. *Prix d'Aumale, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.* — MM. M. Javillier, A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, G. Bertrand.

XXII. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. M. Caullery, L. Blaringhem, M. Delépine, Ch. Pérez, A. Chevalier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

XXIII. *Prix Serres.* — MM. E. Leclainche, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, P.-P. Grassé.

XXIV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier.

XXV. *Prix Parkin* — MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, L. Lapicque, M. Javillier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier.

XXVI. *Prix Charles Dupin.* — MM. É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXVII. *Prix Général Muteau* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier, A. Portevin, R. Courrier.

XXVIII. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. M. Javillier; L. de Broglie, R. Courrier; J. Cabannes, G. Ribaud; G. Bertrand, P. Lebeau; P. Portier, L. Binet.

XXIX. *Prix Dechelle* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon. A. Denjoy, A. Pérard, J. Cabannes.

XXX. *Conseil Loutreuil.* — MM. M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. É. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

XXXI. *Fondation Villemot.* — MM. M. Javillier, A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier; P. Montel; B. Lyot; G. Durand-Viel; G. Ribaud; P. Pascal; P. Fallot; R. Heim; M. Caullery; Ch. Laubry; A. Pérard; P. Lejay; A. Portevin.

## CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*L'Institut national de la Statistique et des études économiques pour la Métropole et la France d'Outre-mer.*

### ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Tricomi.* Note (*) de MM. **PAUL GERMAIN** et **ROGER BADER**, présentée par M. Joseph Pérès.

Application de résultats parus dans des Notes précédentes (1) au problème initialement posé par Tricomi (2). Un théorème de maximum permet de ramener le cas général à un cas particulier qui peut être résolu directement. La méthode adaptée au caractère mixte de l'équation, permet de démontrer plus simplement et de compléter le résultat de Tricomi.

Nous allons démontrer l'existence d'une solution $\psi$ de l'équation

$$\sigma\psi_{\theta\theta}+\psi_{\sigma\sigma}=0, \tag{1}$$

(*) Séance du 29 janvier 1951.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1116 et 1203. Les notations utilisées ici sont les mêmes que celles utilisées dans ces Notes.

(2) F. TRICOMI, *Mem. Reale Acad. Naz. Lincei Classe sci. Fis. Mat.*, 5e série, vol. 14, 1923, p. 133-247.

dans un domaine compact $D(\Gamma, A, B)$ limité par un arc de courbe simple $\Gamma$ du demi-plan $\sigma \geq o$ dont les extrémités A et B sont sur l'axe $\sigma = o$, et par les deux arcs de caractéristiques AC et BC du demi-plan $\sigma < o$ issus de A et B ; $\psi$ est supposé connu sur $\Gamma(\psi = g)$ et sur l'un des arcs de caractéristique $(\psi = f)$; $f$ et $g$ sont par exemple continues et höldériennes. C'est le problème de Tricomi (T).

1. Nous appelons solution forte de (1) dans D toute fonction continue dans $\bar{D}$, deux fois continûment différentiable dans D, satisfaisant à (1); nous appelons solution faible toute fonction continue dans $\bar{D}$, limite uniforme dans $\bar{D}$ de solutions fortes dans D ; par extension, si $\psi$ est solution faible dans $D(\Gamma, A, B)$ et si $\psi$ est prolongeable analytiquement dans $D_1(\Gamma_1, A, B) \supset D(\Gamma, A, B)$, nous dirons encore que $\psi$ est solution faible dans $D_1(\Gamma_1, A, B)$. Toute solution dans D est solution forte dans une région fermée intérieure à D et située dans $\sigma \geq o$.

Théorème. — *Si* $\psi$ *est une solution de* (1) *dans* $D(\Gamma, A, B)$ *prenant les valeurs* $g$, $(m \leq g \leq M)$ *sur* $\Gamma$ *et la valeur* O *sur une des caractéristiques limites de* D, *les inégalités*

$$\min(m, o) \leq \psi \leq \max(M, o)$$

*sont valables dans* D.

On établit le théorème pour les solutions fortes puis on l'étend aux solutions généralisées définies plus haut.

Le théorème d'unicité du problème de Tricomi est un corollaire de ce résultat.

2. Ceci permet l'application du procédé alterné de Schwarz qu'on peut utiliser pour démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Si l'on sait résoudre le problème* (T) *relatif à un domaine* $D(\Gamma, A, B)$, $\Gamma$ *n'ayant qu'un nombre fini de points communs avec* $\sigma = o$ *et ayant une tangente verticale en chacun de ces points, on sait résoudre le problème* (T) *relatif à un domaine* $D_1(\Gamma_1, A, B) \supset D(\Gamma, A, B)$.

En considérant un domaine $D_2(\Gamma_2, A, B) \subset D(\Gamma, A, B)$ tel que $\Gamma_2$ ait une tangente non verticale en chacun de ses points situés sur $\sigma = o$, on peut construire deux suites de solutions $(u_n)$ et $(v_n)$, dans D et $D_1 - D_2$ respectivement, dont la convergence peut être établie comme dans les cas classiques.

On voit que si l'on sait résoudre le problème (T) dans le cas où $\Gamma$ est une courbe normale (1), on sait résoudre le problème (T) dans le cas où $\Gamma$ est la réunion d'un nombre fini de courbes normales. Le théorème précédent a pour corollaire : il suffit de savoir résoudre tout problème (T) quand $\Gamma$ est une courbe normale, pour savoir résoudre le problème (T) dans le cas général, quelconque [3].

---

[3] Les restrictions relatives au comportement de $\sigma$ dans le voisinage de ses points communs avec $\sigma = o$ sont immédiatement levées à l'aide du théorème de maximum.

3. Pour résoudre le problème (T) dans le cas d'un contour $\Gamma$ normal $\rho = R$, on considère une solution combinaison de solutions fondamentales correspondant à deux points M et P ($P_1$ étant le symétrique de P par rapport à $\Gamma$), et choisie de façon à s'annuler sur $\Gamma$ :

$$G(\lambda; M, P) = H_1(M, P) + \lambda H_2(M, P) - \begin{cases} R^{\frac{1}{3}} \rho_P^{-\frac{1}{3}} [H_1(M, P_1) + \lambda H_2(M, P_1)], & \text{si} \quad \rho_P^2 > 0, \\ R^{\frac{1}{3}} (-\rho_P^2)^{-\frac{1}{6}} \left[3^{-\frac{1}{2}} H_2(M, P_1) + 3^{\frac{1}{2}} \lambda H_1(M, P_1)\right], & \text{si} \quad \rho_P^2 < 0. \end{cases}$$

Si $\psi$ est une solution de (1) qui prend les valeurs $g$ sur $\Gamma$, $f$ et $f_1$ sur les deux caractéristiques, on applique la formule de Green à $\psi(M)$ et $G(\lambda; M, P)$ dans $D(\Gamma, A, B)$ et l'on obtient pour $\psi(P)$ l'expression ($\sigma$, $\theta$ étant les coordonnées de M) :

$$(2) \qquad \psi(P) = \int_\Gamma g(G_\theta \sigma\, d\sigma - G_0\, d\sigma) + \int_{\widehat{AC}} G\left[2\sqrt{-\sigma} f_0 + f(\sqrt{-\sigma})_0\right] d\theta + \int_{\widehat{CB}} f_1 \left[2\sqrt{-\sigma}\, G_\theta + G(\sqrt{-\sigma})_\theta\right] d\theta.$$

Quand on fait tendre le point P vers un point de la caractéristique qui porte les valeurs $f_1$, on obtient pour $f_1$ une équation intégrale de Fredholm de deuxième espèce si $\lambda$ est fini, de première espèce pour $\lambda$ infini. Le noyau, dans ce dernier cas, est ramené à la forme très simple $(\theta - \theta_P)^{-1}$.

Inversement, si l'on se donne $f$ et $g$, on voit que $f_1$, solution de l'équation intégrale, est indépendante de $\lambda$. On obtient explicitement $f_1$ pour $\lambda$ infini et l'on montre finalement que le second membre de (2) est solution et prend bien les valeurs $f$, $f_1$ et $g$ (le noyau de l'équation intégrale, pour $\lambda$ quelconque, est complet).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème taubérien de Ikéhara.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Le théorème de Ikéhara exprime que, si l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st}\alpha(t)\,dt$, où $\alpha(t)$ est réelle et non décroissante, est convergente pour $\mathcal{R}[s] > a$, avec $a > 0$, et a au voisinage de la droite $\mathcal{R}[s] = a$ un comportement assez voisin de celui de $\frac{A}{s-a} = A\int_0^{+\infty} e^{-(s-a)t}dt$, on a, pour $t$ infini, $\alpha(t) \sim A\,e^{at}$.

On peut songer à le généraliser en comparant l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st}\alpha(t)\,dt$ à une intégrale de la forme $\int_0^{+\infty} e^{-(s-a)}\beta(t)\,dt$, où $\beta(t)$ ne sera plus une constante. Nous avons obtenu l'énoncé suivant :

Théorème général : *Soit* $G(s) = \int_0^{+\infty} e^{-st}\beta(t)\,dt$, *où* $\beta(t)$ *est une fonction réelle définie pour* $t \geqq 0$, *mesurable et bornée sur tout intervalle fini, et où l'intégrale est convergente pour* $\mathcal{R}[s] > 0$.

*Supposons qu'il existe un entier* $p \geqq 0$ *et une fonction réelle* $\gamma(t)$ *continue et non décroissante pour* $t \geqq 0$, *tels que*

1° *L'intégrale* $\int_0^{+\infty} e^{-tu}\gamma(u)\,du$ *soit convergente pour* $t > 0$,

2° *On ait, pour t infini,* $\frac{1}{\beta(t)} \sim t^{p+1}\int_0^{+\infty} e^{-tu}\gamma(u)\,du$.

*Si* $\gamma(0) = 0$, *supposons en outre que l'intégrale* $\int_0 \log\frac{1}{\gamma(t)}\,dt$ *soit convergente. Ceci étant, si :*

1° $\alpha(t)$ *est réelle et non décroissante pour* $t \geqq 0$;

2° *L'intégrale* $\int_0^{+\infty} e^{-st}\alpha(t)\,dt$ *converge pour* $\mathcal{R}[s] > \alpha$, *avec* $\alpha > 0$;

3° *Pour chaque y réel, il existe une fonction positive* $\varphi_y(t)$ *définie pour t positif assez petit, non décroissante, telle que les intégrales* $\int_0 \varphi_y(t)\,dt$ *et* $\int_0 \varphi_y(t)\log[1/\gamma(t)]\,dt$ *soient convergentes, et que, quand s tend vers* 0 *dans le demi-plan* $\mathcal{R}[s] > 0$,

$$F^{(p)}(a + iy + s) = O\left[\frac{\varphi_y(r)}{\gamma(r)}\right],$$

*où*

$$r = |s| \quad \text{et} \quad F(s) = \int_0^{+\infty} e^{-st}\alpha(t)\,dt - AG(s-a), \qquad A > 0;$$

*alors on a, pour t infini,*

$$\alpha(t) \sim A\,e^{at}\beta(t).$$

Le théorème de Ikéhara correspond à $\gamma(u) = 1$, $p = 0$, $\beta(t) = 1$. Le lecteur formera aisément les énoncés correspondant à $\gamma(u) = u^{\omega}/\Gamma(\omega+1)$, avec $\omega \geqq 0$, et $\beta(t) = t^{\omega-p}$ si $\omega - p \geqq 0$ ou $\beta(t) = 0$ pour $t < 1$ et $t^{\omega-p}$ pour $t \geqq 1$ si $\omega - p < 0$.

Nous indiquerons seulement ici deux corollaires très particuliers du théorème général, susceptibles d'applications arithmétiques. Dans chacun, *on suppose* $\alpha(t)$ *réelle et non décroissante pour* $t \geqq 0$ *et l'intégrale* $\int_0^{+\infty} e^{-st}\,d\alpha(t)$ *convergente pour* $\mathcal{R}[s] > a$, *avec* $a > 0$, *et égale à* $f(s)$.

Théorème 1 ([1]). — *Soit* $\omega$ *un nombre réel qui ne soit pas un entier négatif ou nul.*

---

([1]) Ce théorème pourrait aussi être déduit d'un résultat non publié qui nous a été communiqué par A. E. Ingham.

*Supposons que l'on ait pour* $\mathcal{R}[s] > a$

$$f(s) = (s-a)^{-\omega} g(s) + h(s),$$

*où* $g(s)$ *et* $h(s)$ *sont holomorphes pour* $\mathcal{R}[s] \geqq a$, $g(a) \neq 0$, *et* $(s-a)^{-\omega}$ *est pris avec la valeur réelle positive pour s réel* $> a$; *ou même plus généralement*

$$f(s) = (s-a)^{-\omega} g(s) + \sum_{1}^{n} (s-a)^{-\lambda_j} \{ g_j(s) \cos[\mu_j \log(s-a)] + h_j(s) \sin[\mu_j \log(s-a)] \} + h(s),$$

*où* $g(s)$, $h(s)$ *et les* $g_j(s)$ *et* $h_j(s)$ *sont holomorphes pour* $\mathcal{R}[s] \geqq a$, $g(a) \neq 0$, *les* $\lambda_j$ *et les* $\mu_j$ *sont des nombres réels, avec* $\lambda_j < \omega$, *et, pour s réel* $> a$, *les puissances de* $s - a$ *ont la valeur réelle positive et* $\log(s-a)$ *sa valeur réelle.*

*Alors, on a, pour t infini,*

$$\alpha(t) \sim \frac{g(a)}{a\,\Gamma(\omega)} e^{at} t^{\omega-1}.$$

THÉORÈME 2. — *ω étant un nombre réel quelconque et q un entier au moins égal à un, supposons que l'on ait, pour* $\mathcal{R}[s] > a$,

$$f(s) = (s-a)^{-\omega} \sum_{i=0}^{q} g_i(s) \left( \log \frac{1}{s-a} \right)^i + h(s),$$

*où les fonctions* $g_1(s)$, $g_2(s)$, $\ldots$, $g_q(s)$ *et* $h(s)$ *sont holomorphes pour* $\mathcal{R}[s] \geqq a$, $g_q(a) \neq 0$, *et, pour s réel* $> a$, $(s-a)^{-\omega}$ *a sa valeur réelle positive et* $\log[1/(s-a)]$ *sa valeur réelle.*

1° *Si ω n'est pas un entier négatif ou nul, on a, pour t infini,*

$$\alpha(t) \sim \frac{g_q(a)}{a\,\Gamma(\omega)} e^{at} t^{\omega-1} (\log t)^q.$$

2° *Si ω est un entier négatif ou nul,* $-k$, *on a, pour t infini,*

$$\alpha(t) \sim (-1)^k \frac{k!\, q\, g_q(a)}{a} e^{at} t^{-k-1} (\log t)^{q-1}.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les surfaces de recouvrement régulièrement ramifiées.* Note de M. **LÉONCE FOURÈS**, présentée par M. Paul Montel.

Définitions des recouvrements régulièrement ramifiés. Propriétés des surfaces de Riemann représentées par des arbres topologiques régulièrement ramifiés.

DÉFINITIONS. — A. *Point multiplement et régulièrement couvert.* — Soit $M = f(\mathfrak{M})$ une application d'une surface de Riemann $\mathcal{R}$ dans une autre R. Un point P de R est multiplement et régulièrement couvert à l'ordre ν(fini) par $\mathcal{R}$ pour $f$, *s'il existe un voisinage* V(P) sur R tel que $f^{-1}(V(P))$ ne soit pas vide et que toute composante connexe $\mathcal{C}_i$ de $f^{-1}(V(P))$ satisfasse à la condition suivante :

$\mathcal{C}_i$ contient un point $\mathfrak{L}$ appliqué en P par $f$, et une uniformisante locale de $\mathcal{R}$, $\zeta = \mathfrak{G}(\mathfrak{M})$, représente $\mathcal{C}_i$ en $\Gamma$ avec $\mathfrak{G}(\mathfrak{L}) = 0$; V(P) est représenté sur U par une uniformisante locale de R, $z = T(M)$, avec $T(P) = 0$. La correspondance $z = \varphi(\zeta) = T \circ f \circ \mathfrak{G}^{-1}$ est à une représentation conforme biunivoque près, de la forme $z = \zeta^{\nu}$.

B. *Point régulièrement couvert d'ordre infini.* — $\mathcal{R}$, R, M, $f$, $\mathfrak{M}$, ayant les mêmes significations que dans A, il existe sur R un voisinage V(P), simplement connexe, tel que $f^{-1}[V(P)]$ ne soit pas vide et que toute composante connexe de $f^{-1}[V(P)]$ soit un recouvrement simplement connexe, relativement non ramifié de $(V(P) - P)$, donc d'un domaine doublement connexe.

C. *Recouvrement abstrait, régulièrement ramifié.* — Un recouvrement abstrait de la surface de Riemann R, régulièrement ramifié d'ordre $\nu_i$ aux points $a_i$, d'ordre $\infty$ aux points $b_j$, est l'ensemble $(\mathcal{R}, f)$ d'une surface de Riemann $\mathcal{R}$ et d'une application $f$ de $\mathcal{R}$ sur $R^*$ ($R^* = R - \cup b_j$), telle que tout point de R autre qu'un $a_i$ ou un $b_j$ possède un voisinage simplement et régulièrement couvert par $\mathcal{R}$ pour $f$, que tout $a_i$ soit multiplement et régulièrement couvert d'ordre $\nu_i$ par $\mathcal{R}$ pour $f$, les $b_j$ étant régulièrement couverts d'ordre infini.

La surface $\mathcal{R}$ sera appelée surface de recouvrement de R, et $f$, projection de $\mathcal{R}$ sur $R^*$ (ou sur R par abus de langage), $\mathfrak{M}$ étant dit « au-dessus » de M.

L'utilisation de surfaces de Riemann de fonctions algébriques simples conduit au résultat suivant :

Théorème I. — *Étant donné sur une surface de Riemann fermée, un ensemble fini de points $\omega_i$ affectés des indices entiers finis $\nu_i$, il est possible de construire une surface de recouvrement fermée de la surface initiale, régulièrement ramifiée d'ordre $\nu_i$ aux $\omega_i$ et seulement en ces points, sauf si le genre de la surface initiale est nul, avec $i = 1, 2$ et $\nu_1 \neq \nu_2$.*

La démonstration de ce théorème se fait sans difficulté pour une surface initiale R de genre $p \geq 1$.

Dans le cas où le genre de R est nul, on déterminera $\mathcal{R}$ par son arbre topologique dont la construction se fera par l'intermédiaire d'une suite d'arbres $T_i$ représentant des surfaces $S_i$. $\mathcal{R}$ devra être un recouvrement régulièrement ramifié de R. On utilisera pour ces constructions le lemme suivant :

Lemme. — *Soit sur une surface fermée S de genre 0, un nombre fini de points $\alpha_i$ affecté des indices $\nu_i$ : il est possible de construire une surface de recouvrement fermée de S, régulièrement ramifiée d'ordre $\nu_i$ aux $\alpha_i$ et seulement en ces points dès que deux au moins des $\alpha_i$ sont affectés du même indice $\nu_i$.*

Le théorème I peut s'énoncer sous la forme suivante :

Étant donné un système de valeurs complexes $\alpha_i$ et d'indices $\nu_i$ (entiers positifs) il existe un polynome $f(z, w)$ dont la trace pour $w = a_i$ est de la forme $[P_i(z)]^{\nu_i}$ où $P_i(z)$ a toutes ses racines simples, et tel que $f(z, w)$ soit pour toute valeur autre que $w = a_i$ un polynome ayant toutes ses racines simples.

Il y a exception à ce théorème d'existence si $i = 1, 2$ avec $\nu_1 \neq \nu_2$.

L'application du théorème I à la surface de Riemann représentée par la cellule d'un arbre topologique régulièrement ramifié ([1]) conduit au

THÉORÈME II. — *Tout arbre topologique régulièrement ramifié, sans cycles infinis et simplement connexe, représente une surface de recouvrement relativement non ramifiée d'une surface fermée.*

Si N cellules interviennent dans la construction de l'arbre de la surface recouverte, son genre $g$ est donné par

$$2(g-1) = N\left(\frac{1}{2}\rho\sigma - \sigma\right) - \sum \frac{N}{\nu_i},$$

où $\rho$ est l'ordre de ramification de l'arbre, $\sigma$ le nombre de nœuds de la cellule, $\nu_i$ les caractéristiques des cycles, $\Sigma$ étant étendue à tous les cycles, y compris les doubles liaisons ou cycles d'ordre 1.

Le théorème II est susceptible d'une extension.

THÉORÈME III. — *Tout arbre topologique régulièrement ramifié simplement connexe, admettant des cycles infinis, représente une surface de recouvrement relativement non ramifiée d'une surface ouverte obtenue en retirant un nombre fini de points d'une surface fermée.*

*Relation avec les fonctions automorphes.* — D'après le théorème III, les arbres topologiques régulièrement ramifiés représentent des surfaces de Riemann couvertes par les valeurs d'une fonction automorphe. Ce résultat peut s'obtenir directement par l'étude des ramifications des fonctions d'automorphie sur l'arbre topologique ([2]), et l'on peut démontrer la réciproque, donc énoncer le

THÉORÈME IV. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un arbre topologique simplement connexe soit régulièrement ramifié est que la surface de Riemann qu'il représente soit la surface de Riemann des valeurs d'une fonction automorphe.*

Ce théorème peut être complété par le

THÉORÈME V. — *Pour qu'un arbre topologique simplement connexe, régulièrement ramifié, ait tous ses nœuds équivalents à deux d'entre eux (un de chaque espèce) il faut et il suffit qu'il représente la surface de Riemann des valeurs d'une fonction totalautomorphe.*

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 353.

(2) GUNNAR DE HÄLLSTRÖM, *On the study of algebraic functions of automorphism by help of graphs* (*Ie Congrès math. scand.*, Copenhague, 1946).

TOPOLOGIE. — *Sur les variétés qui possèdent une forme extérieure quadratique fermée.* Note (*) de M. **Heinrich Guggenheimer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On démontre que ces variétés possèdent la structure d'homologie des variétés kählériennes. Cette Note fait suite à trois Notes antérieures [1].

1. Soit $V^{2n}$ une variété différentiable close qui est munie d'une forme différentielle extérieure quadratique fermée $\Omega = \Sigma h_{\lambda\mu} dx^\lambda \wedge dx^\mu$, $d\Omega = 0$ [2].

Théorème 1. — *Si le rang de $\Omega$ est égal à $2n$, les relations entre les groupes de cohomologie (à coefficients réels) d'une variété kählérienne établies en* III *sont encore valables sur* $V^{2n}$.

Théorème 2. — *Si le rang $2\rho$ de $\Omega$ est constant sur* V *et $< 2n$, et le tenseur dérivée covariante de $h_{\lambda\mu}$ est nul partout, alors $V^{2n}$ possède la structure d'homologie des variétés kählériennes, établie en* III, *dans les dimensions $\leq \rho$ et $\geq 2n - \rho$, à l'exception de la relation $b^{2k+1} \equiv 0 \pmod 2$ où $b^{2k+1}$ est le $2k+1^{\text{ième}}$ nombre de Betti de* $V^{2n}$ [3].

2. Si le rang de $\Omega$ est égal à $2n$, $V^{2n}$ est appelé *variété symplectique* [4]. Dans ce cas, il existe [5] sur $V^{2n}$ une métrique riemannienne $ds^2$ échangeable avec $\Omega$, c'est-à-dire telle qu'on ait localement $\Omega = \sum \omega^i \wedge \omega^{n+i}$ et $ds^2 = \sum (\omega^\lambda)^2$, en fonction de $2n$ formes de Pfaff $\omega^1, \ldots, \omega^{2n}$ définies localement.

A toute forme différentielle extérieure $\varphi^p = \Sigma P_{\lambda_1 \ldots \lambda_p} \omega^{\lambda_1} \wedge \ldots \wedge \omega^{\lambda_p}$ associons les formes $C\varphi^p = \Sigma P_{\lambda_1 \ldots \lambda_p} \omega^{n+\lambda_1} \wedge \ldots \wedge \omega^{n+\lambda_p}$ et $* \varphi^p = \Sigma \varepsilon_{\lambda_1 \ldots \lambda_{2n}} P_{\lambda_1 \ldots \lambda_p} \omega^{\lambda_{p+1}} \wedge \ldots \wedge \omega^{\lambda_{2n}}$. C est un isomorphisme du groupe $\Phi^p$ de toutes les $p$-formes $\varphi^p$ sur lui-même, avec $CC = (-1)^p$, $C* = *C$, $C(\varphi^p \wedge \psi^q) = C\varphi^p \wedge C\psi^q$. On définit encore $\delta = - * d *$, $\Delta = d\delta + \delta d$ ainsi que $\bar{d} = C^{-1} dC$, $\bar{\delta} = C^{-1} \delta C$, $\Delta_1 = \bar{d}\delta + \delta\bar{d}$, $\Delta_2 = d\bar{\delta} + \bar{\delta} d$. Soit $H^p$ le groupe linéaire des $p$-formes harmoniques, c'est-à-dire des $p$-formes $\varphi^p$ telles que $\Delta\varphi^p = 0$, et $H^p_{(1)}$ ($H^p_{(2)}$) celui des $p$-formes telles

---

(*) Séance du 22 janvier 1951.

(1) B. Eckmann et H. Guggenheimer, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 464, 489, 503. Les deux dernières de ces Notes seront citées dans le texte par II et III respectivement.

(2) Nous adopterons la convention que des indices latins vont de 1 à $n$ pendant que des indices grecs vont de 1 à $2n$. Nous posons aussi $\omega^{2n+\lambda} = -\omega^\lambda$.

(3) Le théorème 2 et sa démonstration complète sont contenus dans ma thèse, présentée à l'E. P. F. de Zurich en février 1950, et qui paraîtra dans les *Comm. math. helv.*

(4) Ch. Ehresmann, *Sur les variétés presque complexes.* (*Séminaire Bourbaki*, 1950, à paraître dans *Proc. Cong. Int. Math.*, 1950).

(5) Ch. Ehresmann, *Sur la théorie des espaces fibrés.* (*Coll. Topologie Algébrique*, Paris 1947, p. 9, n° 6).

que $\Delta_1 \varphi^p = 0$ ($\Delta_2 \varphi^p = 0$). On sait que [6] $H^p$ est isomorphe au $p^{\text{ième}}$ groupe de cohomologie à coefficients réels de $V^{2n}$.

Soit L l'opérateur : multiplication extérieure par $\Omega$, et $\Lambda = (-1)^p \star L \star$. Une forme $\varphi_k^p$ est dite *de classe* $k$, si $\varphi_k^p = L^k \varphi_0^{p-2k}$ et $\Lambda \varphi_0^{p-2k} = 0$. Soit $\Phi_k^p$ le groupe de toutes les $p$-formes de classe $k$ et $H_k^p = H^p \cap \Phi_k^p$, $H_{(i)k}^p = H_{(i)}^p \cap \Phi_k^p$, $i = 1, 2$. On a les formules faciles à vérifier

(1) $$CL = LC, \qquad C\Lambda = \Lambda C$$

(2) $$dL - Ld = 0, \qquad \bar{d}L - L\bar{d} = 0; \qquad \partial\Lambda - \Lambda\partial = 0, \qquad \bar{\partial}\Lambda - \Lambda\bar{\partial} = 0.$$

(3) $$\partial L - L\partial = -\bar{d}, \qquad \bar{\partial}L - L\bar{\partial} = -d; \qquad d\Lambda - \Lambda d = -\bar{\partial}, \qquad \bar{d}\Lambda - \Lambda\bar{d} = -\partial$$

(4) $$\star\, \varphi_k^p = \frac{k!}{m-p-k!} (-1)^{\frac{1}{2}m(m-1)+\frac{1}{2}p(p+1)+k} L^{n-p} C \varphi_p^k \quad (7)$$

(5) $$L^{n-p} \text{ est un isomorphisme de } \Phi^p \text{ sur } \Phi^{2n-p} \quad (8)$$

3. Lemme 1. — $\Delta\varphi_k^p = 0$ *équivaut à* $d\varphi_k^p = \bar{d}\varphi_k^p = 0$; $H_k^p = L^k H_0^{p-2k}$.
Lemme 2. — $\Delta_{(i)} \Lambda = \Lambda \Delta_{(i)}$, $\Delta_{(i)} L = L \Delta_{(i)}$; $i = 1, 2$.
Lemme 3. — *Pour* $p \leq n$, $H_{(i)}^p$ *est la somme directe des* $H_{(i)j}^p$, $j = 0, \ldots, [p/2]$.
Lemme 4. — $d\varphi^p = 0$ ($\partial\varphi^p = 0$) *implique* $\Delta_2 \varphi^p = 0$ ($\Delta_1 \varphi^p = 0$). $H^p \subset H_{(1)}^p \cap H_{(2)}^p$.

Lemme 5.
$$(a) \quad \partial\varphi_k^p = \sum \psi_j^{p-1}, \qquad \bar{\partial}\varphi_k^p = \sum \chi_j^{p-1}, \qquad j \leq k.$$
$$(b) \quad d\varphi_k^p = \sum \psi_j^{p+1}, \qquad \bar{d}\varphi_k^p = \sum \chi_j^{p+1}, \qquad j \geq k$$
$$(c) \quad d\varphi_0^p = \psi_0^{p+1} \; (\bar{d}\varphi_0^p = \chi_0^{p+1}) \text{ implique } \psi_0^{p+1} = 0 \; (\chi_0^{p+1} = 0).$$

Les équations ($a$) sont des conséquences de (2); on démontre ($b$) en utilisant le fait que $\Phi^p$ est la somme directe des $\Phi_j^p$ [8], les relations pour le produit scalaire [9] $(d\varphi, \psi) = (\varphi, \partial\psi)$, $(\bar{d}\varphi, \psi) = (\varphi, \bar{\partial}\psi)$ montrent que $d\varphi_k^p$ ($\bar{d}\varphi_k^p$) est orthogonal à $\sum \Phi_j^{p+1}$, $j < k$. Pour une forme de classe 0, on voit de $\partial\varphi_0^p = \Lambda\bar{d}\varphi_0^p$ que $\bar{d}\varphi_0^p = \chi_0^{p+1}$ implique $\partial\varphi_0^p = 0$, alors ($c$) suit de (4) et (1).

Lemme 6. — $\Delta_1 \varphi_0^p = 0$ ($\Delta_2 \varphi_0^p = 0$) *implique* $\partial\varphi_0^p = 0$ ($d\varphi_0^p = 0$); $H_0^p = H_{(1)0}^p \cap H_{(2)0}^p$. Si $\Delta_1 \varphi_0^p = \bar{d}\partial\varphi_0^p = 0$, en vertu du *lemme de Poincaré* $\partial\varphi_0^p = \psi_0^{p-1}$ est localement de la forme $\bar{d}\alpha^{p-2}$, ce qui ne peut être $\neq 0$ et de classe 0, donc $\partial\varphi_0^p = 0$.

(6) *Cf.* W. V. D. Hodge, *The Theory and Applications of Harmonic Integrals*, Cambridge, 1941.

(7) En combinant cette formule et le théorème 1, on voit que le théorème (1) de B. Eckmann (*Comptes rendus*, 229, 1949, p. 577) est valable pour les variétés symplectiques.

(8) Th.-H. Lepage, *Sur certaines congruences de formes alternées* (*Bull. Soc., Roy. des Sc. de Liége*, 1946 p. 21-31). (*Cf.* aussi II).

(9) P. Bidal et G. de Rham, *Comm. Math. Helv.*, 19, p. 1-49.

Le théorème 1 est alors une conséquence des lemmes 1, 2, 3 et 6 ([10]).

*Corollaire au lemme* 6. — *Si* $\varphi^p$ *est harmonique*, $C\varphi^p$ *l'est aussi.*

4. Pour démontrer le théorème 2, on ne dispose plus de l'opérateur C. Définissons $\bar{d}\varphi^p = \Sigma P_{\lambda_1\ldots\lambda_p,\lambda} h^\lambda_\mu dx^\mu \wedge dx^{\lambda_1} \wedge \ldots \wedge dx^{\lambda_p}$. On reconnaît alors qu'on a toujours (3) et, partant, $\Delta L - L\Delta = -(d\bar{d} + \bar{d}d)$. De l'hypothèse supplémentaire $h_{\lambda\mu,\nu} = 0$ on déduit $d\bar{d} + \bar{d}d = 0$. En ajoutant encore la formule

$$(2) \qquad (\Lambda L^k - L^k\Lambda)\varphi^p = -k(\rho - p + k - 1)L^{k-1}\varphi^p, \qquad p \leqq \rho$$

on démontre les théorèmes de I et III pour les dimensions $\leqq \rho$ et $\geqq 2n - \rho$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité des itérations dans le schéma de Bernoulli.* Note de M. **Edgar Baticle**, présentée par M. Émile Borel.

Étant donné une urne contenant $a$ boules blanches et $b$ boules noires $(a + b = m)$, on fait une épreuve comportant $n$ tirages non exhaustifs. Je me propose de calculer la probabilité qu'il y aura dans l'épreuve $k$ suites d'au moins $x$ tirages successifs de boules blanches, c'est-à-dire $k$ suites d'au moins $x$ itérations de boules blanches.

Je considère d'abord les épreuves où il y a $\alpha$ boules blanches et $\beta$ boules noires. Si j'isole $k$ « grappes » de $x$ boules blanches, les boules restantes peuvent être groupées de $C^\beta_{n-kx} a^{\alpha-kx} b^\beta$ manières. Mais comme il y a $a^{kx}$ manières de prélever $kx$ boules blanches, on obtient $C^\beta_{n-kx} a^\alpha b^\beta$ combinaisons.

En plaçant les $k$ grappes de toutes les manières possibles, soit immédiatement après chaque boule noire, soit immédiatement avant la première boule noire, j'aurai constitué des groupements où il y aura au moins $k$ suites d'au moins $x$ itérations de boules blanches. Le nombre de ces groupements sera $C^k_{\beta+1} C^\beta_{n-kx} a^\alpha b^\beta$.

On a d'ailleurs

$$C^k_{\beta+1} = C^{k-1}_\beta + C^k_\beta, \qquad C^{k-1}_\beta C^\beta_{n-kx} = C^{k-1}_{n-kx} C^{\beta-(k-1)}_{n-kx-(k-1)}, \qquad C^k_\beta C^\beta_{n-kx} = C^k_{n-kx} C^{\beta-k}_{n-kx-k}.$$

En faisant la somme des nombres de groupements pour toutes les valeurs de $\alpha$ et $\beta$, le nombre total des groupements possibles sera

$$C^{k-1}_{n-kx} a^{kx} b^{k-1} m^{n-kx-(k-1)} + C^k_{n-kx} a^{kx} b^k m^{n-kx-k}$$

ou, en posant $a = pm$ et $b = qm$ : $m^n(C^{k-1}_{n-kx} + qC^k_{n-kx})p^{kx}q^{k-1}$.

Mais tous ces groupements ne sont pas distincts : un groupement qui contient $k + \nu$ suites d'au moins $x$ itérations est compté $C^k_{k+\nu}$ fois. De sorte que

([10]) Selon une communication orale de M. Georges Reeb, on peut encore démontrer que $b^{2k+1} \equiv 0 \pmod 2$ en utilisant le fait que $\star L^{n-(2k+1)}$ est un automorphisme de $H^{2k+1}$ sans valeurs propres réelles.

si $X_x^{k+v}$ est le nombre de groupements comportant $k+v$ itérations de l'espèce envisagée on a

$$\sum_v C_{k+v}^k X_x^{k+v} = m^n (C_{n-kx}^{k-1} + q\, C_{n-kx}^k) p^{kx} q^{k-1}.$$

D'où en divisant par $m^n$

$$\sum_v C_{k+v}^k \varpi_x^{k+v} = (C_{n-kx}^{k-1} + q\, C_{n-kx}^k) p^{kx} q^{k-1} = A_x^k. \tag{1}$$

Le système obtenu en donnant à $v$ toutes les valeurs possibles et en remplaçant successivement $k$ par $k+1$, $k+2$, ..., soit

$$\begin{aligned} \varpi_x^k + C_{k+1}^k \varpi_x^{k+1} + C_{k+2}^k \varpi_x^{k+2} + \ldots + C_{k+i}^k \varpi_x^{k+i} + \ldots &= A_x^k, \\ \varpi_x^{k+1} + C_{k+2}^{k+1} \varpi_v^{k+2} + \ldots + C_{k+i}^{k+1} \varpi_x^{k+i} + \ldots &= A_x^{k+1}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots&, \end{aligned}$$

a pour solution

$$\varpi_x^k = \sum_h (-1)^h C_{k+h}^k A_x^{k+h}.$$

Cela résulte des identités

$$\sum_h (-1)^h C_{k+i}^{k+h} C_{k+h}^k = \sum_h (-1)^h C_{k+i}^k C_i^h = C_{k+i}^k \sum_h (-1)^h C_i^h = 0.$$

On remarquera que si l'on fait $k=1$ dans (1) on a

$$1\,\varpi_x^1 + 2\,\varpi_x^2 + 3\,\varpi_x^3 + \ldots = A_x^1 = p^x[1 + q(n-x)].$$

C'est l'espérance mathématique du nombre de suites ayant au moins $x$ itérations.

## MÉCANIQUE. — *Contribution au calcul statistique des systèmes asservis.*

Note (*) de M. **Marc Pélegrin**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'adaptation des théories de Wiener concernant la minimisation du bruit par rapport au message, dont la « prédiction » est un cas particulier, au calcul des servomécanismes est possible : elle conduit à la détermination directe de la fonction de transfert optimum, aucune hypothèse n'étant initialement faite quant à sa forme mathématique.

La seule méthode statistique publiée jusqu'à présent est celle de Philips [1]. Mais la forme de la fonction de transfert est choisie *a priori* et la méthode consiste en la détermination des coefficients restés libres de telle façon que,

(*) Séance du 29 janvier 1951.

[1] J. Nichols et Philips, *Theory of Servomechanisms* (*R. L. S.*, n° 25, 1947).

pour la classe de fonction de transfert choisie, ces coefficients donnent une erreur quadratique moyenne minimum.

Nous considérons ici, un message, fonction aléatoire stationnaire du temps, caractérisée par sa fonction d'autocorrélation $\varphi_{mm}(\tau)$ et un bruit superposé, caractérisé également par sa fonction d'autocorrélation $\varphi_{bb}(\tau)$ ou par son spectre $\Phi_{bb}(\omega)$; le filtre optimum [par rapport au critère du carré moyen de l'erreur caractérisé par sa réponse impulsionnelle $h(\tau)$, ou par sa fonction de transfert $H(\omega)$, est donné par la solution de l'équation de Wiener-Hopf :

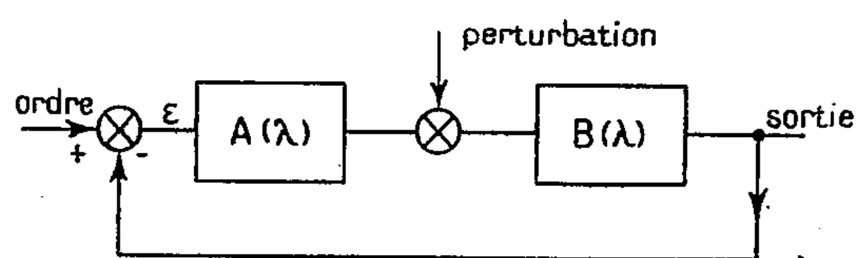
$$\int_{-\infty}^{+\infty} h(\sigma)[\varphi_{mm}(\tau-\sigma)+\varphi_{bb}(\tau-\sigma)]\,d\sigma-\varphi_{ed}(\tau)=0,$$

avec $\tau \geqq 0$ et où $\varphi_{ed}$ est la fonction de corrélation mutuelle entre le message et la fonction de sortie « désirée ».

La solution $H(\lambda)$ s'exprime uniquement en fonction des spectres $\Phi_{ee}(\lambda)$, $\Phi_{ed}$, $\Phi_{bb}$ et éventuellement, $\Phi_{eb}$ et $\Phi_{bd}(\lambda)$.

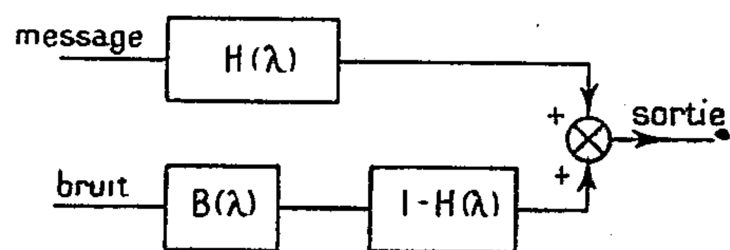
Jusqu'ici aucune hypothèse, hors la linéarité du filtre, n'a été faite. Nous considérerons ce filtre comme un servo-mécanisme et la fonction de transfert sortie/entrée peut ainsi être déterminée.

Cependant il est des cas, celui d'un aérodyne soumis à des rafales par exemple, où le calcul précédent ne s'applique pas directement puisque les perturbations entrent dans le servo-mécanisme en un point différent de celui des ordres; dans ce cas on remplacera le schéma classique suivant




$$\varepsilon=\frac{1}{1+AB}\Phi_{mm}+\frac{B}{1+AB}\Phi_{bb}$$

par (équations écrites en transformées de Laplace)




$$H(\lambda)=\frac{1}{1+AB},$$

$H(\lambda)$ est donné par la recherche des fonctions n'ayant aucun pôle dans le demi-plan supérieur ($\lambda=\omega+j\sigma$) et telle que l'expression $Q(\lambda)$

$$\begin{aligned}Q(\lambda)=&H(\lambda)[\Phi_{ee}(\lambda)-B(\lambda)\Phi_{eb}(\lambda)-B^*(\lambda)\Phi_{be}(\lambda)+B(\lambda)B^*(\lambda)\Phi_{bd}(\lambda)]\\&-[\Phi_{ed}(\lambda)-B(\lambda)\Phi_{eb}(\lambda)-B^*(\lambda)\Phi_{bd}(\lambda)+B(\lambda)B^*(\lambda)\Phi_{bb}(\lambda)]\end{aligned}$$

n'ait elle-même aucun pôle dans le demi-plan supérieur.

A titre d'exemple, considérons un servomécanisme destiné à reproduire la

fonction d'entrée définie comme suit : fonction prenant alternativement la valeur $+1$ ou $-1$, les changements d'état apparaissant en des temps aléatoires.

Si $\gamma$ est le nombre moyen de changements dans l'unité de temps, le spectre d'une telle fonction est :

$$\Phi_{cc}(\lambda) = \frac{2\gamma}{(2\gamma)^2 + \lambda^2}.$$

Considérons un bruit dont le spectre soit uniforme.

$$\Phi_{bb}(\lambda) = \text{const.} = c.$$

Enfin, supposons que $B(\lambda)$ soit une inertie pure. Dans ces conditions on trouve pour $A(\lambda)$, avec, par exemple, les valeurs numériques : $2\gamma = 6/\sqrt{13}$ et $C = 6\sqrt{13}$

$$A(\lambda) = \frac{0.173\lambda^2}{(2 + j\lambda)(3 + j\lambda) + 0.173}.$$

Cet exemple montre que, selon le critère du carré moyen de l'erreur, la fonction de transfert peut être déterminée formellement et sous une forme telle que sa réalisation expérimentale puisse être pratiquement envisagée sans les complications que l'on pouvait craindre *a priori*.

MÉCANIQUE. — *Théorème sur les systèmes linéaires dits* essentiellement instables. Note (*) de M. **Paul-M. Lefèvre**, présentée par M. Georges Darrieus.

L'application de la règle générale indiquée dans la Note antérieure permet, sans exiger l'établissement préalable du diagramme de phase, de reconnaître, dans la forme même de certaines équations caractéristiques, l'existence de cas essentiels d'instabilité.

L'application de la règle d'interprétation du diagramme de phase généralisée, qui a fait l'objet d'une Note antérieure (1), permet la mise en évidence de certaines formes d'équations caractéristiques régissant des systèmes instables pour toutes les valeurs absolues du paramètre de discussion $\Lambda$. L'énoncé d'un théorème simple évitera que l'on procède à l'établissement de graphiques inutiles.

Soit un système linéaire dont l'équation caractéristique est écrite sous la forme canonique (2) :

$$T(p) - \Lambda \equiv \frac{T_r(p)}{T_s(p)} - \Lambda = 0, \tag{1}$$

(*) Séance du 15 janvier 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 381.

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 360.

les polynomes $T_r(p)$ et $T_s(p)$ étant ordonnés en puissances croissantes de $p$ :

$$T(p) = \frac{A_0 + A_1 p + A_2 p^2 + \ldots A_r p^r}{B_0 + B_1 p + B_2 p^2 + \ldots B_s p^s}. \tag{2}$$

L'interprétation du diagramme de phase généralisé relatif à la transmittance $T(v)$ donne les valeurs de $(N - P)$ en fonction de $|\Lambda|$ soit $(N - P)_\Lambda$.

Le nombre P est indépendant de $\Lambda$, puisqu'il est égal au nombre des racines, à partie réelle positive, de l'équation

$$T_s(p) = B_0 + B_1 p + B_2 p^2 + \ldots + B_s p^s = 0. \tag{3}$$

Pour une valeur donnée de $|\Lambda|$, le nombre N de solutions instables du système (1) est donc égal à

$$N = (N - P)_\Lambda + P. \tag{4}$$

Le système considéré est stable lorsque $N = 0$, c'est-à-dire

$$(N - P)_\Lambda + P = 0. \tag{5}$$

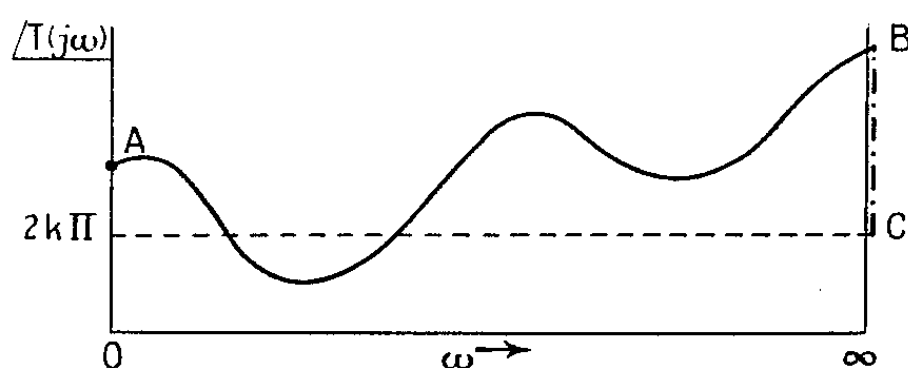
Or, il existe des systèmes ne satisfaisant jamais cette condition de stabilité.

Il en est ainsi, notamment, lorsque les nombres $(N - P)_\Lambda$ et P sont, quel que soit $|\Lambda|$, *de parité différente.*

Tout système conduisant à ce résultat sera dit : *essentiellement instable.*

Cette définition, qui rend impair le nombre N, impose la présence, dans l'équation caractéristique, d'une solution réelle positive. A celle-ci, peuvent éventuellement s'ajouter une ou plusieurs paires de solutions complexes conjuguées à partie réelle positive; mais ces dernières ne changent pas la parité du nombre N.

Un système essentiellement instable n'est donc pas caractérisé par un phénomène *d'amorçage spontané d'oscillations* ou de *pompage.*




L'étude des parités respectives des nombres $(N - P)_\Lambda$ et P a été faite à l'aide de la règle d'interprétation du diagramme de phase précitée; elle montre que la parité du nombre $(N - P)_\Lambda$ est fixée exclusivement par l'intervention des points extrêmes A et C du diagramme de phase (*fig.* 1).

Les résultats obtenus conduisent aux deux énoncés suivants :

Théorème I. — *Le nombre* P *de pôles, à partie réelle positive, d'une transmittance quelconque est pair ou nul pour* $B_0 B_s > 0$ *et impair pour* $B_0 B_s < 0$.

THÉORÈME II. — *Un système linéaire est* essentiellement instable *lorsque son équation caractéristique, mise sous la forme canonique et écrite, si* $\Lambda > 0$, *de manière à faire apparaître une transmittance admettant* $r > s$, *remplit les deux conditions* : $\Lambda$ *et* $B_0 B_s$ *sont de même signe;* $T(0) = A_0/B_0$ *est nul ou du signe opposé à* $\Lambda$.

Les conditions précédentes sont encore valables lorsque $r = s$, si $\Lambda < 0$. Par contre, l'instabilité essentielle disparaît en général pour $r = s$ et $\Lambda > 0$.

On constate, dans cet énoncé, que seuls les termes extrêmes de la transmittance et le paramètre de discussion interviennent.

*Remarque.* — Le théorème II doit être rapproché de la première partie du critérium de stabilité de Routh qui impose que tous les coefficients de l'équation caractéristique développée en polynome entier soient de même signe.

On vérifie, en effet, facilement que le théorème précédent entraîne la présence dans l'équation caractéristique écrite sous la forme

$$T_r(p) - \Lambda . T_s(p) = 0$$

d'un terme, au moins, ne possédant pas le même signe que les autres.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les contraintes transversales se développant au cours d'essais de traction.* Note de M. BERNARD JAOUL, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans un échantillon soumis à un essai classique de traction, prennent naissance des tensions transversales. Pour me rendre compte de leurs valeurs, j'ai comparé les variations de diamètre d'éprouvettes pleines et creuses au cours d'un allongement plastique. Cette étude a été faite sur un aluminium raffiné (99,99 % Al).

Dans le cas d'une éprouvette ordinaire, la contraction transversale est : $\varepsilon_2 = -1/2 . \varepsilon_1$, $\varepsilon_1$ étant l'allongement naturel par traction : $\varepsilon_1 = \log_e(1 + \Delta l / l_0)$. Mais j'ai trouvé que pour une éprouvette tubulaire cette relation n'est plus vérifiée; nous avons obtenu

$$\varepsilon_2 = -k\varepsilon_1 \quad \text{avec} \quad k < 0,5$$

tout au long de la déformation plastique, c'est-à-dire que l'absence de la partie axiale entraîne une diminution de la contraction transversale.

En utilisant des tubes de plus en plus minces, la grosseur du grain restant faible par rapport à l'épaisseur, j'ai été conduit pour l'éprouvette creuse à paroi infiniment mince à la valeur $k = 0,33$, c'est-à-dire que les trois déformations sont alors

$$\varepsilon_1 = \varepsilon, \qquad \varepsilon_2 = -\frac{1}{3}\varepsilon, \qquad \varepsilon_3 = -\frac{2}{3}\varepsilon,$$

car la conservation du volume implique $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$.

Dans le cas d'une éprouvette pleine, nous aurions

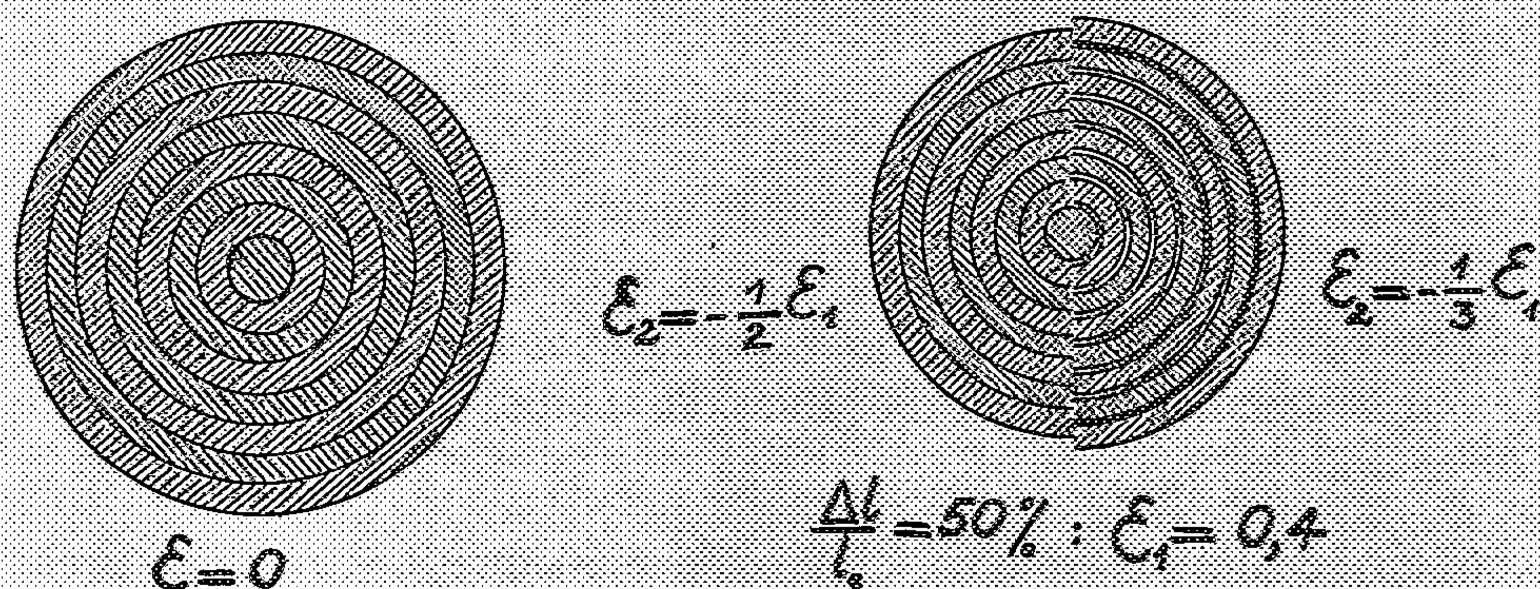
$$\varepsilon_1 = \varepsilon, \qquad \varepsilon_2 = -\frac{1}{2}\varepsilon, \qquad \varepsilon_3 = -\frac{1}{2}\varepsilon,$$

mais s'il n'y avait pas de cohésion entre les couches cylindriques successives, les valeurs de la déformation seraient celles correspondantes à $k = 0{,}33$, comme il est représenté sur la figure (à droite).

L'existence de cette cohésion entraîne une déformation supplémentaire

$$\Delta\varepsilon_2 = \frac{1}{6}\varepsilon \qquad \Delta\varepsilon_3 = -\frac{1}{6}\varepsilon,$$

qui donne naissance à des contraintes transversales.




Les courbes de traction sur cet aluminium peuvent, en première approximation, être représentées par une courbe d'équation de la forme

$$\sigma = k\varepsilon^{\frac{1}{3}}.$$

Admettons que cette relation puisse s'appliquer aux trois contraintes; nous aurons dans le cas d'une éprouvette pleine (indice : $p$)

$$\sigma_1 = \sigma_p, \qquad \sigma_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{6}}\sigma_p, \qquad \sigma_3 = -\sqrt[3]{\frac{1}{6}}\sigma_p.$$

Cherchons alors les valeurs du cisaillement effectif données par les critères de l'énergie de déformation (von Misès) et du cisaillement maximum (Coulomb)

$$\tau = \frac{1}{3}\left[\Sigma(\sigma_i - \sigma_j)^2\right]^{\frac{1}{2}} \qquad \tau' = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3).$$

Nous obtenons : $\tau = 0{,}47\sigma_p$, $\tau' = 0{,}775\sigma_p$.

Si l'on admet qu'il n'y ait pas de contraintes transversales, ce qui est le cas des éprouvettes creuses à paroi très mince (indice : $c$) les deux critères

conduisent aux valeurs :

$$\tau = 0{,}66\sigma_c, \qquad \tau' = 0{,}50\sigma_c.$$

Le cisaillement effectif devant rester le même quelle que soit la forme de l'éprouvette, le rapport des tensions correspondant à un même allongement des échantillons pleins et creux devra être :

Application du critère de Maxwell-von Misès : $\sigma_c/\sigma_p = 1{,}41$ ;

Application du critère de Coulomb-Guest : $\sigma_c/\sigma_p = 1{,}55$.

Or les mesures de ce rapport faites sur les courbes de traction conduisent, au cours de la déformation plastique, à des valeurs comprises entre 1,36 et 1,45.

On voit donc que c'est le critère de l'énergie de déformation qui doit être pris en considération. D'autre part, pour comparer une déformation sous une sollicitation quelconque à la déformation par traction, il faut tenir compte du fait que l'essai de traction classique ne correspond pas à un état de tension simple, car il met en jeu un système de trois contraintes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage*. Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Henri Villat.

Calcul des potentiels $\Phi = e^{i(kz+\sigma t)}\varphi(x, y)$ qui représentent les petits mouvements irrotationnels de la mer sur une plage. On obtient deux solutions indépendantes sous réserve que $|k| < \sigma^2/g$. L'une est régulière à l'origine, l'autre présente en ce point une singularité logarithmique.

Le mouvement de la mer supposé irrotationnel est rapporté au système d'axes $Oxyz$, $Oy$ vertical. Le plan $xOz$ est la surface libre, $y + x\,\mathrm{tg}\,\alpha = 0$ $(x > 0)$ est l'équation de la plage et l'on cherche les potentiels de la forme

$$\Phi(x, y, z, t) = {}^{i(kz+\sigma t)}\varphi(x, y);$$

on est ainsi conduit à résoudre le système :

$$(1) \qquad \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} - k^2\varphi = 0 \quad \text{dans le secteur } tOx;$$

$$(2) \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial y} = \frac{\sigma^2}{g}\varphi \quad \text{sur } Ox.$$

On supposera $\sigma^2/g = 1$, ce qui ne restreint pas,

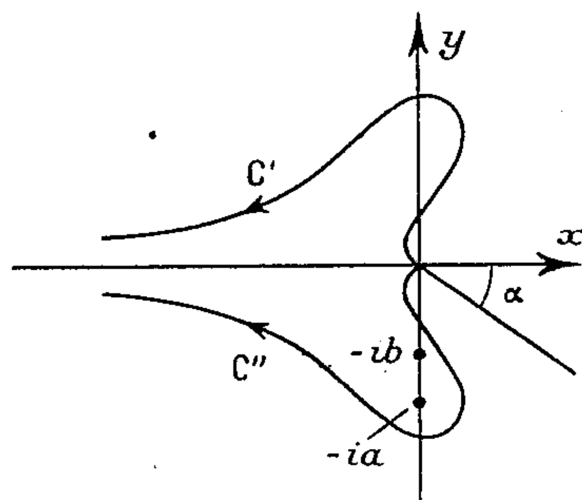
$$(3) \qquad \sin\alpha\,\frac{\partial\varphi}{\partial x} + \cos\alpha\,\frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{sur le fond,}$$

et l'on cherche pour $\varphi(x, y)$ une solution de la forme

$$\varphi = \mathrm{R}e\,\lambda\int_C e^{\frac{k}{2}\left\{x\left(\zeta+\frac{1}{\zeta}\right)+iy\left(\zeta-\frac{1}{\zeta}\right)\right\}}\frac{g(\zeta)\,d\zeta}{\frac{k}{2}\left(\zeta-\frac{1}{\zeta}\right)+i},$$

(*) Séance du 22 janvier 1951.

C désigne soit $C_1 = C' + C''$, soit $C_2 = C' - C''$ (voir *figure*; on suppose $0 < \alpha < \pi/2$ et $k > 0$), $g(\zeta)$ est une fonction analytique, sauf en certains points qu'on suppose situés dans le demi-plan de gauche et à l'intérieur d'une couronne circulaire de centre O.




On a pour $y = 0$,

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} - \varphi = \mathrm{I}_m \lambda \int_c e^{\frac{k}{2} x \left(\zeta + \frac{1}{\zeta}\right)} g(\zeta)\, d\zeta$$

et la condition (2) est vérifiée si

(4) $$g(\bar{\zeta}) = \overline{g(\zeta)}, \qquad \text{avec } \lambda = 1 \text{ sur } C_1 \qquad \lambda = i \text{ sur } C_2.$$

On a sur le fond $x + iy = \rho e^{-i\alpha}$

$$\sin \alpha \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \cos \alpha \frac{\partial \varphi}{\partial y} = \mathrm{I}_m \lambda \int_\Gamma \frac{k}{2} \left( u - \frac{1}{u} \right) e^{\frac{k}{2} \rho \left( u + \frac{1}{u} \right)} \frac{g(ue^{i\alpha})\, e^{i\alpha}\, du}{\frac{k}{2}\left( ue^{i\alpha} - \frac{1}{ue^{i\alpha}} \right) + i},$$

$\Gamma$ déduit de C par la rotation O, $-\alpha$.

On peut remplacer $\Gamma$ par C pourvu que C ait été convenablement choisie de manière à ne pas rencontrer de singularités de $g(\zeta)$ au cours de la rotation.

Interprétant la condition (3) et compte tenu de (4) on voit qu'on est ramené à chercher les fonctions analytiques $g(u)$ qui vérifient :

(5) $$\overline{g(\bar{u})} = g(u)$$

et

(6) $$\frac{g(ue^{2i\alpha})\, e^{2i\alpha}}{\frac{k}{2}\left( ue^{2i\alpha} - \frac{1}{ue^{2i\alpha}} \right) + i} = \frac{g(u)}{\frac{k}{2}\left( u - \frac{1}{u} \right) - i}.$$

On résout ce problème par une méthode déjà indiquée à l'occasion d'un problème voisin (1). On trouve en posant $\mathrm{L}\,|g(i\rho)| = h(\rho)$, $\rho$ réel,

$$h(\rho) = \mathrm{L} \left\{ \frac{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}}}{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}} - a^{\frac{\pi}{\alpha}}} \frac{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}}}{\rho^{\frac{\pi}{\alpha}} - b^{\frac{\pi}{\alpha}}} \frac{\rho^2 - a^2}{\rho^2} \frac{\rho^2 - b^2}{\rho^2} \right\}^{\frac{1}{2}}.$$

(1) *Voir* ma Note aux *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 211.

avec

$$a = \frac{1+\sqrt{1-k^2}}{k}, \qquad b = \frac{1-\sqrt{1-k^2}}{k},$$

on suppose $k < 1$.

La fonction $g(u)$ est égale dans le demi-plan de droite à

$$g_1(u) = \exp\left\{\frac{1}{\pi i}\int_{i\infty}^{-i\infty} \frac{h(|z|)}{z-u}\,dz\right\}$$

et dans le demi-plan de gauche à

$$g_2(u) = g^*(u)\frac{(-u^2)^{\frac{\pi}{2\alpha}}}{(-u^2)^{\frac{\pi}{2\alpha}} - a^{\frac{\pi}{\alpha}}}\,\frac{(-u^2)^{\frac{\pi}{2\alpha}}}{(-u^2)^{\frac{\pi}{2\alpha}} - b^{\frac{\pi}{\alpha}}}\,\frac{u^2+a^2}{u^2}\,\frac{u^2+b^2}{u^2},$$

$g^*(u)$ défini dans le demi-plan de gauche a la même expression que $g_1(u)$ et l'on prend la détermination de $(-u^2)^{\pi/2\alpha}$ qui pour $u = \pm i\rho$ est égale à $\rho^{\pi/\alpha}$. Il y a une coupure suivant la partie négative de l'axe $x'x$ sauf dans le cas où $\alpha = \pi/2n$, $n$ entier.

On a alors

$$g(u) = \frac{(iu)^{n-1}}{\left[\frac{k}{2}\left(ue^{2i\alpha} - \frac{1}{ue^{2i\alpha}}\right) + i\right]\left[\frac{k}{2}\left(ue^{4i\alpha} - \frac{1}{ue^{4i\alpha}}\right) + i\right]\cdots\left[\frac{k}{2}\left(ue^{2(n-1)i\alpha} - \frac{1}{ue^{2(n-1)i\alpha}}\right) + i\right]}.$$

On obtient dans le cas général deux solutions : celle qui correspond à $C_2$ est régulière à l'origine, l'autre a en ce point une singularité logarithmique. Ces solutions sont valables pour $\pi/2 < \alpha < \pi$ à condition d'intégrer sur des contours déduits de $C'$ et $C''$ par la rotation $O$, $\alpha/2$.

Pour $\alpha = \pi$, on trouve la solution du problème du dock en profondeur infinie.

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude de la courbure au sommet de l'onde de choc attachée dans un écoulement de révolution.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué une valeur approchée de la courbure au sommet de l'onde de choc attachée de révolution lorsque la vitesse à la pointe après le choc était supersonique. Nous indiquons ici une méthode permettant de calculer dans tous les cas la valeur exacte de cette courbure.

Un obstacle de révolution autour d'un axe $Ox$ est placé dans un courant gazeux uniforme supersonique. L'obstacle admet en son sommet O une pointe

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 325-326. Le résultat obtenu dans cette Note est approché car seule la première réflection sur l'onde de choc des caractéristiques issues de l'obstacle y est envisagée.

de demi-angle $\theta_s$ et un rayon de courbure méridien $\mathcal{R}$. L'écoulement est de révolution autour de $Ox$; nous désignons par $a$, $\rho$ et $p$ la célérité du son, la densité et la pression en un point P; on pose $OP = r$, $(Ox, OP) = \theta$. Soient $u$ et $v$ les composantes de la vitesse sur les directions $\theta$ et $\theta + (\pi/2)$. $k$ est le rapport des chaleurs spécifiques du gaz; $\mu^2 = (k-1):(k+1)$.

1. Nous cherchons à satisfaire les équations du mouvement par des fonctions analytiques que nous développons en série suivant les puissances croissantes de $r/R$ (R désigne une longueur qui peut être arbitraire et que nous rendrons égale au rayon de courbure de la méridienne de l'onde de choc en son sommet) :

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} u(r,\theta) &= u_0(\theta) + \frac{r}{R}u_1(\theta) + \ldots,\\ v(r,\theta) &= v_0(\theta) + \frac{r}{R}v_1(\theta) + \ldots,\\ \rho(r,\theta) &= \rho_0(\theta) + \frac{r}{R}\rho_1(\theta) + \ldots,\\ p(r,\theta) &= p_0(\theta) + \frac{r}{R}p_1(\theta) + \ldots. \end{aligned}\right.$$

Les fonctions d'indice o vérifient les équations des écoulements coniques de révolution; les fonctions d'indice 1 vérifient le système suivant

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} & u'_1 v_0 + u_1 u_0 + v_1(u'_0 - 2v_0) + \frac{p_1}{\rho_0} = 0,\\ & v'_1 v_0 + u_1 v_0 + v_1(v'_0 + 2u_0) + \frac{p'_1}{\rho_0} - \frac{p'_0}{\rho_0}\frac{\rho_1}{\rho_0} = 0,\\ & \{(\rho_1 v_0 + \rho_0 v_1)\sin\theta\}' + 3(\rho_1 u_0 + \rho_0 u_1)\sin\theta = 0,\\ & u_0\left(\frac{p_1}{p_0} - k\frac{\rho_1}{\rho_0}\right) + v_0\left(\frac{p_1}{p_0} - k\frac{\rho_1}{\rho_0}\right)' = 0. \end{aligned}\right.$$

Nous supposons l'angle $\theta_s$ et le nombre de Mach amont M choisis de façon qu'il se forme une onde de choc attachée; celle-ci admet en son sommet une pointe de demi-angle $\theta_w$. Les équations du choc déterminent les valeurs initiales des fonctions inconnues (pour $\theta = \theta_w$); pour les fonctions d'indice 1, ces valeurs sont les suivantes

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} & u_1 + u_0\,\mathrm{tg}\,\theta_w + v_0 = 0,\\ & 2v_1 + (4\mu^2 - 3)u_0 + (2-\mu^2)v_0\,\mathrm{cotg}\,\theta_w = 0,\\ & \frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{5-\mu^2}{2}\mathrm{cotg}\,\theta_w + 2\mu^2\frac{u_0}{v_0},\\ & \frac{p_1}{p_0} = \frac{1+\mu^2}{2}\mathrm{cotg}\,\theta_w - 2(1+\mu^2)\frac{u_0 v_0}{a_0^2}. \end{aligned}\right.$$

Les fonctions d'indice zéro sont connues ([2]); les équations (2) et les condi-

---

([2]) Zdenêk Kopal a calculé avec cinq décimales les valeurs numériques de ces fonctions : *Tables of Supersonic Flow around Cones* (1947).

tions (3) déterminent les fonctions d'indice 1. En écrivant que le fluide contourne l'obstacle, on obtient la relation suivante :

$$R\,u_0(\theta_s) - 2\,\mathcal{R}\,v_1(\theta_s) = 0 \qquad (4)$$

qui détermine le rapport des rayons de courbure au sommet de l'onde de choc et de l'obstacle.

II. $\theta_s$ étant inférieur à 57°,52, on sait qu'il existe, pour les écoulements coniques, trois nombres de Mach particuliers $M_0(\theta_s)$, $M^*(\theta_s)$ et $M^*(\theta_s)$. Lorsque $M < M_0$, l'onde de choc est détachée; lorsque $M_0 \leqq M < M^{**}$, l'écoulement est subsonique, lorsque $M^* \leqq M \leqq M^{**}$ est mixte; lorsque $M^{**} < M$, il est supersonique.

1. Le rapport $R/\mathcal{R}$ est négatif pour $M = M_0(\theta_s)$; il augmente ensuite avec M, passe par un maximum puis décroît vers une valeur limite positive.

2. La valeur singulière $M = M_1(\theta_s)$ pour laquelle $R/\mathcal{R}$ est nul est inférieure à $M^{**}(\theta_s)$.

3. Lorsque M est supérieur à $M^{**}(\theta_s)$, les variations de la fonction $v_1(\theta)$ sont pratiquement linéaires, et l'on peut simplifier le calcul de la courbure de l'onde de choc en posant

$$v_1(\theta_s) = v_1(\theta_w) + (\theta_s - \theta_w)\,v'_1(\theta_w),$$

avec

$$\begin{aligned} 2v'_1(\theta_w)\{u_0(\theta_w)\operatorname{tg}\theta_w + v_0(\theta_w)\} = {} & u_0^2(\theta_w)\{6\operatorname{tg}^2\theta_w - 5 + 10\mu^2 - 4\mu^4\} \\ & + u_0(\theta_w)\,v_0(\theta_w)\{4(2+\mu^2)\operatorname{tg}\theta_w + 2\mu^2\operatorname{cotg}\theta_w\} \\ & + v_0^2(\theta_w)\{2(1+2\mu^2) + \mu^2(2-\mu^2)\operatorname{cotg}\theta_w\}. \end{aligned}$$

On retrouve donc pour les écoulements de révolution le paradoxe signalé par Crocco dans le cas des écoulements plans ([3]). Par exemple, pour $\theta_s = 20°$, on obtient

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{R}{\mathcal{R}} =$ | − 0,23 | 0,82 | 1,71 | 2,87 | 1,76 | 1,05 |
| pour M = | 1,2175 | 1,2553 | 1,3144 | 1,6531 | 2,8387 | 9,5928 |

RADIOASTRONOMIE. — *Sur l'interprétation des sursauts radioélectriques solaires.* Note de MM. **Émile-Jacques Blum**, **Jean-François Denisse** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit certains résultats qui conduisent à penser que les orages radioélectriques solaires sont constitués par la superposition de sursauts élémentaires plus ou moins fréquents.

([3]) *Atti del 1° Congresso dell'Unione Matematica Italiana*, 1937, p. 597-615.

([1]) E. J. Blum, J. F. Denisse et J. L. Steinberg, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 000.

L'interprétation de ces sursauts qui apparaît ainsi très importante, doit tenir compte d'un ensemble de propriétés qui peuvent se résumer ainsi :

*a*. Les sursauts n'apparaissent que sur fréquences relativement faibles, inférieures à 500 Mc/sec par exemple.

*b*. L'énergie est transportée sur une faible largeur de bande, au plus quelques mégacycles/seconde ([3]) ([4]).

*c*. Ils sont à peu près complètement polarisés circulairement ([2]).

*d*. Le phénomène dure en moyenne 0,2 seconde ([1]) (au voisinage de 164 Mc/sec).

*e*. La puissance reçue au cours d'un sursaut est de l'ordre de $5.10^{-22}$ W/m²/c/sec sur 164 Mc/sec ([1]).

Y. Rocard a supposé dès 1948 (communication privée) que l'énergie des sursauts se trouvait rayonnée au moment du freinage dans la couronne de jets ionisés issus de la photosphère. D'autre part D. Bohm et E. P. Gross ([5]) ont montré que lorsqu'un jet ionisé pénètre dans un plasma au repos, il peut se produire un système d'oscillations de plasma instables qui s'amplifient et se saturent éventuellement. Il semble que les conditions d'amplification se trouvent réunies dans *le front de l'onde de choc*, qui progresse dans l'atmosphère solaire à la lisière d'un *jet supersonique*. Soient

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{4\pi N_1 e^2}{m}} \qquad \text{et} \qquad \omega_2 = \sqrt{\frac{4\pi N_2 e^2}{m}},$$

les fréquences critiques de l'atmosphère solaire et du jet; $V_2$ la vitesse de ce dernier; $v_1$ et $v_2$ les vitesses moyennes d'agitation thermique des électrons dans l'atmosphère et dans le jet.

L'équation de dispersion pour une onde de potentiel $\varphi = \varphi_0 e^{i(k_x x - \omega t)}$ peut s'écrire sous la forme :

$$(1) \qquad k_x = \frac{\omega}{V_2^2 - v_2^2}\left\{ V_2 \pm i \sqrt{(V_2^2 - v_2^2)\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2\left[1 + \left(\frac{k_x v_1}{\omega}\right)^2\right] - \omega^2} - v_2^2} \right\}.$$

Cette équation montre que les ondes de fréquences $\omega$, telles que

$$\omega^2 < \omega_1^2\left[1 + \left(\frac{k_x v_1}{\omega}\right)^2\right],$$

sont amplifiées ($k_x$ complexe) sous la condition : $V_2 > v_2$. On voit d'autre part que les fréquences amplifiées se trouvent au voisinage de la fréquence critique $\omega_1$.

---

([2]) R. Payne Scott, *Aust. J. Sci. Res.*, A 2, 1949, p. 214.

([3]) J. P. Wild et L. L. McCready, *Aust. J. Sci. Res.*, A 3, 1950.

([4]) E. J. Blum et J. F. Denisse, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1214.

([5]) D. Bohm et E. P. Gross, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1864.

*a*. En réalité cette amplification favorisée par une grande vitesse du jet, ne se produit pas si le nombre des chocs par seconde $\nu'$ est trop élevé. Les conditions favorables ne se trouvent réalisées qu'à des altitudes assez grandes qui correspondent à des fréquences d'oscillation relativement faibles.

*b*. Les oscillations électriques longitudinales s'amplifient aux dépens de l'énergie cinétique du jet et progressent, ainsi qu'on peut le vérifier sur la formule (1), avec une vitesse un peu inférieure à la vitesse $V_2$ du jet. Cependant comme celui-ci progresse vers des régions de densité décroissante, un calcul complet montre qu'une portion plus ou moins étroite du spectre au voisinage de la limite supérieure d'amplification est susceptible de se propager vers l'extérieur.

*c*. D'autre part ces oscillations ne comportent pas d'ondes magnétiques associées et leur vecteur de Poynting est nul. Il en résulte qu'elles ne peuvent rayonner vers l'extérieur sauf peut-être à la faveur de mouvements tourbillonnaires. Cependant les orages radioélectriques ont leur source au voisinage immédiat des taches solaires. En présence du champ magnétique de la tache les oscillations électriques longitudinales se trouvent couplées à un système d'ondes électromagnétiques transversales polarisées circulairement et susceptibles de rayonner.

*d*. Lorsque les oscillations de plasma prennent naissance, il se produit simultanément un ralentissement du faisceau électronique et un échange de moment cinétique entre les électrons et les ondes. $V_2$ diminue alors que $v_2$ augmente, les conditions d'amplification ne sont plus réalisées et les ondes s'éteignent au bout d'un temps comparable à la durée du libre parcours moyen des électrons.

Pour une altitude qui correspond à $\omega_1/2\pi = 164$ M/sec, la durée du libre parcours est voisine de 0,02 sec. Ce chiffre est bien comparable à la demi-durée 0,1 sec des sursauts observés.

*e*. Remarquons enfin qu'une surface de quelques dizaines de mètres carrés suffit pour rayonner les 10 kW qui correspondent aux $10^{-22}$ W/m²/c/sec transportés à la surface de la Terre pendant la durée du sursaut.

Il semble que le mécanisme qui vient d'être proposé puisse également expliquer les éruptions radioélectriques (outburts) qui accompagnent souvent les éruptions chromosphériques.

ACOUSTIQUE. — *Ondes acoustiques guidées.*

Note de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Jean Cabannes.

On peut définir en acoustique des conditions qui permettent la propagation d'ondes restant confinées dans un étroit domaine, alors qu'un certain milieu extérieur indéfini est cependant excité, mais dans des conditions telles qu'il se

refuse à organiser une propagation régulière. Soit, autour de l'axe $oz$, un cylindre indéfini de rayon $a$ constitué d'un milieu où la vitesse du son est $c_1$, au delà du rayon $a$, on a un milieu de vitesse du son $c$. Il suffit, comme nous allons le montrer, d'avoir $c_1 < c$ pour que des ondes longitudinales se propageant suivant $oz$ à l'intérieur du rayon $a$ n'excitent aucune propagation radiale véritable dans le milieu $c$.

Considérons en effet l'équation de propagation générale pour le milieu $c$, en nous restreignant à la symétrie cylindrique

$$(1)\qquad \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 P}{\partial t^2}.$$

P est la pression sonore. $\partial^2 P/\partial z^2$ a une loi de variation déterminée par le fait de la propagation longitudinale dans le cylindre $a$, avec la vitesse $c_1$ ; supposons une excitation sinusoïdale dans le temps

$$\frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = -\frac{\omega^2}{c_1^2}P, \qquad \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 P}{\partial \rho^2} = -\frac{\omega^2}{c^2}.$$

Il en résulte

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial P}{\partial r} - h^2 P = 0 \qquad \text{en posant} \quad h^2 = \frac{\omega^2}{c_1^2} - \frac{\omega^2}{c^2} > 0.$$

La solution de cette équation qui satisfait aux conditions aux limites est

$$(3)\qquad P = -jH_0^{(2)}(-jhr), \qquad \text{abstraction faite du facteur } e^{j\omega t},$$

$H_0^{(2)}$ étant la fonction de Hankel d'ordre zéro et de seconde espèce. Cette fonction est constamment réelle, ce qui veut dire qu'à chaque hauteur $z$ le milieu $c$ vibre entièrement en phase quel que soit le rayon, circonstance qui indique bien que ce milieu accepte une certaine excitation mais qu'il refuse de propager l'énergie vers les grandes valeurs de $r$.

$$(4)\qquad \begin{cases} \text{Pour} \quad hr \ll 1 \quad \text{on a} \quad -jH_0^{(2)}(-jhr) \to \dfrac{2}{\pi}\log\left(\dfrac{1}{0,89hr}\right), \\ \text{Pour} \quad hr \gg 1 \quad \text{on a} \quad -jH_0^{(2)}(-jhr) \to \sqrt{\dfrac{2}{\pi hr}}\,e^{-hr}. \end{cases}$$

En conclusion, dans un tel cas, l'énergie se propage par ondes longitudinales suivant $oz$, restant confinée au cylindre de rayon $a$, et moyennant une excitation radiale du milieu extérieur $c$, mais sans transfert d'énergie. Ce dernier point se trouve confirmé si l'on cherche la *vitesse* de déplacement dans le second milieu, elle dépend d'une fonction $H_1^{(2)}(-jhr)$ et est en *quadrature* avec la pression.

Il faut cependant faire une mise en équation physique qui relie l'excitation dans le milieu $c$ à la propagation longitudinale dans le milieu $c_1$. Écrivons une équation de continuité exprimant que le rayon $a$ du cylindre $c_1$ se déforme à la demande. Appelant $\rho$ la densité du milieu $c_1$, $u$ la vitesse du déplacement selon $oz$, on aura pour décrire le mouvement sonore selon $oz$

$$(5)\qquad \begin{cases} \rho \dfrac{\partial u}{\partial t} + \dfrac{\partial P}{\partial z} = 0, \\ \dfrac{1}{c_1^2} \dfrac{\partial P}{\partial t} + \rho \dfrac{\partial u}{\partial z} + \dfrac{2\rho}{a} \dfrac{\partial a}{\partial t} = 0. \end{cases}$$

Or $(\partial a/\partial t) = j\omega\delta a$ est aussi la vitesse dans le milieu $c$ pour $r = a$. On peut relier cette variation $j\omega\delta a$ à la pression qui règne, en vertu de ce qui précède, par

$$(6)\qquad j\omega\,\delta a = -j\,\frac{H_1^{(2)}(-jha)}{H_0^{(2)}(-jha)}\,P.$$

Les deux équations (5) donnent alors la propagation cherchée, avec une vitesse $c_1'$ qui d'ailleurs n'est plus exactement $c_1$, mais dépend du *couplage* ainsi introduit avec le milieu $c$.

On remarquera cependant que, pour être complet, il faudrait tenir compte aussi d'une propagation *radiale* à l'intérieur du cylindre $a$, mais si l'on suppose $ha \ll 1$, on peut négliger cet effet, qui compliquerait quelque peu la relation (6) et introduirait un couplage du cylindre intérieur sur le milieu extérieur avec modification de la vitesse de propagation dans ce second milieu.

Enfin on traite, plus simplement encore, le problème à une dimension qui consiste à exciter en propagation longitudinale suivant $oz$ une *fente* parallèle au plan $yoz$ (et non plus un cylindre). Les mêmes circonstances se produisent, avec des solutions purement exponentielles.

Expérimentalement, les conditions auxquelles fait appel cette théorie sont approximativement réalisées par un milieu $c_1$ artificiel ralentissant la propagation du son, à savoir une série de petits disques équidistants empilés sur une baguette, le milieu extérieur étant l'air. Les *Bell Telephones Laboratories* ont démontré qu'un tel système guidait la propagation acoustique, même en courbant la baguette.

On doit encore signaler que la propagation électromagnétique analogue est connue : par exemple un seul fil métallique, recouvert d'un enrobement diélectrique, propage bien une onde guidée de la sorte.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Hystérésis de mouillage et stabilité des gouttes ou des bulles d'air sur une surface solide.* Note (*) de M. **Henri-L. Rosano**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On montre par le calcul et par l'expérience que la force qui s'oppose au déplacement d'une goutte liquide sur une lame solide (ou d'une bulle d'air sur une lame immergée) est égale au produit du diamètre de la surface de contact par l'*hystérésis de mouillage* $\Delta\tau$. Les mouillants, qui diminuent l'angle de raccordement et l'hystérésis, réduisent beaucoup la taille maximum des bulles retenues par le solide.

Une propriété pratique importante des agents mouillants est d'empêcher la fixation des bulles d'air à la surface des solides immergés dans un liquide. Le présent travail a pour but de rattacher cette propriété à des données physiques connues.

Nous avons étudié la stabilité de gouttes liquides de différentes tailles déposées sur une plaque solide sèche, plus ou moins inclinée; et la stabilité de bulles d'air recueillies à la face inférieure d'une lame solide immergée dans un liquide, plus ou moins inclinée. Les deux problèmes sont équivalents.

Déplaçons une goutte liquide sur une surface solide plane imparfaitement mouillable. En passant d'une position à une position voisine (déplacement $dl$), la goutte, dont la forme est supposée constante pendant son déplacement, a recouvert une aire $dS$ et libéré une aire égale $dS$; si $\Phi$ est le diamètre de la surface de contact de la goutte, mesuré perpendiculairement à la direction du déplacement, on a $dS = \Phi\, dl$.

Or, l'étude de l'hystérésis de mouillage montre que dans le cas général le travail fourni au démouillage $\tau_1$ est pratiquement plus grand que le travail recueilli au mouillage $\tau_2$ (en valeur algébrique). Posons $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2$. Le déplacement $dl$ d'une goutte sur un plan solide demande que l'on fournisse un travail $d\mathcal{C} = \tau_1\, dS - \tau_2\, dS = \Delta\tau\, dS = \Delta\tau\Phi\, dl$. C'est-à-dire que la plus petite force qui permettra à la goutte de se déplacer sera égale à $d\mathcal{C}/dl = \Phi\, \Delta\tau$.

Dans le présent travail, on détermine l'hystérésis $\Delta\tau$ par l'étude de la stabilité des gouttes et des bulles et l'on compare les résultats obtenus aux valeurs de l'hystérésis mesurée directement par la technique tensiométrique de J. Guastalla (1).

A. *Gouttes liquides.* — On note l'angle $\alpha$ d'une plaque solide avec le plan horizontal, correspondant à la limite de stabilité de gouttes de différentes grosseurs, le poids $p$ de la goutte recueillie après chaque essai, et (par agrandissement optique sur un écran) le diamètre antéro-postérieur de la

(*) Séance du 29 janvier 1951.

(1) J. et L. Guastalla, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2054.

surface de contact de la goutte (que l'on supposera sensiblement égal au diamètre $\Phi$). La composante tangentielle à la lame du poids de la goutte est $p \sin \alpha$. On devrait avoir

$$\Delta\tau = \frac{p \sin \alpha}{\Phi}. \tag{I}$$

B. *Bulles d'air.* — On note de la même façon l'angle $\alpha$ et le diamètre de la surface de contact. La force ascensionnelle $p'$ est *calculée* à partir des dimensions de la bulle que l'on observe agrandie sur l'écran. On s'attend à avoir

$$\Delta\tau = \frac{p' \sin \alpha}{\Phi}. \tag{II}$$

Dans les deux cas, les résultats sont sensiblement conformes aux prévisions. Ils sont résumés dans le tableau suivant :

| Liquide. | Solide. | $\Delta\tau$ mesuré au tensiomètre (dynes/cm). | $\Delta\tau$ calculé [relat. (I)]. | $\Delta\tau$ calculé [relat. (II)]. |
|---|---|---|---|---|
| Eau pure | Paraffine ordinaire | 20-25 | 22 | 24,5 |
| Eau pure | Paraffine à faible hystérésis | 10,6 | 10,8 | |
| Solution mouillante [2] | Paraffine ordinaire | 5 | 5 | 5 |

D'autre part, pour un liquide et un solide donné, $p$ (ou $p'$) est sensiblement proportionnel au cube du diamètre $\Phi$ (pour des gouttes ou des bulles assez petites); en conséquence le volume de la plus grosse goutte stable (ou de la plus grosse bulle stable) diminue quand $\sin \alpha$ augmente : on vérifie expérimentalement que le produit $\Phi^2 \sin \alpha$ reste sensiblement constant.

Dans le cas des bulles d'air, l'agent mouillant a deux effets qui s'ajoutent : *a.* diminution de la surface de contact de la bulle (pour un même volume gazeux); *b.* diminution de l'hystérésis [3]. C'est pourquoi, pour un même angle de la plaque paraffinée, les plus grosses bulles qui restent fixées au solide sont beaucoup plus petites dans la solution mouillante que dans l'eau pure (sur la paraffine ordinaire, rapport 1 à 20, conforme au résultat du calcul). Avec les gouttes liquides, les deux effets se retranchent.

Les auteurs qui ont étudié des problèmes de ce genre en donnent souvent des interprétations différentes. Ni Frenkel, Aron et Pavlova [4], ni Bikerman [5]

(2) Solution micellaire d'alkylarylsulfonate industriel (Nekal).

(3) L. Guastalla, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 824.

(4) Aron et Pavlova, *J. Chim. Phys. U. R. S. S.*, 1948, p. 1251-1255; Aron et Frenkel, *J. Phys. Exp. et Th. U. R. S. S.*, **19**, 1949, p. 807-813.

(5) *J. Coll. Sc.*, 5, n° 4, 1950, p. 349-359.

ne paraissent tenir compte des énergies mises en jeu par la progression du bord *antérieur* de la goutte. Mac Dougall et Ockrent posent correctement le problème, toutefois leur interprétation de l'hystérésis n'est pas générale et en particulier ne peut pas s'appliquer au cas de la paraffine [6].

ÉLECTRICITÉ. — *Note sur la prédétermination des conditions de propagation d'une onde à haute fréquence le long d'une ligne triphasée symétrique attaquée entre un conducteur et la terre et dont les deux autres conducteurs sont chargés aux extrémités par des impédances égales.* Note de M. **André Chevallier**, présentée par M. Georges Darrieus.

Il a été montré [1] que la propagation le long d'une telle ligne est celle de la somme de deux ondes, l'une dite « homopolaire », l'autre dite « triphasée par phase » ou « directe ».

On peut ainsi considérer deux réseaux indépendants : un réseau homopolaire de constante de propagation $k_0$, d'impédance caractéristique $Z_0$, attaqué par une tension $V_0$, et un réseau direct de constante de propagation $k$, d'impédance caractéristique Z attaqué par une tension $V_d$.

Le courant à l'extrémité réceptrice de la ligne triphasée de longueur $l$, dans une résistance R chargeant la phase 1 attaquée et dont les phases 2 et 3 sont chargées par des impédances $Z_3$, est la somme de deux courants : $(i_1^l)_0$ dû à la propagation homopolaire, et $(i_1^l)_d$ dû à la propagation directe

$$i_1^l = (i_1^l)_0 + (i_1^l)_d,$$

où

$$(i_1^l)_0 = i_0^l(1+2\mu_0) \quad \text{et} \quad (i_1^l)_d = i_d^l(\mu_d+2),$$

$i_0^l$ est le courant mesuré à l'extrémité réceptrice d'un réseau bifilaire de constante de propagation $k_0$, d'impédance caractéristique $Z_0$, attaqué par la tension $V_0$ et chargé par une impédance

$$Z_a^0 = \frac{(R+2Z_3)\,\text{th}\,kl + 3R\dfrac{Z_3}{Z}}{3\,\text{th}\,kl + \dfrac{Z_3+2R}{Z}},$$

$\mu_0$ est

$$\mu_0 = \frac{Z_3 - R}{3Z\,\text{th}\,kl + 2R + Z_3},$$

$i_d^l$ est le courant, mesuré à l'extrémité réceptrice d'un réseau bifilaire de

---

([6]) Mac Dougall et Ockrent, *Proc. Roy. Soc.*, série A. **180**, 1942, p. 151-173. *Voir* aussi G. West, *Proc. Roy. Soc.*, série A, **86**, **20**, 1911 et Y. C. Yarnold, *Proc. Phys. Soc.*, **50**, 1938, p. 540.

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 89-90 et 150-158.

constante de propagation $k$, d'impédance caractéristique Z, attaqué par la tension $V_d$ et chargé par une impédance

$$Z_a^d = \frac{(Z_3 + 2R)\,\text{th}\,k_0 l + 3R\dfrac{Z_3}{Z_0}}{3\,\text{th}\,k_0 l + \dfrac{R + 2Z_3}{Z_0}} \quad \text{et} \quad \mu_d = 2\,\frac{Z_3 - R}{3Z_0\,\text{th}\,kl + R + 2Z_3}.$$

La phase 1 étant attaquée par une tension $U_1$ et les phases 2 et 3 chargées par une impédance $Z_2$, les tensions $V_0$ et $V_d$ sont

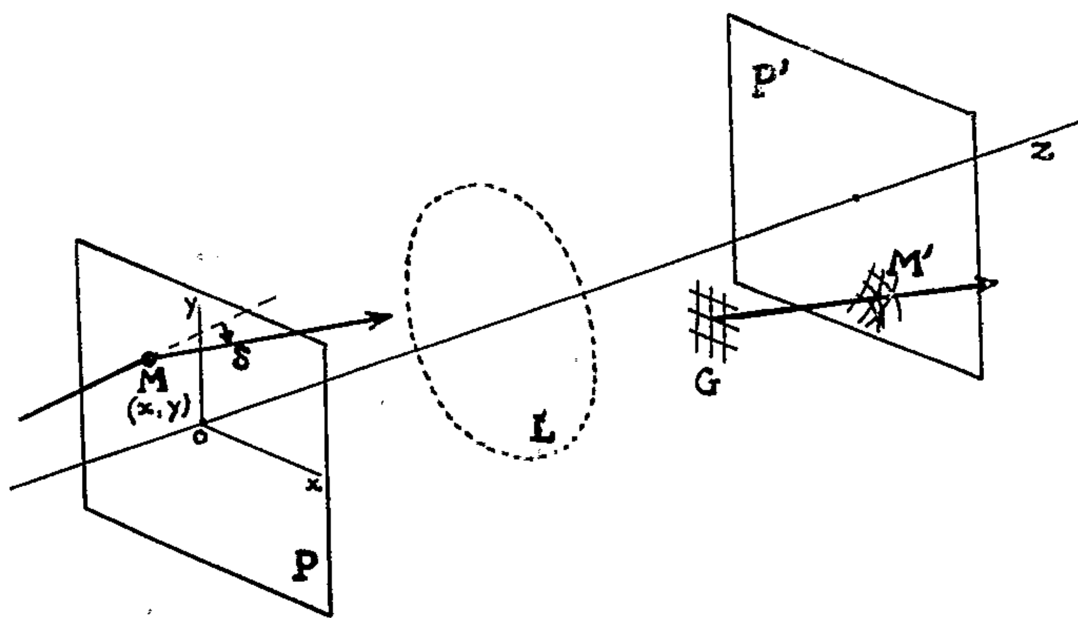
$$V_0 = \frac{\delta}{\delta + 2}U_1, \qquad V_d = \frac{1}{\delta + 2}U_1, \qquad \text{où} \qquad \delta = \frac{1 + \dfrac{Z_2}{Z_d}}{1 + \dfrac{Z_2}{Z_0^e}}.$$

$Z_0^e$ et $Z_d$ sont les impédances d'entrée des réseaux homopolaire et direct chargés respectivement par les impédances $Z_a^0$ et $Z_a^d$.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la détermination expérimentale des champs par la méthode électronique de Marton.* Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Marton a décrit une méthode d'ombre électronique permettant l'exploration des champs électriques ou magnétiques; il est possible d'en interpréter aisément les résultats à l'aide des propriétés de convergence des lentilles faibles en général.

Étant donné l'exploration d'un champ H par la méthode de Marton [1], nous assimilerons l'action du champ à celle d'une lentille faible et mince située dans le plan P (*figure*). Une trajectoire électronique traversant P au




point $M(x, y)$ subit une déviation $\delta(x, y)$; cette déviation, définie par deux composantes suivant $Ox$ et $Oy$, est représentable par un vecteur ou un nombre complexe du plan P, au même titre que l'affixe de M : $s = x + iy$.

[1] Marton et Lachenbruch, *Appl. Phys.*, 20, 1949, p. 1171 et 1258.

Rappelons que la fonction $\delta(x, y)$ peut alors se déterminer à partir de la forme de l'ombre électronique d'une grille G se projetant sur le plan P′ conjugué de P à travers une lentille ordinaire L.

Examinons la possibilité d'en déduire la connaissance du champ H qu'on définira par son potentiel $\varphi(x, y, z)$.

L'étude des lentilles faibles quelconques ([2]) fournit entre $\delta$ et $\varphi$ la relation

$$\delta = \alpha \operatorname{grad} \Phi \tag{1}$$

en posant

$$\Phi(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x, y, z)\, dz, \tag{2}$$

$$\alpha = \begin{cases} \dfrac{1}{2V} & \text{(réel) si H est électrique,} \\ i\sqrt{\dfrac{e}{2mc^2V}} & \text{(complexe) si H est magnétique,} \end{cases}$$

V est la tension accélératrice des électrons.

Si l'on note que la *fonction* $\Phi$ *est harmonique à deux dimensions*, il est facile de prévoir sa structure et par suite celle de $\delta$ dans les cas de champs les plus simples.

S'il s'agit *du champ d'un pôle situé en* O,

$$\delta = \frac{a}{\bar{s}} \qquad (\bar{s} = s \text{ conjugué});$$

la constante $a$ est réelle ou purement complexe selon qu'il s'agit d'un pôle électrique ou magnétique, c'est là l'expression d'une propriété facile à prévoir *a priori* : autour d'une zone chargée électriquement, les ombres des mailles de la grille paraissent déformées par attraction (ou répulsion) [*cf.* le cliché du cristal de titanate de baryum ([1])]; autour d'une zone de masses magnétiques il s'agit d'une déformation par rotation. De la mesure de ces effets l'on peut déduire la masse électrique ou magnétique totale.

Notons à ce sujet que dans le cas où le diagramme d'ombre n'englobe pas de pôles simples du champ H, *rien dans sa structure ne permet d'indiquer la nature de ce champ*. Des dipôles électriques et magnétiques sont par exemple indistinguables

$$\delta = \frac{b}{\bar{s}^2} \qquad (b \text{ complexe}).$$

Si nous envisageons maintenant un champ quelconque, il suffit de relever les *valeurs de* $\delta(x, y)$ *le long d'un contour* C′ du plan P′ pour avoir tous les éléments permettant la *détermination de la fonction harmonique* $\Phi$ *dans l'ouverture de la « lentille »* P. On sait que le choix d'un contour C′ rectangulaire ou cir-

([2]) Article à paraître au *Journal de Physique*.

culaire est particulièrement favorable à l'obtention de $\Phi(x, y)$ sous forme d'un développement en série.

Une fois la fonction $\Phi$ connue, la relation (2) ne permet d'en déduire $\varphi(x, y, z)$ sans ambiguïté que *dans des cas particuliers de symétrie.* Envisageons par exemple celui où $\varphi(x, y, z)$ présente la symétrie de révolution par rapport à $Ox$; nous noterons cette fonction $\varphi(x, r)$ en adoptant des coordonnées cylindriques de $Ox$.

Si l'on suppose $\varphi(x, r)$ et $\Phi(x, y)$ mis sous forme de développements en série du type classique, on peut voir que leur correspondance mutuelle s'effectuera terme à terme; pour fixer les idées, un terme $e^{Kx}J_0(Kr)$ ($J_0$ fonction de Bessel) fournit $(2/K)e^{Kx}\cos Ky$ et réciproquement, en vertu d'une formule mettant en jeu la fonction $J_0$ (3).

PHOTOPHORÈSE. — *Théorie de la photophorèse positive et négative.* Note de (*) M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

La photophorèse est un effet radiométrique. La répulsion (photophorèse positive), observée pour les particules fortement absorbantes, est liée au fait que la face frappée par la lumière est la plus chaude.

L'attraction (photophorèse négative) se produit avec les particules faiblement absorbantes. C'est le côté opposé à la lumière qui devient le plus chaud; par un mécanisme d'interférences il se produit une sorte de « balayage » vers ce côté d'une grande partie de l'amplitude diffusée par les divers points de la particule.

Les faits observés sont les suivants. Des particules, de l'ordre du micron, en suspension dans l'air, sphériques ou non, éclairées par un faisceau lumineux intense se déplacent dans la direction du faisceau, dans un sens ou dans l'autre; les grosses sont repoussées et les petites attirées. Leur mouvement peut être ralenti ou inversé lorsqu'on modifie le rayonnement qui les éclaire. Enfin la photophorèse disparaît dans le vide; elle est la conséquence des chocs moléculaires sur les particules.

La répulsion est facile à expliquer par l'effet radiométrique normal. La face frappée par le rayonnement est la plus chaude; les molécules du gaz ambiant rebondissent sur cette face avec une vitesse accrue, et provoquent le déplacement de la particule.

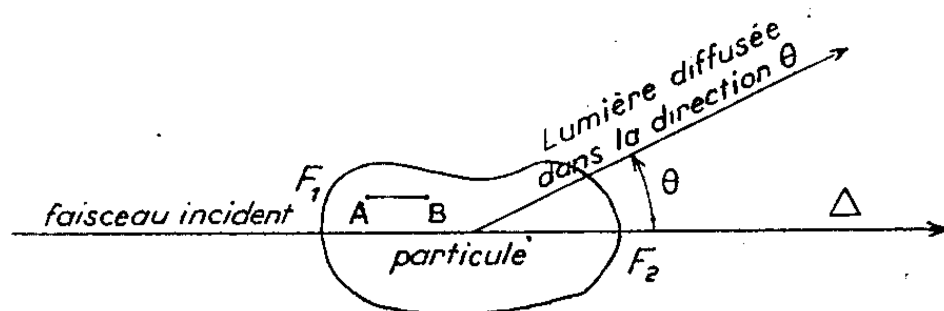
L'effet d'attraction est à première vue plus mystérieux. On a invoqué à son sujet une concentration de la lumière par un effet de lentille sur la face non éclairée par le faisceau direct; cette face serait alors plus chaude que la face d'entrée. Mais cette hypothèse est insoutenable comme explication générale : car la photophorèse existe avec des particules de forme quelconque, et même

(3) Magnus et Oberhettinger, *Formeln und Sätze* ..., p. 33.

(*) Séance du 29 janvier 1951.

avec des corps dont l'indice de réfraction est inférieur à l'unité (cuivre, argent, or).

Éclairons par un faisceau de lumière blanche ordinaire, les aérosols formés de fines particules qui sont, soit photonégatives (fumée de tabac, etc.), soit insensibles à la photophorèse (huile de vaseline, etc.); nous observons une lumière diffusée notable dans des directions faisant avec celle du faisceau un angle $\theta$ très petit (*figure*), alors que, dans les directions voisines de $\theta = \pi$, la lumière diffusée est beaucoup plus faible. Au contraire, les aérosols formés de grosses particules et en particulier ceux où toutes sont repoussées (grosses poussières de matières colorantes, etc.), diffusent pour $\theta = \pi$ une lumière au moins aussi intense que pour $\theta = 0$. L'explication de la photophorèse s'en déduit.




Partageons une particule transparente en tranches d'égale épaisseur, perpendiculaires à la direction $\Delta$ du faisceau parallèle qui l'éclaire. Ce dernier, en traversant la particule, est affaibli par diffusion moléculaire suivant la loi $I = I_0 e^{-Kl}$, ou puisque K est faible, $I = I_0(1 - Kl)$. L'énergie diffusée est proportionnelle à l'épaisseur; deux tranches de même volume perdent par diffusion la même énergie. Nous allons montrer que cette énergie diffusée se trouve, avant sa sortie de la particule, redistribuée au profit des tranches voisines de $F_2$.

Admettons que la diffusion moléculaire se fasse toujours avec le même changement de phase par rapport à l'onde incidente, et prenons d'abord égal à 1 l'indice de réfraction de la particule. Les vibrations diffusées dans le sens du faisceau par toutes les molécules de la particule arrivent en phase sur les mêmes plans d'ondes que le faisceau direct. Au contraire, les vibrations diffusées en sens inverse par des molécules telles que A et B présentent la différence de phase 2 AB ; si $AB = \lambda/4$, ces vibrations se détruisent [1].

L'énergie incidente pénétrant en $F_1$, dans la première tranche, y déclenche la diffusion moléculaire. L'amplitude diffusée par cette tranche se propage vers la deuxième tranche, s'ajoute aux amplitudes diffusées dans cette tranche par le faisceau direct, et ainsi de suite jusqu'à la face de sortie $F_2$. La lumière

(1) *Voir* par exemple Rocard, *Étude sur la Visibilité* (Éditions de la *Revue d'Optique*, p. 8).

diffusée en sens inverse vers $F_1$ est fortement atténuée par le jeu des interférences. Elle ne peut avoir qu'un effet insignifiant. Ainsi, la lumière que les diverses tranches diffusent proportionnellement à leur volume, se trouve en majeure partie balayée vers la face $F_2$; c'est principalement par cette face que l'énergie diffusée quitte la particule. Si l'indice est différent de 1, les conclusions ci-dessus subsistent qualitativement, à condition de découper la particule en tranches, non par des plans, mais par des portions de surface d'onde.

Supposons maintenant que la particule, déjà diffusante, soit légèrement absorbante. La face $F_2$, où se trouve le maximum d'énergie, s'échauffera davantage que la face $F_1$ et nous aurons l'explication de la photophorèse négative. Si la particule est fortement absorbante, le raisonnement précédent n'est plus valable; l'énergie incidente est absorbée près de $F_1$; elle n'atteint pratiquement plus la face $F_2$ qui est la moins chaude (photophorèse positive) et en même temps celle par laquelle sort le moins de lumière diffusée.

On comprend enfin que la photophorèse est modifiée de la même façon lorsqu'on augmente, soit les dimensions des particules, soit le coefficient d'absorption de la matière qui les constitue. Dans les deux cas, l'expérience montre que l'on passe de la photophorèse négative à la positive.

La théorie exposée prévoit l'attraction, par la lumière, de plaques homogènes minces d'épaisseur convenable, fonction de leur absorption, phénomène signalé récemment par Ouang Te-Tchao ([2]). Pour les particules, la théorie doit être complétée par leur orientation, ayant toujours tendance à se produire malgré le mouvement brownien, du fait de leur déplacement dans l'air qui est un milieu visqueux.

La magnétophotophorèse et l'électrophotophorèse rentrent dans le cadre précédent, en supposant que les particules, échauffées comme on vient de le dire, sont orientées par le champ et subissent des chocs plus intenses sur des régions particulièrement absorbantes ([3]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Techniques de détection des particules négatives à impulsion élevée accompagnant le spectre* β. Note (*) de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Louis de Broglie.

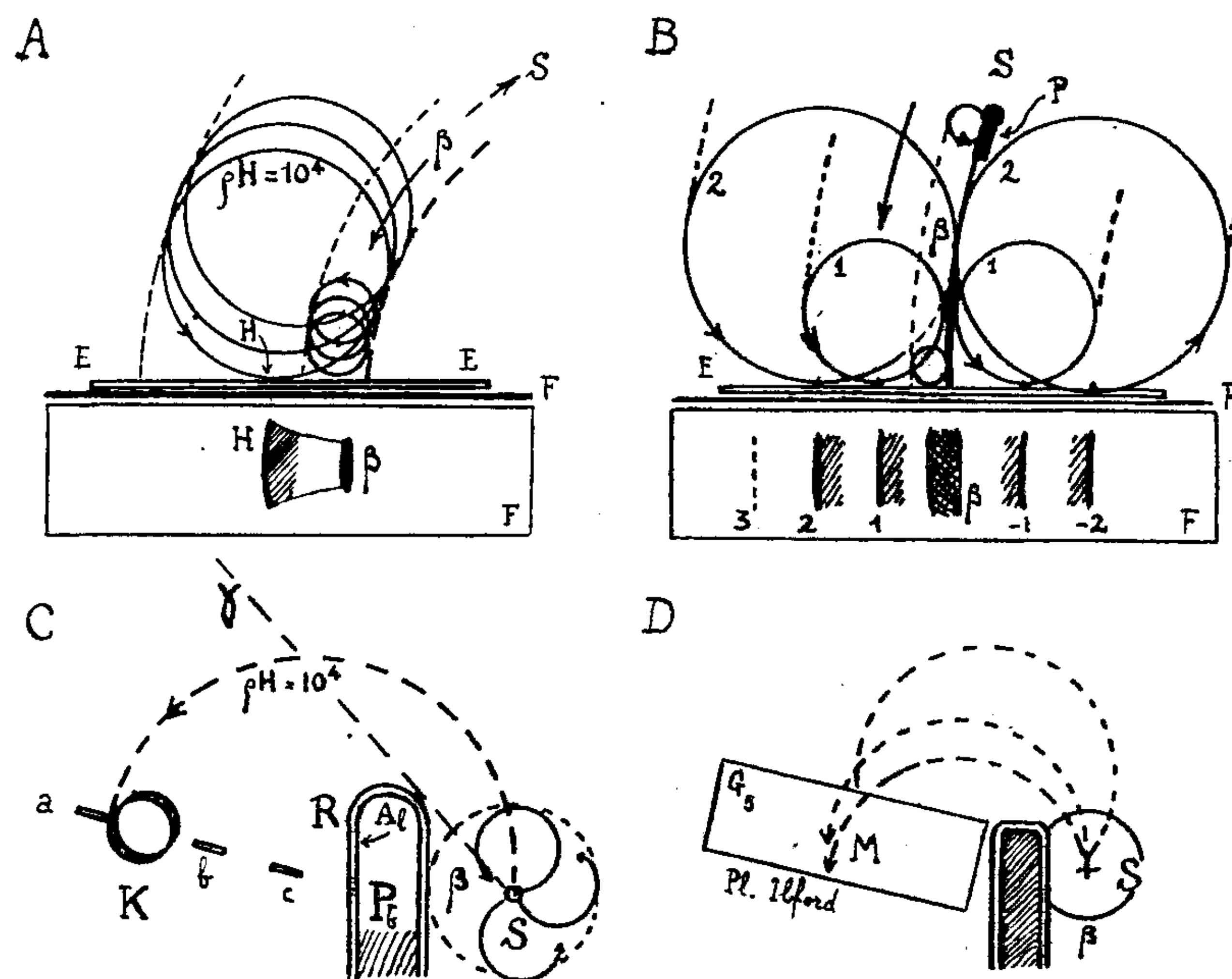
Je complète ici mes Notes antérieures ([1]) par une description plus précise de quelques-unes de mes expériences des cinq dernières années :

1. *Mise en évidence des particules négatives de moment élevé dans le spectro-*

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1518.
([3]) P. Tauzin et J. Creusot, *Comptes rendus*, 231, 1951, p. 614.

(*) Séance du 29 janvier 1951.
([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1469; 232, 1951, p. 398.

*graphe à trochoïdes.* — *a.* Dans un champ magnétique assez intense la source S à émission β est placée dans une région de gradient relatif très faible ($10^{-3}$) : les trajectoires β, précessionnant avec difficulté [*fig.* A, *voir* aussi (²)], arrivent très affaiblies sur le film F (trace β); au contraire les trajectoires de moments Hρ supérieurs à ceux des spectres bêta, étant susceptibles d'atteindre des zones de gradient plus intense, précessionneront facilement vers F; il y a là un procédé efficace de séparation des charges négatives d'impulsions différentes. Avec des poses de longue durée on voit apparaître sur F, du côté des grandes vitesses, un ou plusieurs satellites H, correspondant à des particules de Hρ compris entre $10^4$ et $2,5.10^4$ suivant le radio-élément β en expérience.




*b.* La source S est maintenant placée dans un gradient plus intense, une plaquette d'aluminium P est disposée au contact de S (*fig.* B) : P est destinée à réduire le nombre des β qui pourront précessionner sans diminuer le nombre des trochoïdes de pas δ (²) plus grand. De plus S est ici très proche de F (quelques centimètres), de sorte que si les particules de moment élevé ont une vie courte et se désintègrent en électrons, on doit observer un effet renforcé par rapport au dispositif *a*. C'est ce que l'on constate en fait : la trace β est accompagnée de deux à trois satellites présentant l'aspect de bords de bande limités et ceci aussi bien du côté positif que négatif de la trace β.

---

(²) THIBAUD, CARTAN et COMPARAT, *Techniques actuelles en Physique nucléaire*, Paris, 1938, p. 36; *Nuovo Cimento*, 15, n° 5, 1938, p. 313.

Ainsi il semble bien que les moments cinétiques de ces particules à vie brève ne sont pas répartis d'une façon continue à l'intérieur d'une bande étendue, ils seraient représentés par une suite de valeurs discrètes, croissant semble-t-il en progression arithmétique. Des expériences ultérieures plus précises nous permettront de dire si ces moments élevés peuvent être exprimés par une formule du type $n \times (H\rho)_0$.

2. *Action sur la matière et caractère négatogène des particules d'impulsion élevée.* — Lorsque dans le spectrographe à vide, des pièces métalliques se trouvent sur le passage des trochoïdes de $H\rho = 10^4$, on voit apparaître de faibles enroulements secondaires : un des montages utilisés est reproduit sur la figure C. Une préparation S de RaE, particulièrement convenable en raison de la faiblesse du rayonnement pénétrant qu'elle émet, est abritée derrière un écran R opaque au bremsstrahlung; une série d'ailettes orientables *a*, *b*, *c* (par exemple de l'aluminium de 14 mg/cm²) se trouve dans l'ombre de R. Le tout est placé dans le vide dans un champ magnétique de 5 000 Oe et un film est disposé normalement aux lignes de force, donc dans le plan de figure; enfin les enroulements du spectre β sont arrêtés par R. Pour des enregistrements de longue durée on observe, partant de la pointe de *certaines* ailettes (*a* sur *fig.* C) une ombre circulaire K de rayon déterminé. Il est impossible que ces enroulements électroniques soient engendrés par un reste de la radiation pénétrante, il est fort improbable qu'ils soient dus à des électrons diffusés précessionnant vers la gauche, car on les observe en dehors des zones où ceux-ci pourraient frapper. Enfin le rayon de ces enroulements, comme la direction de leur vitesse initiale au bord de l'ailette, sont déterminés, condition qui ne s'observerait pas pour des électrons de diffusion.

3. Une plaque nucléaire G5 disposée sous incidence rasante (*fig.* D) montre les traces caractéristiques à grains espacés que j'ai déjà signalées ([1]), dans une zone déterminée M de la plaque, cette zone se déplaçant avec l'intensité du champ magnétique de façon à donner un $H\rho$ supérieur à $10^4$. Cette localisation des traces corroborerait le caractère monocinétique des particules de moment élevé.

4. Je rappelle enfin que j'avais déjà avancé il y a 25 ans l'idée que les particules négatives d'*impulsion élevée* pourraient être les particules nucléaires responsables de la désintégration β ([3]). Cette hypothèse est notablement différente de celle émise par C. Charpark et F. Suzor ([4]), dans leur travail sur la diffusion en arrière du rayonnement β, d'où il ressortirait que le rayonnement β lui-même serait constitué de particules distinctes des électrons.

---

([3]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1925 et *Annales de Physique*, 10ᵉ série, 5, 1926, p. 151.

([4]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1471.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la non-existence d'une isomérie du brome* 82. Note de M. **André Berthelot**, M^me **Lily Papineau** et M^lle **Christiane Herczeg**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La présence d'une quantité importante d'électrons de faible énergie dans le spectre β du brome 82 (T = 35 heures) nous a amenés à nous demander s'il ne pourrait pas s'agir d'électrons de conversion liés à une transition isomérique d'un type analogue à celle qui est bien connue dans le cas du brome 80. Le schéma serait alors le suivant :

Si la période de radioactivité $\bar{\beta}$ était petite devant 35 heures, on aurait rapidement un équilibre de régime donnant à la période 35 heures l'apparence d'une période de radioactivité $\bar{\beta}$.

Pour contrôler cette hypothèse nous avons opéré par la méthode Szilard-Chalmers de séparation des isomères. Du bromoforme est irradié pendant deux jours à la pile de Chatillon et le brome actif formé au cours de cette irradiation, qui s'est séparé par effet Szilard-Chalmers, est extrait par simple lavage à l'eau.

A partir de cette eau de lavage on procède à la synthèse de bromure d'éthyle, tous les noyaux actifs se trouvant incorporés à des molécules. Ceux de ces noyaux qui subiront des transitions isomériques se détacheront par recul des molécules et par un nouveau lavage à l'eau on pourra les recueillir. S'ils sont radioactifs, l'eau de lavage manifestera une activité de périodes égales à celles des noyaux produits par les transitions isomériques.

Pratiquement la synthèse du bromure d'éthyle a été réalisée aussitôt terminée l'irradiation du bromoforme. Le produit obtenu, convenablement dilué dans du bromure d'éthyle inactif, a été divisé en un certain nombre d'échantillons identiques. Dans une durée de 4 jours, 14 de ces échantillons ont été soumis à un lavage à l'eau dans des conditions standardisées. La mesure de l'activité, entraînée par les eaux de lavage, mesurée après neutralisation par la soude et évaporation, a montré que :

1° On n'observe pas d'autre période que celle, bien connue, de 18 minutes relative à l'état fondamental du brome 80, exception faite pour une très faible proportion des périodes 4,5 heures et 35 heures dues à un entraînement de bromure d'éthyle.

2° L'activité initiale de cette période décroît avec une période apparente de $5 \pm 1$ heure. Il s'agit évidemment de la période de 4,5 heures de l'état isomère du brome 80, l'imprécision étant due aux difficultés de standardisation des opérations d'extraction. Il est important qu'il n'y ait pas trace de

période 35 heures, ce qui aurait été le cas si l'état fondamental du brome 82 avait une période voisine de 18 minutes.

L'examen de la sensibilité de la méthode conduit à conclure qu'au maximum 1,5 % de l'activité de période 35 heures peut avoir lieu par l'intermédiaire d'une transition isomérique suivie d'une période β de 18 minutes ou supérieure. La possibilité d'une transition isomérique suivie d'une période β, de période nettement plus courte, n'est pas exclue par cette expérience.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Énergie des particules α du* $Pu^{239}$. Note de M^lle **Monique Conjeaud** et M. **Victor Naggiar**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Jesse, Forstat et Sadauskis (¹) ont montré que pour des particules α dont l'énergie initiale est comprise ente 5 et 9 MeV, l'ionisation dans l'argon est proportionnelle à l'énergie à 0,5 % près.

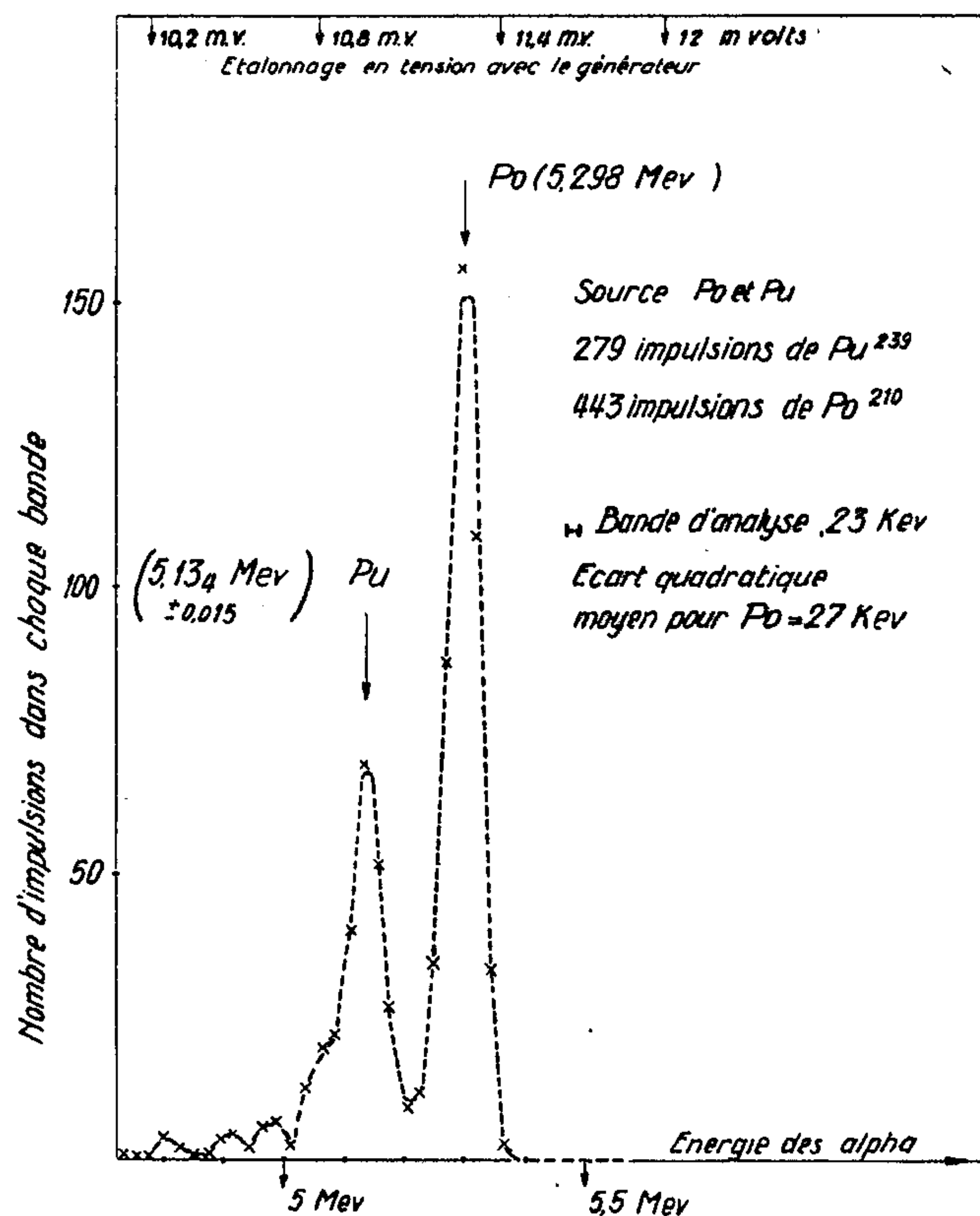
Nous utilisons une chambre d'ionisation à plateaux parallèles fonctionnant en collection ionique. L'impulsion de tension, résultant de la collection de toutes les charges électriques, est amplifiée et enregistrée sur film par photographie de l'écran d'un oscillographe cathodique. Une loupe électronique permet d'utiliser toute la surface de l'écran pour toute portion du spectre d'énergie. L'appareillage électronique a été construit par le Service des Constructions électriques du Commissariat à l'Énergie atomique. La source est constituée par évaporation sur une feuille d'or d'une solution de nitrate de plutonium dans l'éther, préparée par le Service de Chimie appliquée et d'une solution de chlorure de polonium dans l'alcool qui nous a été fournie par l'Institut du Radium.

En collection ionique la durée des impulsions est déterminée par la vitesse des ions négatifs et des ions positifs. La chambre est remplie d'un mélange de 99,5 parties d'argon pour 0,5 d'anhydride carbonique. Les électrons restent libres et la durée de l'impulsion, variable avec la direction de la particule, est égale au temps mis par l'ion positif formé en fin de trajectoire pour atteindre l'électrode haute tension. Pour un champ de 2250 V/cm, une pression de $2^{atm},5$ et une distance entre électrodes de $2^{cm}$, nous avons enregistré, sur un oscillographe à balayage déclenché, un temps de collection *maximum* de l'ordre de la milliseconde. Les constantes d'intégration et de différenciation de l'amplificateur sont fixées à $3.10^{-3}$ sec, c'est-à-dire à trois fois le temps de collection *maximum*. G. Valladas (²) a montré que ces conditions étaient favorables pour obtenir un bon rapport signal/bruit et une réponse indépendante de la forme de l'impulsion.

(¹) P. Jesse et H. Forstat, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 6.

(²) *J. Phys.*, (sous presse).

L'étalonnage en charges électriques est obtenu par enregistrement, avant et après chaque expérience, des impulsions provenant d'un générateur et appliquées entre l'électrode haute-tension et la masse de la chambre. Il permet de contrôler la linéarité et la dérive possible de l'appareillage.




La figure représente la distribution d'amplitude de 720 impulsions provenant de la source de Po + Pu, correspondant à un enregistrement de 30 minutes. L'écart quadratique moyen pour la raie du Po est de 27 keV. Il est de 12 keV pour le générateur.

En adoptant pour l'énergie des alpha du Po 5,298 MeV, nous avons trouvé pour le Pu, 5,134 ± 0,015 MeV.

Les valeurs publiées, à notre connaissance, sont : Cranshaw et Harvey ([3]) 5,159 ± 0,005 (chambre à grille); P. Jesse et H. Forstat ([4]) 5,140 ± 0,005 (chambre d'ionisation); S. Rosenblum, M. Valadarès, B. Goldschmidt ([5]) 5,147 (spectrographe magnétique).

---

([3]) *Can. J. Res.*, 26 A, 1948, p. 243.

([4]) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 926.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 638.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le spectre bêta de conversion interne émis dans la transmutation ionium → radium.* Note de MM. **Salomon Rosenblum** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On sait que la transmutation ionium → radium est accompagnée par l'émission de rayons gamma de très faible intensité. Ce rayonnement $\gamma$ a été étudié, par la méthode d'absorption, par différents auteurs [1]; on a détecté un rayonnement dont l'énergie est comprise entre 67,2 et 69,2 keV (discontinuités d'absorption K des éléments Ta et W) et plusieurs rayonnements d'énergie comprise entre 140 et 240 keV ont également été proposés. Le rayonnement $\beta$, dû à la conversion interne, a été étudié par Teillac [2], en employant un appareil Wilson, et d'autre part, par la méthode d'imprégnation des plaques photographiques, on a mis en évidence l'existence des électrons de conversion associés à des trajectoires $\alpha$ [3].

L'étude de la structure fine du spectre magnétique du rayonnement $\alpha$ émis par l'ionium [4] a établi l'existence de deux raies séparées par un intervalle d'environ 70 keV et, possiblement, d'autres raies plus faibles.

Nous venons d'étudier, par la méthode de focalisation magnétique à 180°, le spectre $\beta$ de raies émis à la suite de la conversion interne du rayonnement $\gamma$. Nous avons utilisé deux sources qui avaient été mises à notre disposition par M^me^ Irène Joliot-Curie pour l'étude du spectre $\alpha$ et une autre source qui a été préparée par une méthode électrolytique déjà décrite [5], par M. Haissinsky; cette dernière avait une intensité de 0,4 U. E. S. Nous avons employé un aimant permanent dont le champ avait la valeur, dans les deux séries d'expérience que nous avons réalisées, respectivement de 109 et 194 Oe; le champ a été étalonné à l'aide du spectre $\beta$ du ThB + C. La source était distante de $17^{mm}$ de la fente du spectrographe, dont la largeur a varié de $2^{mm}$ jusqu'à $40^{mm}$. L'enregistrement était fait sur film Kodirex; des essais faits sur plaques à électrons ont montré que celles-ci sont moins sensibles, pour l'observation à l'œil nu, que le film.

Des poses de quelques jours permettent d'observer un spectre constitué par quatre raies (*fig.* 1). Nous avons prolongé les poses jusqu'à 40 jours; pour

---

(1) Chadwick et Russell, *Proc. Roy. Soc.*, A. **88**, 1913, p. 217; Ward, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **35**, 1939, p. 322; M^me^ I. Curie, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1225, et *J. Phys. Rad.*, **10**, 1949, p. 381; Riou, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 678 et *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 185.

(2) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1227.

(3) M^lle^ Albouy, M^me^ Faraggi, Riou et Teillac, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 435; M^lle^ Jarvis, *Proc. Harwell Nuclear Physics Conference*, sept. 1950, p. 96.

(4) Rosenblum, Valadares et M^lle^ Vial, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1088.

(5) M^me^ Cotelle et Haissinsky, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1644.

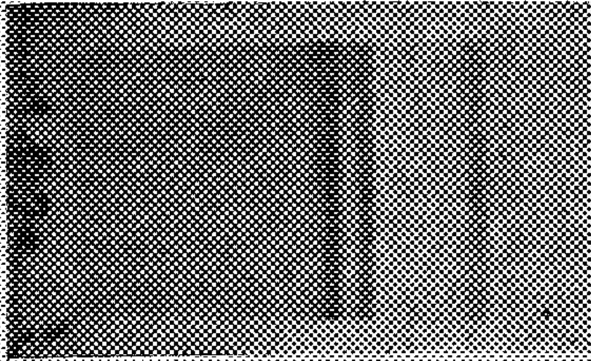
cette pose plus longue, on croit apercevoir une raie très faible dont le produit $H\rho$ serait de 1257 Oe.cm (correspondant à un rayonnement $\gamma$ de 228 keV).

| Raies. | $H\rho$ (Oe.cm). | Énergie (keV). | Intensité (visuelle). |
|---|---|---|---|
| A .......... | 761 | 48,6 | 100 |
| B .......... | 787 | 51,8 | 95 |
| C .......... | 872 | 63,0 | 50 |
| D .......... | 898 | 66,6 | 25 |

Les raies A, C, D doivent correspondre à la conversion interne du rayonnement dont l'énergie est comprise entre 67,2 et 69,2 keV; ainsi :

| Raies. | Énergie $\gamma$. |
|---|---|
| A .................. | $48,6 + 19,2\,(L_I) = 67,8$ keV |
| C .................. | $63,0 + 4,8\,(M_I) = 67,8$ » |
| D .................. | $66,6 + 1,2\,(N_I) = 67,8$ » |

Le classement de la raie B s'avère plus difficile. En effet, cette raie ne doit pas provenir de la couche $M_I$ parce qu'alors on devrait trouver une raie plus forte à 37,4 ke V (couche $L_I$) et dans cette région nous n'avons rien trouvé.



Cette raie ne doit pas être non plus une raie K parce qu'alors il devrait y avoir une raie $L_I$, dont l'intensité ne devrait pas être inférieure à 10 % de B, dans la région de 135 ke V, et dans cette région nous n'avons observé aucune raie (intensité minimum observable : 2 %). On peut admettre alors deux hypothèses : la raie B est une raie $L_I$ d'un rayonnement $\gamma$ de 71 ke V ou une raie $L_{III}$ du rayonnement de 67,8 ke V. Dans la première hypothèse, la raie D serait simultanément une raie $N_I$ du rayonnement de 67,8 ke V et une raie $M_I$ du rayonnement de 71 ke V. Dans la deuxième hypothèse, il faudrait admettre que dans la conversion interne de certains rayonnements $\gamma$, la probabilité de conversion interne est du même ordre de grandeur pour les niveaux $L_I$ et $L_{III}$, ce qui a été admis dans le classement des raies des spectres $\beta$ de Ms Th 2 et Pa (⁶). La première de ces hypothèses doit être contrôlable par des mesures d'absorption sélective. Remarquons, d'ailleurs, que l'application de la théorie

(⁶) BLACK, *Proc. Roy. Soc.*, A, 106, 1924, p. 632; MEITNER, *Z. Phys.*, 50, 1928, p. 15.

de Gamow au spectre $\alpha$ de l'ionium porte plutôt à croire à l'existence d'un niveau double à 70 keV du niveau fondamental. En effet, pour $j = 1$, la raie $\alpha_1$ devrait avoir une intensité 23 (par rapport à $\alpha_0 = 100$) et pour $j = 2$ l'intensité serait 15; or, nous avons observé une intensité qui n'est pas inférieure à 33.

RAYONS COSMIQUES. — *Utilisation d'une liaison radioélectrique pour observer des coincidences entre compteurs éloignés.* Note (*) de MM. **Étienne Picard**, **Anatole Rogozinski** et **Maurice Surdin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. L'étude des gerbes d'Auger d'envergure croissante se heurte à des difficultés de plus en plus grandes, dues à la diminution progressive de la fréquence de ces gerbes et au mode de transmission, vers le circuit de coïncidence, des impulsions de brève durée provenant des compteurs éloignés.

La première difficulté peut être sensiblement atténuée grâce à la méthode des circuits maîtres et, en particulier, à celle du groupe-maître ([1]), qui permet d'accroître considérablement le nombre d'informations susceptibles d'être obtenues dans un temps déterminé. Pour remédier à la seconde difficulté, nous avons mis au point une méthode permettant d'effectuer des coïncidences à l'aide d'une liaison radioélectrique. Une telle méthode présente de grands avantages, dès que la distance entre les compteurs dépasse quelques centaines de mètres; elle deviendrait indispensable ([2]), si l'on devait étendre les mesures concernant les gerbes de grande envergure à des altitudes élevées nécessitant l'emploi d'au moins deux avions ([3]).

2. Pour réaliser une telle liaison deux types d'émetteurs-récepteurs ont été mis au point :

Le premier, construit avec du matériel qui se trouvait disponible, fonctionne sur une fréquence de 5 Mc/sec et son émetteur rayonne une puissance d'environ 20 W. Il est destiné principalement à des études où le récepteur ne se trouve pas en vision directe avec l'émetteur. Le plus grand inconvénient inhérent à cette fréquence est que, en raison de règlements administratifs, la bande passante du dispositif ne peut être rendue suffisamment large pour permettre d'obtenir un temps de résolution du circuit de coïncidence inférieur à $5^{\mu s}$ environ.

Le second fonctionne sur une fréquence de 10000 Mc/sec et se compose essentiellement d'un klystron 723 AB, alimentant un guide d'ondes qui se termine par un cornet. La puissance rayonnée est de l'ordre de 30 mW.

---

(*) Séance du 15 janvier 1951.

([1]) A. Rogozinski, *Ann. Phys.*, 20, 1945, p. 391.

([2]) Dans certains cas exceptionnels, on pourrait également faire appel à des méthodes optiques.

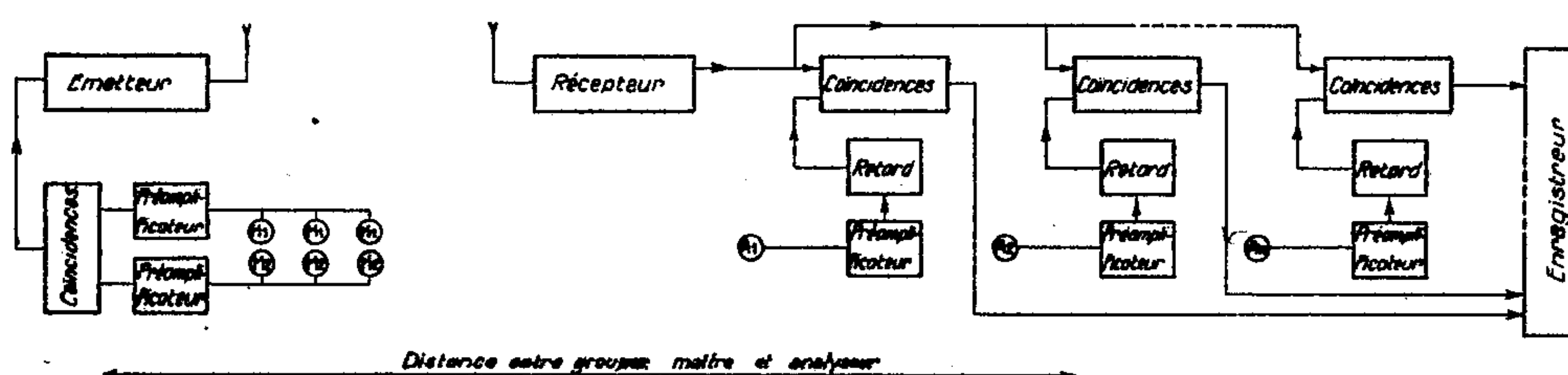
([3]) A. Rogozinski, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 328.

Le récepteur est constitué par des éléments analogues, associés à un cristal détecteur.

Ce dispositif permet de réaliser une bande passante de plusieurs Mc/sec et d'obtenir par conséquent, un temps de résolution inférieur à la microseconde. On parvient ainsi à réduire sensiblement le taux des coïncidences fortuites.

On a pu vérifier que la portée utisable de cet émetteur dépassait plusieurs kilomètres.

3. Ces deux types d'émetteurs-récepteurs ont été combinés avec des dispositifs de coïncidence à circuit maître.




L'ensemble fonctionnant sur 5 Mc/sec a été utilisé, dans une première application de la méthode, pour étudier les coïncidences, dues à de grandes gerbes atmosphériques, entre un groupe de compteurs maîtres $M_1$, $M_2$, en coïncidence double (M), et un groupe de compteurs analyseurs $A_1$, $A_2$, ..., $A_8$, placés à une distance de $50^m$ du premier groupe. La figure donne une idée générale du fonctionnement de l'ensemble, qui sera décrit en détail ultérieurement. Notons que chaque compteur analyseur est pourvu, en dehors de son propre circuit de coïncidence avec le signal maître, d'un circuit à retard variable entre 1 et $10^{\mu s}$ lui permettant, soit de compenser le retard que subit le signal maître au cours de sa propagation entre l'émetteur et le récepteur, soit d'introduire un retard déterminé par rapport à ce signal, en vue d'étudier des coïncidences retardées.

4. Au cours de ces essais préliminaires, chaque groupe de compteurs était placé sous une tente en plein air. L'enregistrement simultané des coïncidences entre (M) et chacun des compteurs A a permis de dénombrer à la fois plusieurs dizaines de types de coïncidences et d'anticoïncidences, allant des coïncidences triples $M_1 M_2 A_i (i = 1, 2, \ldots, 8)$ aux coïncidences décuples entre tous les compteurs M et A.

Le dépouillement des enregistrements a montré que les fréquences des coïncidences observées sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par la méthode usuelle (liaison par fil) [4] dans des conditions expérimentales comparables.

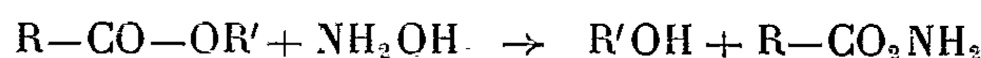
---

[4] P. Auger, R. Maze, P. Ehrenfest et A. Fréon, *J. Phys.*, VII, **10**, 1939, p. 39; D. V. Skobeltzyn, G. T. Zatsepin et V. V. Miller, *Phys. Rev.*, **71**, 1947, p. 315; G. Cocconi, A. Loverdi et Tongiorgi, *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 846.

*Conclusion.* — Les premiers résultats acquis dans l'emploi d'une liaison radioélectrique pour obtenir les coïncidences entre compteurs éloignés montrent que la méthode décrite a donné toute satisfaction. Elle permet d'obtenir sans difficulté des temps de résolution inférieurs à la microseconde et des portées de plusieurs kilomètres. La méthode est susceptible d'être développée et généralisée, grâce, notamment, à l'utilisation simultanée de plusieurs émetteurs fonctionnant sur des fréquences différentes. Par ailleurs, rien ne s'oppose à son emploi dans des dispositifs plus variés, comprenant, outre les compteurs, des chambres d'ionisation, des chambres de Wilson, etc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des acides hydroxamiques.*
Note de M. **Ferdinand Mathis**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'action de l'hydroxylamine sur les esters des acides carboxyliques conduit à des acides hydroxamiques, selon le schéma



$$R-CO-OR' + NH_2OH \rightarrow R'OH + R-CO_2NH_2$$

L'étude chimique du groupement fonctionnel $CO_2NH_2$ ne permet guère de choisir entre les deux formules de structure :

$$R-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow \underset{(2)}{NH}-\underset{(1)}{OH}\end{matrix} \quad (I) \qquad\qquad R-C\begin{matrix}\nearrow OH^{(2)} \\ \searrow N-OH^{(1)}\end{matrix} \quad (II)$$

La substitution à l'atome d'hydrogène (1) d'un radical acyle conduit à des acides d'un autre type auxquels on peut attribuer l'une ou l'autre des formules :

$$\underset{(I\ bis)}{R-CO-NH-O-CO-R'} \qquad\qquad \underset{(II\ bis)}{R-C(OH)=N-O-CO-R'}$$

Pour lever l'incertitude entre les formules (I), (I *bis*), d'une part, et (II), (II *bis*), d'autre part, nous avons étudié les spectres d'absorption infrarouge de quelques-uns de ces composés et, comme termes de comparaison, ceux de quelques oximes. Les spectres moléculaires des oximes ont d'ailleurs fait l'objet de nombreux travaux, en particulier dans le domaine de l'effet Raman (Bonino et Manzoni-Ansidei, Kahovec et Kohlrausch, Milone, Dinah Biquard, Bernstein et Martin, etc.).

Les spectres ont été obtenus avec les solides purs au moyen d'un spectrographe enregistreur Beckmann. Voici, exprimées en $\mu$, les longueurs d'onde correspondant aux principaux maxima d'absorption observés :

*Propanonoxime*, $CH_3-C(=NOH)-CH_3$ : 12,2; 10,9; 10,5; 9,2; 7,8; 6,8; 6,3; 5,95; 4,5; 3,38; 2,95.

*Heptanaloxime*, $CH_3-(CH_2)_5-CH=NOH$ : 13,9; 12,2; 11,75; 11,05; 10,75; 9,5; 9,0; 7,6; 7,5; 6,9; 5,99; 4,6; 3,35; 3,1; 2,95.

*Benzaldoxime*, $C_6H_5-CH=NOH$ : 14,3; 13,0; 11,7; 11,45; 10,2; 9,25; 8,97; 8,55; 8,25; 7,75; 6,9; 6,6; 6,11; 5,7; 5,5; 5,3; 5,25; 5,1; 3,38; 3,0.

*Anisaldoxime*, $CH_3-O-C_6H_4-CH=NOH$ : 12,0; 11,3; 10,7; 10,4; 9,55; 8,85; 8,35; 7,85; 7,55; 6,7; 6,2; 3,38; 3,0.

*Acide propionhydroxamique*, $CH_3-CH_2-CO_2NH_2$ : 14,4; 12,85; 12,5; 10,75; 10,1; 9,50; 9,35; 9,02; 7,98; 7,55; 6,9; 6.6; 6,15; 6,0; 3,45; 3,3; 3,25; 3,07.

*Acide l-arabonhydroxamique*, $CH_2OH-(CHOH)_3-CO_2NH_2$ : 14,4; 12,6; 11,3; 10,7; 10,2; 9,6; 9,45; 9,2; 8,95; 8,75; 8,2; 7,8; 7,65; 7,2; 6,8; 6,0; 3,45; 3,38; 3,03.

*Acide benzhydroxamique*, $C_6H_5-CO_2NH_2$ : 14,4; 14,1; 12,6; 11,1; 9,7; 9,25; 7,5; 6,8; 6,2; 6,0; 3,6; 3,4; 3,25; 3,0.

*Acide anisohydroxamique*, $CH_3-O-C_6H_4-CO_2NH_2$ : 13,3; 11,7; 11,0; 9,7; 8,9; 8,5; 8,0; 3,6; 3,38; 3,3; 3,0.

*Acide cinnamhydroxamique*, $C_6H_5-CH=CH-CO_2NH_2$ : 14,5; 13,9; 13,1; 12,5; 11,6; 10,25; 9,9; 9,25; 7,9; 7,65; 7,35; 6,75; 6,2; 6,0; 3,65; 3,24; 3,06.

*Acide phényl-3-propionhydroxamique*, $C_6H_5-CH_2-CH_2-CO_2NH_2$ : 14,3; 12,85; 11,0; 10,2; 10,0; 9,9; 9,25; 6,9; 6,0; 3,55; 3,38; 3,25; 3,0.

*Benzhydroxamate de potassium*, $C_6H_5-CO-NH-OK$ : 14,4; 13,9; 12,6; 11,1; 10,75; 9,7; 8,6; 6,1; 3,06.

N-*Benzoyl-O-acétylhydroxylamine*, $C_6H_5-CO-NH-O-CO-CH_3$ : 14,4; 12,5; 11,1; 10,7; 9,7; 9,25; 8,5; 6,05; 3,5; 3,35; 3,15; 3,0.

N, O-*Dibenzoylhydroxylamine*, $C_6H_5-CO-NH-O-CO-C_6H_5$ : 14,3; 12,5; 11,7; 10,6; 9,95; 9,7; 9,5; 9,25; 8,55; 8,0; 7,65; 6,8; 6,15; 5,65; 3,5; 3,3; 3,09.

*Oximes*. — Les spectres des oximes étudiées comportent deux bandes caractéristiques : la première, située à $5^{\mu},95$-$6^{\mu},0$ pour les oximes aliphatiques, à $6^{\mu},1$-$6^{\mu},2$ pour les oximes aromatiques, est due à la liaison C=N, et la seconde, qui s'étend largement autour de $2^{\mu},9$, à la liaison O→HO.

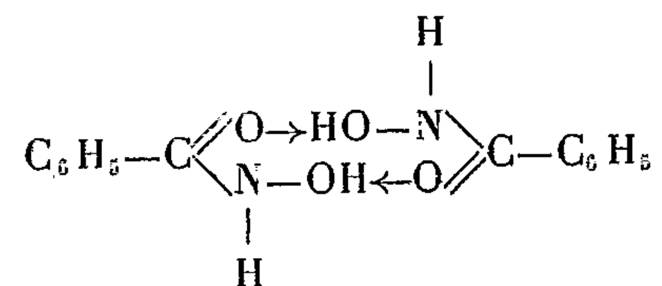
*Acides hydroxamiques*. — Les spectres des acides hydroxamiques présentent à $3^{\mu}$ une bande d'absorption étroite et intense caractéristique du groupement N—H. Cela suffit pour qu'on puisse considérer ces corps comme des N-acylhydroxylamines [formule (I)]. Cette bande existe également dans les spectres du sel de potassium, de l'ester acétique et de l'ester benzoïque de l'acide benzhydroxamique.

On observe vers $6^{\mu},0$ une bande d'absorption due au groupement C=O.

Les spectres des acides benzhydroxamique, cinnamhydroxamique et phényl-3-propionhydroxamique présentent autour de $3^{\mu},6$ une bande d'absorption intense et très large; elle se trouve aussi, moins intense, dans le spectre de l'acide anisohydroxamique. On n'observe, pour aucun de ces corps, de bande OH associé. Par contre, si l'acide benzhydroxamique est dissous dans le tétrachlorure de carbone il apparaît à $2^{\mu},9$ une forte bande OH associé et la bande de $3^{\mu},6$ disparaît.

Cette dernière est peut-être due à la vibration de valence d'un groupement C—H perturbée par la proximité d'un atome d'oxygène, proximité qui n'existerait qu'à l'état cristallin. Pour expliquer le comportement de la bande de $2^{\mu},9$, on peut imaginer qu'il n'existe pas de liaison O→HO dans le

cristal et qu'il en existe dans la solution. Comme celle-ci est nécessairement très diluée à cause de la faible solubilité de l'acide benzhydroxamique dans le tétrachlorure de carbone, il est vraisemblable qu'il se forme des associations du type



Le spectre d'absorption de l'acide propionhydroxamique entre 3µ,1 et 3µ,5 est d'une interprétation encore plus délicate.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence sur leurs spectres d'absorption U. V. de la transformation en chlorhydrates, de l'harmane, de l'harmalane et du tétrahydroharmane.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

D'après les règles que nous avons fait connaître, le spectre d'absorption U. V. du tétrahydroharmane doit être semblable à celui de l'indol puisque le groupement chromogène indolique n'y est conjugué ni avec une double liaison, ni avec un autre chromogène, tandis que ceux de l'harmalane et de l'harmane doivent en être différents puisque le chromogène fondamental est conjugué dans le premier avec une double liaison, dans le second avec un système de doubles liaisons elles-mêmes conjuguées. En nous assurant qu'il en est bien ainsi, nous avons pu constater que la transformation en chlorhydrates de l'harmane, de l'harmalane et du tétrahydroharmane exerce sur les spectres d'absorption U. V. de ces substances une influence qui diffère pour chacune d'elles. C'est, en effet, par un effet bathmochrome très marqué qu'elle se manifeste avec l'harmane et l'harmalane, alors que c'est par un faible effet hypsochrome qu'elle se traduit avec le tétrahydroharmane, ainsi d'ailleurs qu'avec le tétrahydronorharmane. De plus, tandis que le profil général du spectre reste le même pour le tétrahydroharmane et le tétrahydronorharmane, et qu'il est peu modifié pour l'harmalane, il l'est beaucoup pour l'harmane dont les trois bandes fondamentales perdent, du fait de la transformation en chlorhydrate, la totalité des bandes fines qui les crénelaient.

La transformation de l'harmane en base ammonium quaternaire modifie le spectre d'absorption U. V. de cette substance à peu près de la même façon que

(1) De la très grande similitude des spectres d'absorption U. V. du chlorhydrate de harmane et de l'acide tétradéhydroyohimbique (Raymond Hamet, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 344) et du sulfate d'alstonine, on peut conclure à l'identité extrêmement probable du groupement chromogène fondamental de ces trois substances.

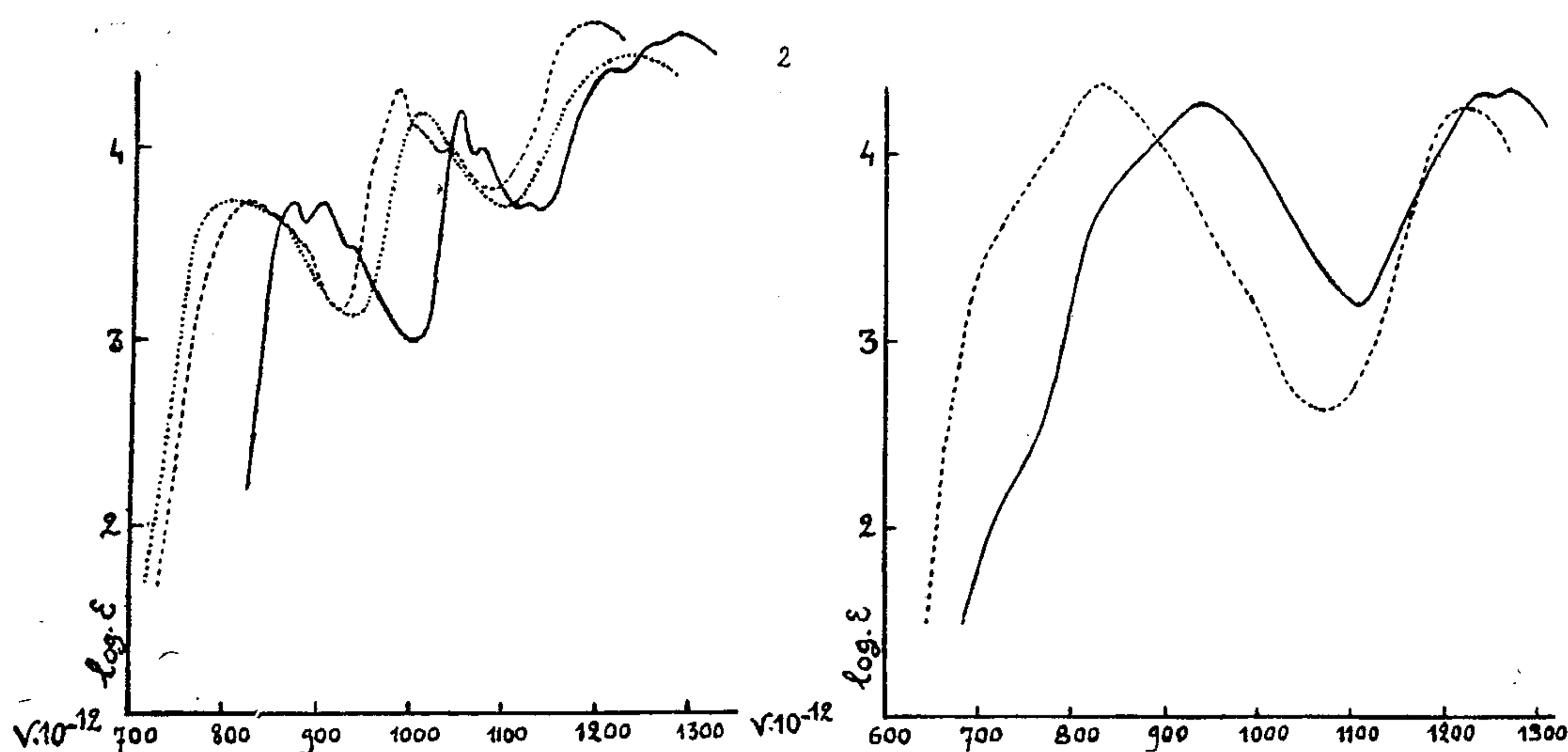



Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — ——— Harmane (préparé par D.-G. Harvey, dissous dans l'alcool).

Maxima : 863 898 938 1045 1068 1122 1200 1245 1276

Minima : 877 923 1007 1060 1111 1136 1219 1265

------- Iodométhylate de Harmane (dissous dans l'alcool).

Maxima : 800 852 882 979 1038 1190

Minima : 843 873 920 1027 1083 1230

. . . . . . . Chlorhydrate de Harmane (dissous dans l'eau).

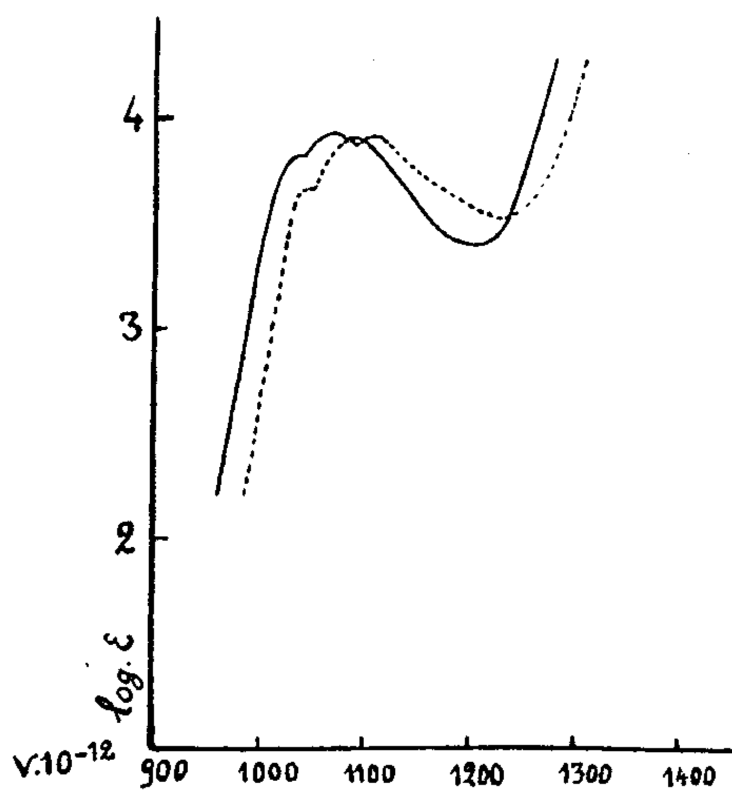
Maxima : 823 1003 1230 Minima : 935 1099

Fig. 2. — ——— Harmalane (dissous dans l'alcool).

Maxima : 940 1232 1265 Minima : 1107 1252

------- Perchlorate de Harmalane (préparé par Schöpf, dissous dans l'alcool).

Maxima : 836 1227 Minima : 1075



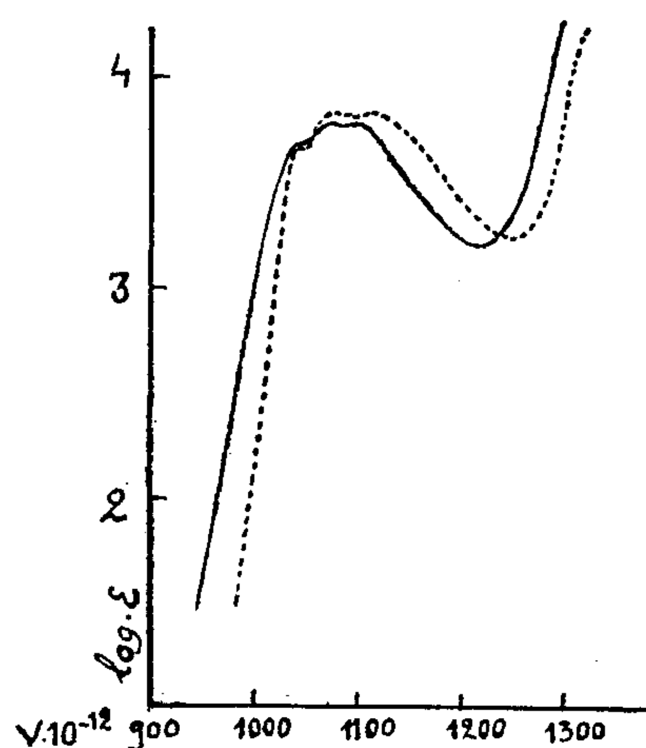




Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — ——— Tétrahydroharmane (préparé par Clemo, dissous dans l'alcool).

Maxima : 1034 1064 1091 Minima : 1042 1083 1211

------- Chlorhydrate de tétrahydroharmane (dissous dans l'eau).

Maxima : 1047 1083 1109 Minima : 1053 1091 1217

Fig. 4. — ——— Tétrahydronorharmane (préparé par M. M. Janot, dissous dans l'alcool)

Maxima : 1034 1064 1099 Minima : 1042 1083 1219

------- Chlorhydrate de tétrahydronorhormane (dissous dans l'alcool).

Maxima : 1040 1072 1111 Minima : 1049 1087 1242

son passage à l'état de chlorhydrate. Si la bathmochromie est un peu plus marquée pour l'iodométhylate que pour le chlorhydrate, en revanche, l'effacement des bandes fines est moins total pour celui-là que pour celui-ci, la première bande fondamentale montrant encore de nettes inflexions, et la seconde révélant encore une petite bande bien marquée.

Ces observations permettent d'identifier dans une molécule la présence des groupements harmane, harmalane et tétrahydroharmane avec d'autant plus de sécurité que la facile transformation de ces molécules en chlorhydrates donne la possibilité d'une double comparaison spectrale. En outre, elles révèlent que le groupement chromogène de l'harmane est modifié semblablement quand cette substance est transformée en chlorhydrate et quand elle passe à l'état de base ammonium quaternaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Représentation stérique des carbures aromatiques liquides au point de fusion.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente nous avons été amené à donner aux rayons d'encombrement des atomes de carbone et d'hydrogène, dans les carbures hydrogénés, les valeurs 1,08 et 1,27 Å et à situer le noyau d'atome d'hydrogène en un point de la surface de la sphère d'encombrement de l'atome de carbone.

La représentation stérique des molécules des carbures aromatiques, à partir de ces données, conduit aux résultats suivants :

1. *Benzène* (*fig.* 1). — *a.* En prenant pour centres les sommets d'un hexagone plan de 1,39 Å de côté (valeur généralement admise), on trace des cercles de rayon égal à 1,08 Å (atomes de carbone).

*b.* En prenant pour centres les points $H_1$ d'intersection de $OC_1$ avec les cercles qui représentent les atomes de carbone, on trace des cercles de rayon égal à 1,27 Å (atomes d'hydrogène). Comme le montrent la figure et un calcul simple, ces cercles sont sensiblement tangents.

*c.* En menant les tangentes à ces cercles pris deux à deux on obtient un hexagone régulier qui représente la surface d'encombrement de la molécule plane de benzène.

La surface $\sigma$ de cet hexagone a pour expression

$$\sigma = 6.\overline{OA}^2 \cos 30^\circ \sin 30^\circ;$$

avec

$$OA = OC_1 + C_1H_1 + H_1A = 1,39 + 1,08 + \frac{1,27}{\cos 30^\circ} = 3,93\,\text{Å},$$
$$\sigma = 40,12\,\text{Å}^2.$$

(*) Séance du 8 janvier 1951.

Si V est le volume molaire du benzène à la température de fusion (5,5°C), $d$ la distance qui sépare deux molécules de benzène parallèles, l'on a

$$d = \frac{V}{N\sigma} \quad \text{avec} \quad V_{5,5} = 87^{cm^3},3, \quad \text{d'où} \quad d = 3,6\,\text{Å}.$$

2. *Naphtalène*. — Le même mode de représentation donne, pour la molécule de naphtalène, la figure 2.

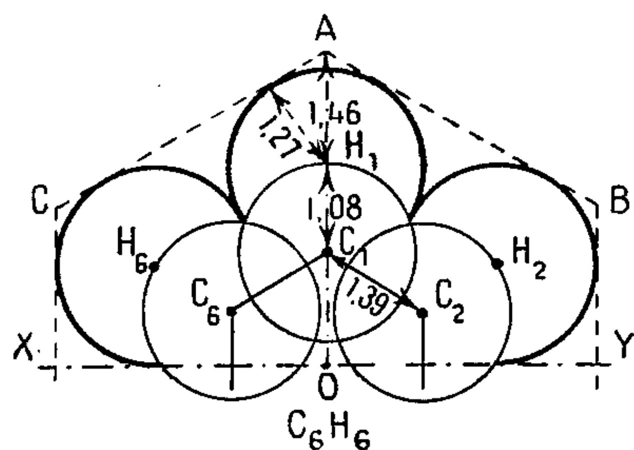


Fig. 1.

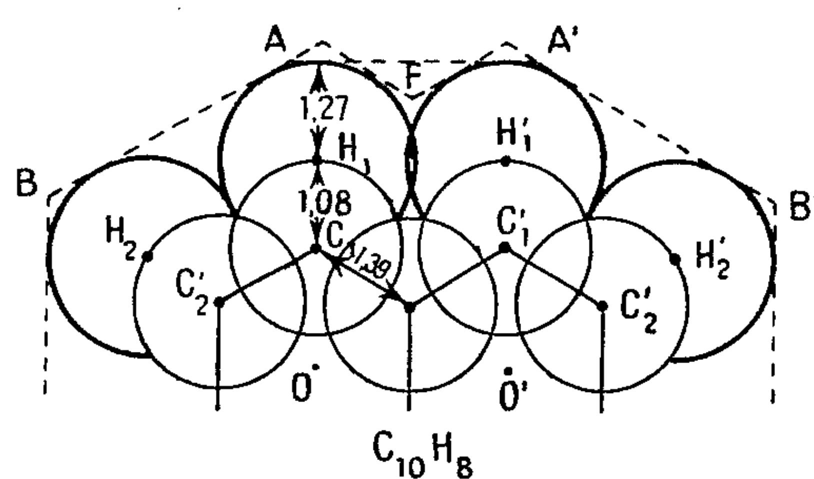


Fig. 2.

Le polygone circonscrit qui représente la surface d'encombrement de la molécule peut affecter différentes formes (AA'B'...BA; AFA'B'...BAF) dont les surfaces ne diffèrent que d'une fraction d'Å².

Le volume molaire V du naphtalène *liquide* à la température de fusion (80,2°C) est $V_{80,2} = 130^{cm^3},8$. Un calcul identique à celui qui a été fait précédemment pour le benzène conduit, suivant les surfaces d'encombrement envisagées, à des valeurs comprises entre 3,65 et 3,70 Å. [Notons que cette distance est très voisine de la longueur du plus grand rayon de la molécule (3,74 Å) tournant autour de l'axe XY.]

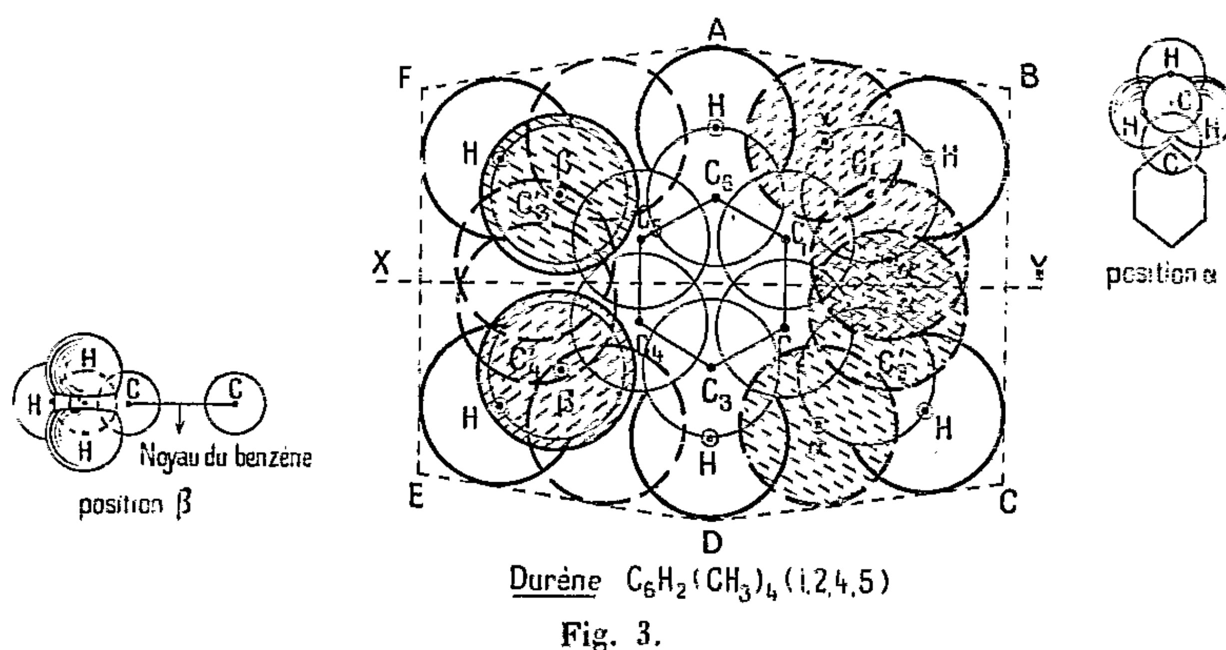
3. *Anthracène :* température de fusion $t = 216°$C; $V_{216} = 182^{cm^3},7$. — La même construction et les mêmes calculs donnent pour $d$, la valeur 3,90 Å.

Ces valeurs sont légèrement supérieures à celles qui sont déduites des études de diffraction des rayons X (3,60 Å pour le naphtalène, 3,70 Å pour l'anthracène). Mais cette étude se rapporte aux molécules considérées d'une part, à l'état liquide, d'autre part aux températures de fusion supérieures à celles auxquelles ont été effectuées les mesures de diffraction sur les cristaux.

4. *Durène*. — Les groupes $CH_3$ sont en position 1, 2, 4, 5. D'après M. Lonsdale, le côté de l'hexagone est très voisin de celui du graphite et la distance des centres des atomes de carbone du noyau aux centres des atomes des groupes méthyle est 1,54 Å. Si l'on représente la molécule de durène $C_6H_2(CH_3)_4$ à partir de ces données d'une part, et de celles que nous avons établies d'autre part, ($r_H = 1,27$ Å et $r_C = 1,08$ Å), on obtient la figure 3 :

La surface d'encombrement est le polygone ABCDEFA d'une surface $\sigma = 67,2\,\text{Å}^2$.

[Dans les groupes méthyle, les deux atomes d'hydrogène latéraux peuvent occuper les positions α et β. Cette dernière position, semble-t-il, doit être rejetée, car l'épaisseur de la molécule serait $(1,27 + 1,08)2 = 4,70\,\text{Å}$, valeur bien supérieure à la distance intermoléculaire donnée par la diffraction des rayons X (3,90 Å). Les centres des atomes d'hydrogène seraient donc situés dans le plan de la figure.]




Durène $C_6H_2(CH_3)_4$ (1.2.4.5)

Fig. 3.

Le volume molaire du durène à la température de fusion (80° C) étant $159^{cm^3},9$, le volume statistique d'une molécule est 159,9/N d'où l'on tire $d = 3,90\,\text{Å}$, valeur égale à celle que donne la diffraction des rayons X sur les cristaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur les piles à dépolarisation par l'air. Interprétation de la polarisation statique.* Note (*) de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Armand Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Pierre Jolibois.

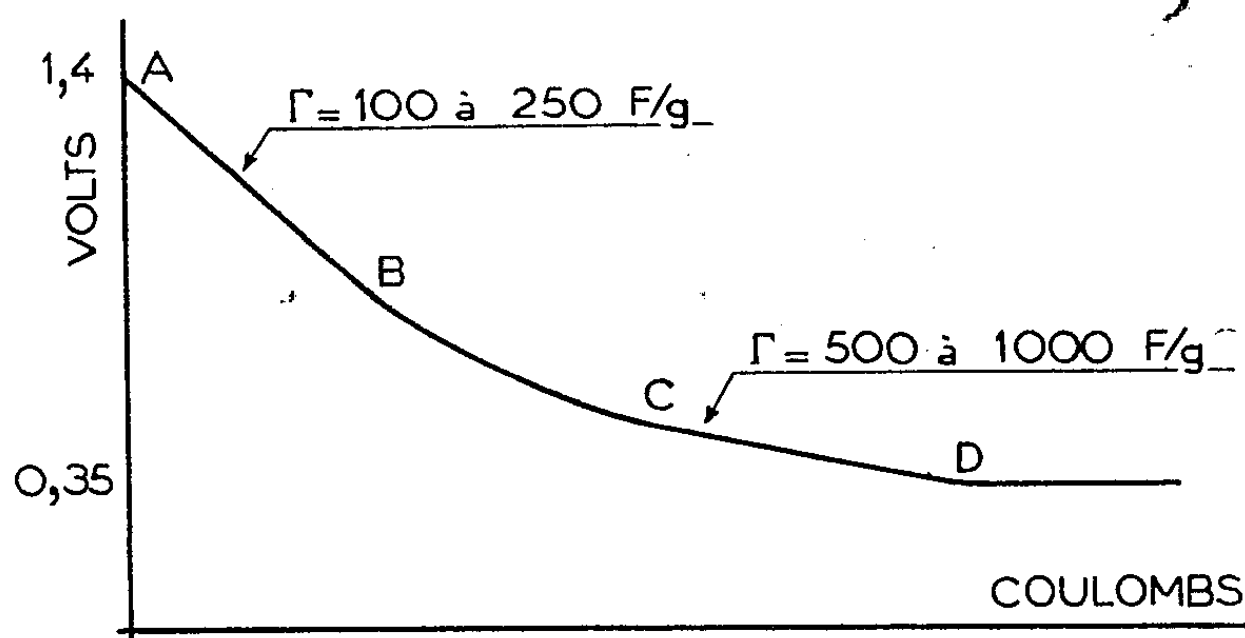
La présente Note a pour objet l'analyse des courbes de polarisation statique obtenues précédemment ([1]) et la recherche des interprétations possibles de ce phénomène.

1. *Analyse des courbes de polarisation statique.* — En général, la courbe de variation débute par une partie rectiligne AB qui couvre un intervalle d'environ 0,5 V, soit approximativement, la moitié de la chute totale. Puis elle s'incurve (BC) pour se raccorder à une seconde partie rectiligne (CD). A partir de D, la tension reste constante. Il apparaît alors un dégagement d'hydrogène dont le volume correspond aux charges débitées.

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 407.

Le rapport de la quantité de charges $dQ$ à la chute de potentiel $dV$ a la dimension d'une capacité électrostatique. Le long des deux droites AB et CD, ce rapport étant constant, le positif peut être assimilé à un condensateur ayant une capacité C définie dans chaque cas par le rapport en question. Il ressort de déterminations effectuées sur de nombreuses piles de fabrications diverses, que la « capacité électrostatique » d'une masse dépolarisante est, par gramme de charbon actif, pour la région AB, de 100 à 250 F, et, pour la région CD, de 500 à 1000 F.




2. *Interprétations possibles.* — Les résultats précédents peuvent s'interpréter qualitativement et quantitativement par l'hypothèse de l'existence d'une couche double électrique d'Helmholtz. Mais, dans le cas présent, d'autres hypothèses peuvent être envisagées.

On sait, en effet, que la masse dépolarisante renferme un produit imperméabilisant qui réduit la mouillabilité du charbon actif. On peut alors imaginer que l'ensemble : charbon actif-imperméabilisant-électrolyte forme un condensateur ayant l'imperméabilisant pour diélectrique. Par application de la formule des condensateurs plans et en tenant compte du fait que le pouvoir inducteur spécifique de l'imperméabilisant est de 2 à 3 U. E. S. d'une part et que la capacité dans la région AB a été trouvée comprise entre 100 et 250 F/g d'autre part, on aboutit à une relation numérique entre la surface du condensateur et le volume de l'imperméabilisant.

Compte tenu des volumes ordinairement utilisés, on trouve que la surface de l'armature constituée par le charbon actif doit être comprise entre $10^6$ et $5.10^6$ cm$^2$/g. Ces chiffres entraînent pour l'épaisseur du diélectrique des valeurs trop faibles. En outre, l'hypothèse ci-dessus n'explique pas l'existence, pour une même pile, de deux capacités électrostatiques différentes.

Une troisième interprétation, plus satisfaisante, réside dans l'assimilation du positif à un condensateur électrolytique. En effet, il y a tout lieu de supposer qu'il existe à la surface du charbon une couche gazeuse renfermant

initialement de l'oxygène et que l'imperméabilisant, comme l'alumine dans le cas des condensateurs électrolytiques, a pour rôle de protéger cette couche, tout en permettant, grâce à sa très faible épaisseur, le passage des ions.

Dans cette hypothèse le condensateur est constitué par le système charbon-couche gazeuse- imperméabilisant. Pendant la décharge, la couche gazeuse évolue par transformation progressive de l'oxygène en ions $OH^-$. L'existence des deux parties rectilignes AB et CD peut alors s'interpréter, soit par la disparition successive de deux formes distinctes de l'oxygène adsorbé d'une manière différente ([2]), soit, mieux, par l'apparition progressive d'hydrogène au-dessous d'un certain potentiel. Si l'on calcule, en fonction des charges débitées jusqu'au point B, la quantité théorique d'oxygène équivalent, on trouve que le charbon actif dont est constitué le positif en contiendrait, dans son état initial, de 2,8 à 7cm³/g, chiffres qui sont tout à fait en accord avec les données de la bibliographie. D'autre part, la quantité d'oxygène ainsi calculée est, pour chaque positif, exactement égale à celle qui est absorbée réellement par la pile lors de sa restauration par respiration.

En conclusion, la forme des courbes de polarisation statique des piles à dépolarisation par l'air suggère d'attribuer à l'électrode positive une capacité électrostatique et, malgré la valeur élevée de celle-ci, les hypothèses que l'on peut faire, particulièrement la dernière, sont en accord avec ce que l'on sait des propriétés générales des charbons actifs.

CATALYSE. — *Note sur l'étude de catalyseurs par la détermination des temps de relaxation nucléaire.* Note (*) de M. **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons décrit précédemment une méthode d'étude de catalyseurs diamagnétiques au moyen de dépôts d'oxydes paramagnétiques ([1]). Il nous a paru intéressant de recouper les renseignements ainsi obtenus par des mesures de temps de relaxation nucléaires, lorsque ceux-ci sont mesurables sans de trop grandes difficultés ([2]).

L'appareillage employé est approximativement celui de Purcell et Pound ([3]), modifié par Grivet, Soutif et Buyle ([4]), et auquel nous avons fait subir un certain nombre de perfectionnements Pour permettre une vérification aisée de

([2]) *Voir* en particulier R. Juza et F. Grasenick, *Elektrochem.*, 54, 1950, p. 145.

(*) Séance du 22 janvier 1951.

([1]) Mme G. Rodier et G. Rodier, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 93.

([2]) G. Rodier, *Thèse*, Poitiers, 1950.

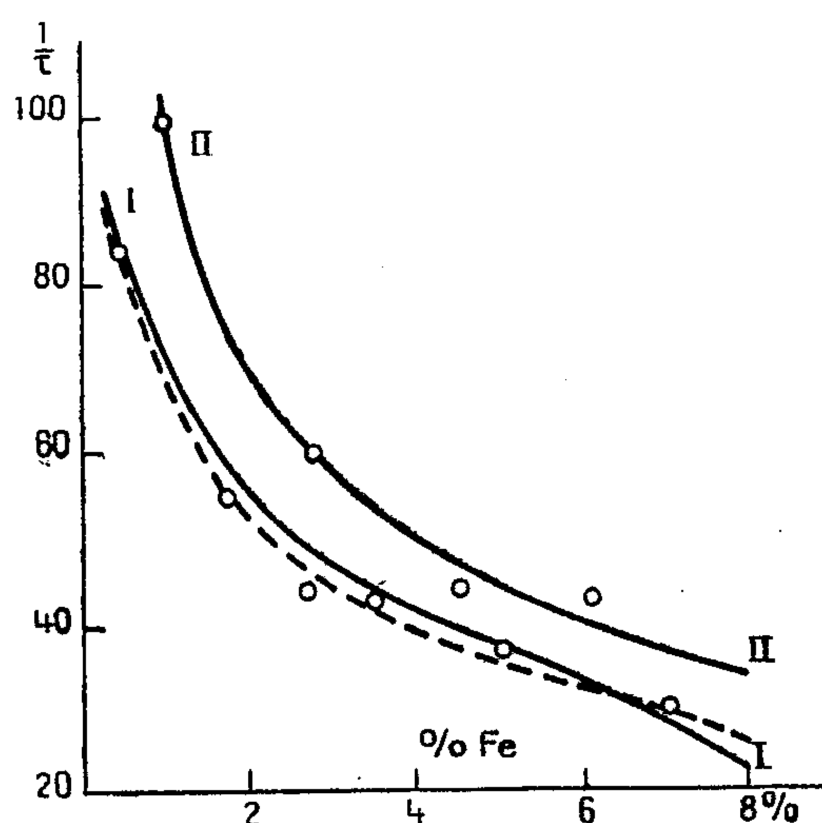
([3]) Bloembergen, Purcell et Pound, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 679.

([4]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 113.

nos résultats, notre mode expérimental dérive directement de celui de Selwood pour des essais analogues ([6]).

Les échantillons obtenus par imprégnation suivant la méthode habituelle, sont mélangés avec le support diamagnétique qui a déjà servi à l'imprégnation, jusqu'à ce que la concentration en ions paramagnétiques soit la même dans toutes les préparations. On a pris arbitrairement 0,1 % comme pourcentage, mais cette proportion n'est pas critique; il suffit qu'elle soit la même dans tous les échantillons. Le noyau utilisé est le proton; on ajoute donc le même poids d'eau à chaque mélange.

Les résultats donnés dans la figure suivante sont relatifs à deux alumines; l'une est de l'alumine $\gamma$, identique à celle qui a été employée par Selwood et préparée avec le même soin; l'autre est une alumine qui a subi un traitement destiné à l'activer. La courbe donne le temps de relaxation en fonction de la concentration en métal dans l'échantillon (il s'agit évidemment de la concentration en métal avant la dilution). On a reproduit en pointillé la courbe donnée par Selwood; on voit que nos résultats concordent assez bien avec ceux de cet auteur.




Le temps de relaxation est considérablement réduit, surtout aux faibles concentrations, par l'utilisation d'un support très divisé. Le temps de relaxation permet ainsi, dans le cas choisi, de caractériser, bien que grossièrement, l'état de division du catalyseur sous-jacent. Cette méthode n'est pas d'une portée très générale, par suite de l'influence considérable que peuvent avoir des impuretés, même en faible quantité, sur la valeur des temps de relaxation.

Il ne nous a pas été possible de mesurer le rapport entre les atomes para-

([6]) *Colloque Polarisation de la matière*, Paris, 1949.

magnétiques superficiels et les atomes paramagnétiques totaux. Néanmoins, dans certains cas, il est possible, en s'aidant notamment des isothermes de susceptibilité et des mesures de surface spécifique, de se faire une idée approximative de la surface active. Des études sont actuellement en cours pour préciser ces résultats.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Évaluation des intégrales coulombiennes* LCAO *dans le cas de quelques corps azotés*. Note (*) de M. **Elemer Gyoerffy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le traitement par la méthode usuelle des orbitales moléculaires des corps hétéroatomiques exige la connaissance des intégrales coulombiennes $\alpha$ qui caractérisent les hétéroatomes.

C. A. Coulson ([1]) a adopté $\alpha = 2$ pour l'azote si $\alpha = 0$ pour le carbone, mais des diagrammes qu'on avait obtenus avec ce paramètre, résultent des moments dipolaires beaucoup trop grands.

Un calcul d'effet de charge tel qu'il a été introduit par P. et R. Daudel ([2]) et développé par A. Laforgue ([3]) permet de trouver les paramètres adéquats.

Nous avons appliqué cette méthode d'abord au pyrrol et à la pyridine.

La différence des électronégativités de l'azote et du carbone est égale à 0,60 et c'est cette valeur que nous avons d'abord prise comme la valeur $\alpha$. La première itération donne les valeurs suivantes :

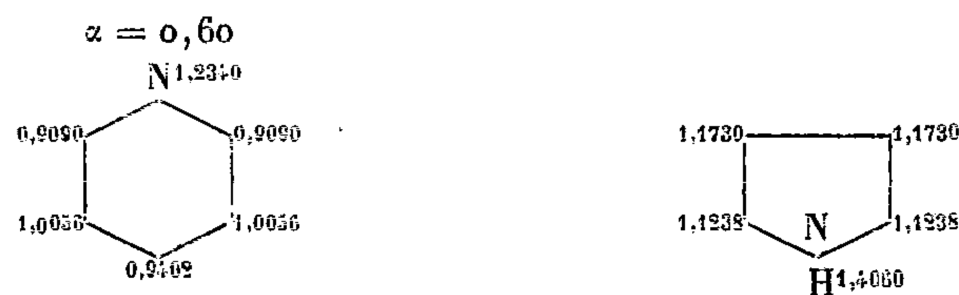



Fig. 1.

on tient compte ensuite de la polarisation des électrons $\sigma$ des liaisons N—C et N—H (pour le pyrrol) et l'on fait une nouvelle itération qui conduit aux valeurs finales (*fig.* 2).

Fig. 2.

(*) Séance du 22 janvier 1951.

([1]) *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 929.

([2]) *J. Phys.*, VIII, 7, 1946, p. 12.

([3]) *Journal Chimie Physique*, 46, 1949, nos 11-12.

Cependant il est intéressant de noter que dans le cas du pyrrol, contrairement au diagramme publié par Coulson ([1]), le carbone en position $\alpha$ est moins négatif que celui en position $\beta$. Ceci est dû au fait que Coulson a assigné un paramètre $\bar{\alpha} = 0,25$ au carbone $\alpha$. Voici à titre de comparaison les deux diagrammes avec $\alpha_N = 2$ partout, mais avec $\bar{\alpha} = 0,25$ d'abord et ensuite $\bar{\alpha} = 0$ (*fig.* 3).

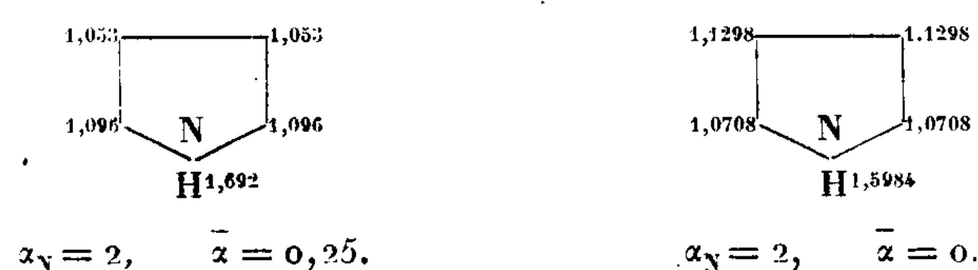


Fig. 3.

On voit que l'application d'une valeur si élevée de $\bar{\alpha}$ renverse la situation. Mais $\bar{\alpha}$ calculé à partir de l'effet de charge n'est que 0,03 et ceci ne renverse pas l'ordre des charges, bien qu'il diminue leurs écarts (*fig.* 4).

Fig. 4.

C'est donc un résultat qui est en désaccord apparent avec les faits expérimentaux.

Toutefois, une réaction comme la nitration par exemple se produit en milieu acide et les corps qui réagissent ne sont pas vraiment la pyridine et le pyrrol, mais des ions positifs qui en résultent par la capture d'un proton.

Dans le cas du pyrrol, l'azote se trouve exclu du système $\pi$ à cause du proton et n'est influencé que par les électrons $\sigma$. Nous avons évalué d'abord par une itération préalable la répartition de cette charge positive (*fig.* 5) :

Fig. 5.

Ici les paramètres corrects sont $\alpha = 0,80$ pour la pyridine-ion et 0,03 pour les carbones voisins de l'azote pour le pyrrol-ion. Avec ces paramètres on obtient (*fig.* 6) :

Fig. 6.

On voit immédiatement que le carbone en $\alpha$ du pyrrol est devenu plus négatif que le carbone $\beta$ et c'est ainsi que l'accord avec l'expérience est obtenu pour le pyrrol. Pour la pyridine les prévisions sont bonnes à partir de n'importe lequel des deux diagrammes.

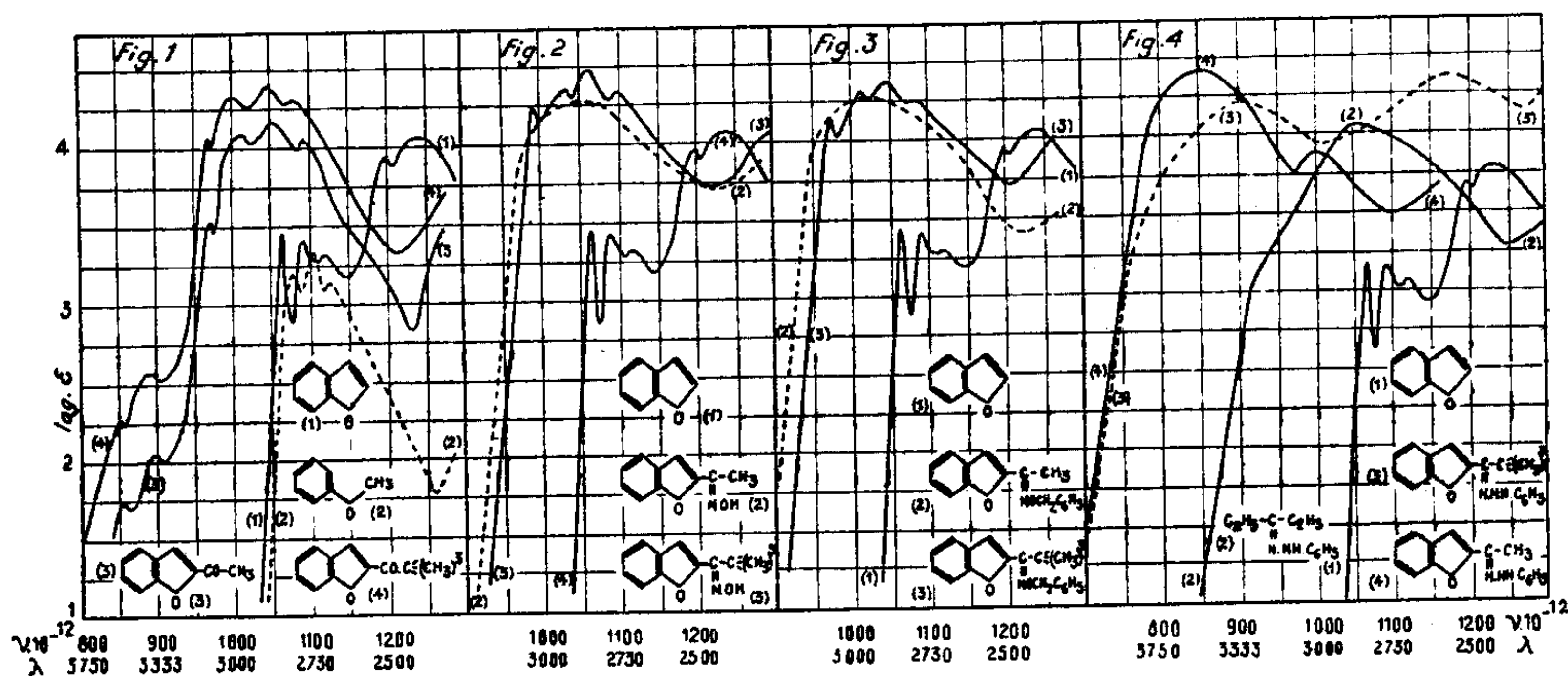
CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un effet stérique sur l'absorption des dérivés α-substitués du benzofuranne.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il a été montré que le « *couplage* » qui s'exerce généralement dans les séries du benzène et de la pyridine, lorsque l'un des carbones du noyau est lié directement à un carbone non saturé d'un groupe (fonction éthylénique, oxime, etc.), peut être supprimé si l'on introduit un radical très ramifié sur le carbone fonctionnel. Ceci conduit à admettre que les carbones de ces deux noyaux possèdent sensiblement le même état électronique et que la présence de l'azote dans la pyridine n'influe pas de façon essentielle sur l'effet de la substitution.

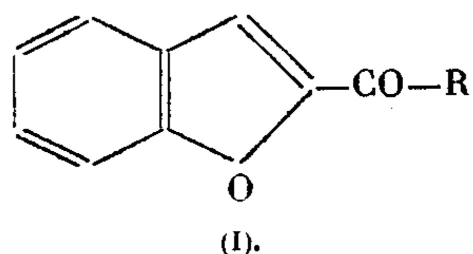
De telles recherches ont été étendues à des corps hétérocycliques à noyaux pentagonaux (furanne, thiophène, pyrrole). Les résultats obtenus ont permis d'établir que, contrairement à ce qui se passe dans les séries benzénique et pyridinique, *le « découplage » par effet stérique ne se produit pas lorsque la fonction est située en α vis-à-vis de l'hétéroatome* (l'étude des dérivés β-substitués est en cours). On peut en déduire que dans de tels hétérocycles, *l'état électronique du carbone α est différent de ceux du benzène et de la pyridine.*

Par ailleurs, il avait été mis en évidence que si certains de ces hétérocycles à cinq atomes ont deux carbones communs avec un noyau benzénique (benzofuranne, benzotriazole, etc.) leurs atomes ont parfois une structure électronique différente de celle des atomes correspondants soit dans un cycle hexagonal soit dans une molécule à chaîne ouverte. C'est ainsi que le spectre du benzofuranne (*fig.* 1, courbe 1) est tout à fait différent du spectre de l'*o*-méthoxy-styrolène et se montre assez voisin de celui de l'anisol (courbe 2). Tout se passe, du point

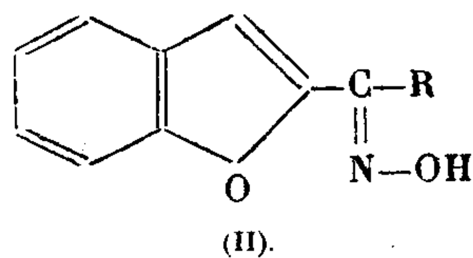
de vue spectral, comme si le groupe éthylénique n'exerçait aucune influence notable. Ce « *découplage* » entre le groupe éthylénique et le reste de la molécule doit être attribué à un changement dans l'état électronique de ce groupe sous l'influence de la cyclisation.



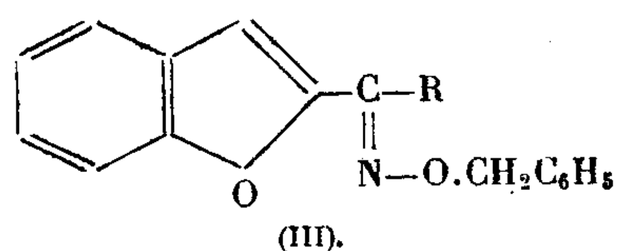

Afin de comparer le comportement spectral de ces carbones avec ceux des séries précédentes, nous avons étudié les spectres des dérivés α- et β-substitués du benzofuranne. L'essentiel des résultats obtenus dans la série α sera résumé par des courbes tracées sur les différentes figures concernant : les cétones (I), oximes (II), O-benzyloximes (III) et phénylhydrazones (IV). Dans ces formules R représente les groupes $CH_3$ et $C{\equiv}(CH_3)^3$.



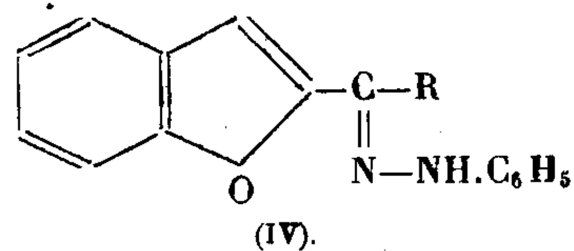

(I).




(II).




(III).




(IV).

Chacune des figures contient, à titre de comparaison, la courbe du benzofuranne (courbe 1). Par ailleurs, on trouvera sur la figure 1 les courbes de l'anisol (courbe 2), de l'α-benzofuryl-méthyl-cétone (courbe 3) et de l'α-benzofuryl-ter. butyl-cétone (courbe 4); sur la figure 2 les courbes de l'α-benzofuryl-méthyl-cétoxime (courbe 2) et de l'α-benzofuryl-ter. butyl-cétoxime (courbe 3); sur la figure 3 les courbes de la O-benzyl-α-benzofuryl-méthyl-cétoxime (courbe 2) et de la O-benzyl-α-benzofuryl-ter. butyl-cétoxime (courbe 3). Enfin, sur la figure 4, sont tracées les courbes des phénylhydrazones de la

diéthylcétone (courbe 2), de l'α-benzofuryl-méthyl-cétone (courbe 4) et de l'α-benzofuryl-ter. butyl-cétone (courbe 3).

L'examen de ces courbes montre que, si R est un $CH_3$, un couplage important se produit entre la fonction et le noyau, exactement comme dans les cas du benzène, de la pyridine, des dérivés α du furanne et des dérivés éthyléniques de la série grasse. *Si* R *est un pseudobutyle, aucun « découplage » ne se produit, contrairement à ce qui se passe dans les séries benzénique et pyridinique.*

*En résumé*, la présence d'un groupe ter. butyle sur le carbone fonctionnel en α sur le benzofuranne ne provoque aucun « *decouplage* » entre les chromophores, tout comme dans le cas du furanne et contrairement à ce que l'on observe dans le benzène et dans la pyridine. *Il semble donc que l'état électronique du carbone α dans le furanne et le benzofuranne n'est pas le même que dans le benzène et la pyridine.* Il reste à tenter de connaître (des recherches sont engagées dans ce sens) si ce comportement est lié à la nature de l'hétéroatome ou s'il est dû, ce qui est plus probable, à la déformation des angles valentiels des atomes qui forment l'hétérocycle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique, au nickel de Raney, des composés phényl-furaniques.* Note de MM. **Zafiris Zafiriadis** et **Pierre Mastagli**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que le nickel de Raney est un catalyseur sélectif d'hydrogénation et que les conditions de saturation des doubles liaisons (pression et température) dépendent de la nature de la double liaison et de la place que celle-ci occupe dans la molécule. Ainsi, le voisinage de différents radicaux peut exercer une action très marquée sur l'hydrogénation. Poursuivant un travail sur l'influence de certains radicaux sur l'hydrogénation des noyaux benzéniques (¹), nous avons été amenés à étudier l'influence qu'exercent mutuellement sur leur hydrogénation, les noyaux benzéniques et furaniques. Pour cela, nous avons étudié l'hydrogénation de corps possédant un noyau aromatique et un noyau furanique séparés par une chaîne aliphatique d'un, deux et trois carbones.

1. Les deux cycles sont séparés par un seul carbone.

Nous avons choisi le corps le plus simple de cette série : le phényl α-furylméthane ($C_6H_5.CH_2.C_4H_3O$). Nous avons préparé ce corps par réduction du phényl α-furylcarbinol (²). R. Paul a hydrogéné ce corps à 118°,5 et $65^{atm}$ et a obtenu le phényl α-tétrafurylméthane (³) ($C_6H_5.CH_2.C_4H_7O$). Nous

(¹) Z. Zafiriadis, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 452.

(²) R. Paul, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1444.

(³) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1061.

avons essayé d'hydrogéner le noyau benzénique de ce dernier corps. Ceci a été obtenu à partir de 180° sous une pression de $120^{atm}$ avec 20 % de nickel. Le cyclohexyl α-tétrahydrofurylméthane ($C_6H_{11}.CH_2.C_4H_7O$) ainsi obtenu possède les constantes suivantes : É 105-106°; $n_D^{18}$ 1,4910; $D_4^{18}$ 0,958; R. M. 50,80, R. M. calculée 51,25.

2. Les deux cycles sont séparés par une chaîne à deux carbones. Nous avons préparé le phényl-1 α-furyl-2 éthane ($C_6H_5.CH_2CH_2.C_4H_3O$) par réduction du cyanure-1 de phényl-1 α-furyl-2 éthylène ([4]). En hydrogénant ce corps avec 20 % de nickel à 130° et $120^{atm}$, nous avons obtenu le phényl-1 α-tétrahydrofuryl-2 éthane ($C_6H_5.CH_2CH_2.C_4H_7O$) possédant les constantes suivantes : $E_{18}$ 129-130°; $n_D^{20}$ 1,5158; $D_4^{20}$ 0,988, R. M. 53,78, R. M. calculée 53,60. Ce corps hydrogéné à 200° et $200^{atm}$ avec 20 % de nickel a donné le cyclohexyl-1 α-tétrahydrofuryl-2 éthane ($C_6H_{11}.CH_2CH_2.C_4H_7O$) aux constantes suivantes : $E_{18}$ 124-125°; $n_D^{20}$ 1,4712; $D_4^{20}$ 0,926; R. M. 55,02, R. M. calculée 54,80.

3. Les deux cycles sont séparés par une chaîne à trois carbones. Nous nous sommes référés aux travaux de Burdick et Adkins qui ont hydrogéné la furfurylidène acétophénone ([5]).

Les conditions d'hydrogénation des corps cités plus haut sont les suivantes :

*Hydrogénation du noyau furanique.*

| Corps hydrogéné. | T (°C). | P (atm). | Corps obtenu. |
|---|---|---|---|
| CH<br>HC CH HC CH<br>HC C—$CH_2$—C CH<br>CH O | 118,5 | 65 | CH<br>HC CH $H_2C$ $CH_2$<br>HC C—$CH_2$—HC $CH_2$<br>O |
| CH<br>HC CH HC CH<br>HC C—$CH_2$—$CH_2$—C CH<br>CH O | 130 | 120 | CH<br>HC CH $H_2C$ $CH_2$<br>HC C—$CH_2CH_2$—HC $CH_2$<br>CH O |
| CH<br>HC CH HC CH<br>HC C.CH=CH.CO.C CH<br>CH O | 135 | 100-200 | CH<br>HC CH $H_2C$ $CH_2$<br>HC C.$CH_2CH_2CH_2$.HC $CH_2$<br>CH O |

([4]) Freund et Immerwahr, *Ber.*, 23, 1890, p. 2854.

([5]) Burdick et Adkins, *J. Am. Chem. Soc.*, 42, 1934, p. 438.

*Hydrogénation du noyau benzénique.*

| Corps hydrogéné. | T (°C). | P (atm). | Corps obtenu. |
|---|---|---|---|
| CH<br>HC         $H_2C$——$CH_2$<br>HC   C—$CH_2$—HC     $CH_2$<br>CH         O | 180 | 120 | $CH_2$<br>$H_2C$   $CH_2$   $H_2C$——$CH_2$<br>$H_2C$   CH—$CH_2$—CH   $CH_2$<br>$CH_2$         O |
| CH<br>HC   CH     $H_2C$——$CH_2$<br>HC   C—$CH_2$—$CH_2$—HC   $CH_2$<br>CH         O | 200 | 120 | $CH_2$<br>$H_2C$   $CH_2$   $H_2C$——$CH_2$<br>$H_2C$   CH.$CH_2$$CH_2$.HC   $CH_2$<br>$CH_2$         O |
| CH<br>HC   CH     $H_2C$——$CH_2$<br>HC   C.$CH_2$$CH_2$$CH_2$.HC   $CH_2$<br>CH         O | 200 | 100-200 | $CH_2$<br>$H_2C$       $H_2C$——$CH_2$<br>$H_2C$   CH.$CH_2$$CH_2$$CH_2$.HC   $CH_2$<br>$CH_2$         O |

*Conclusion.* — La présence du noyau benzénique a une influence défavorable sur l'hydrogénation du noyau furanique. De même, la présence du noyau furanique dans la molécule rend plus difficile l'hydrogénation du noyau benzénique. L'hydrogénation des corps aromatiques et furaniques correspondants qui possèdent uniquement une chaîne aliphatique est, comme on le sait, beaucoup plus facile. Mais cette influence négative ne s'exerce pas toujours de la même manière. Elle est moins marquée pour le corps dont les deux noyaux, furanique et benzénique, sont fixés sur le même carbone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés de la β-dichloracroléine. Préparation d'un (β-dichlorovinyl) carbinol et de l'acide (β-dichlorovinyl) glycolique.* Note (*) de M. et Mme **Émile Levas**, transmise par M. Marcel Delépine.

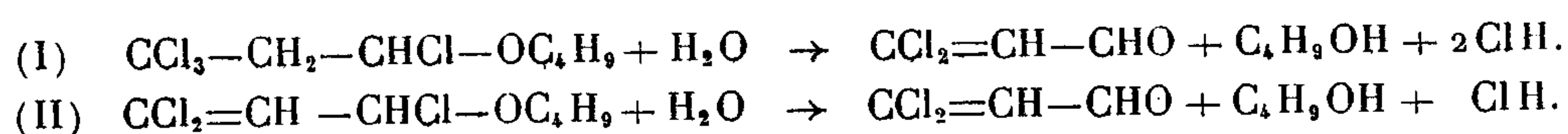
Mode de préparation de la β-dichloracroléine et de ses acétals. Par action de $C_2H_5MgBr$ sur cet aldéhyde on obtient l'alcool $CCl_2{=}CH{-}CHOH{-}C_2H_5$ ; on donne une méthode de préparatiou des éthers-oxydes de ce dernier. L'hydrolyse de la cyanhydrine de la dichloracroléine fournit l'acide-alcool normalement attendu.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons signalé que le produit de l'hydrolyse des éthers α-chlorés obtenus par condensation de $CCl_4$ avec le butoxyéthylène en présence de peroxyde de benzoyle renfermait de la β-dichloracro-

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1669.

léine ([2]). Les réactions principales d'hydrolyse de ces éthers peuvent s'écrire :



$$(I)\quad CCl_3-CH_2-CHCl-OC_4H_9 + H_2O \rightarrow CCl_2=CH-CHO + C_4H_9OH + 2ClH.$$

$$(II)\quad CCl_2=CH-CHCl-OC_4H_9 + H_2O \rightarrow CCl_2=CH-CHO + C_4H_9OH + ClH.$$

Le but de la présente Note est de préciser notre méthode de préparation de cet aldéhyde qui n'utilise que des réactants facilement accessibles, et de donner les premiers résultats de l'étude de ses propriétés chimiques.

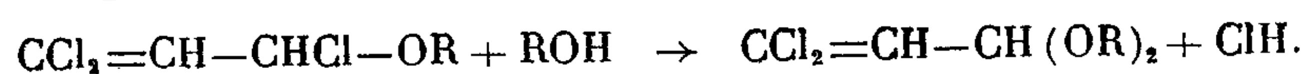
*Préparation de la β-dichloracroléine.* — Les meilleurs rendements furent obtenus par hydrolyse directe du dérivé tétrachloré [réaction (I)] qu'il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'isoler à l'état pur.

On ajoute goutte à goutte $20^g$(0,2 mol-g) de *n*-butoxyéthylène à un mélange bouillant à reflux de $123^g$(0,8 mol-g) de $CCl_4$ et de $2^g$ de peroxyde de benzoyle. Après l'introduction de l'éther vinylique on maintient l'ébullition une dizaine de minutes puis chasse l'excès de $CCl_4$ sous légère dépression de façon à ne pas chauffer le mélange au-dessus de 60°. Le condensat est introduit par petites fractions dans un litre d'eau que l'on maintient à 100°. Par distillation on entraîne l'aldéhyde que l'on purifie par l'intermédiaire de sa combinaison bisulfitique, sèche sur $Cl_2Ca$ et distille (Rdt 8 à $10^g$, soit 32 à 40 % par rapport au butoxyéthylène mis en œuvre).

La β-dichloracroléine est un liquide lacrymogène, légèrement soluble dans l'eau, jaune très pâle quand elle est fraîchement distillée, É 124-125°; $n_D^{17,5}$ 1,5090; $d_4^{17,5}$ 1,395. Sa réfraction moléculaire présente une exaltation notable : Rdt théorie 25,33; trouvé 26,75.

Comme nous l'avons déjà signalé, la soude la décompose en chloracétylène, et son oxydation par $Ag_2O$ mène à l'acide β-dichloracrylique.

*Acétalisation.* — L'acétalisation directe ne fut pas essayée; il est en effet plus commode de préparer ces acétals suivant la réaction :

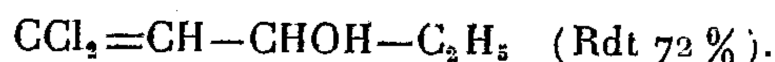


$$CCl_2=CH-CHCl-OR + ROH \rightarrow CCl_2=CH-CH(OR)_2 + ClH.$$

Nous avons ainsi obtenu avec un rendement de 64 % l'acétal dibutylique : liquide incolore $E_{13,5}$ 126-128°; $n_D^{18}$ 1,4529; $d_4^{18}$ 1,045; Rdt théorie 65,55; trouvé 65,88; Cl % théorie pour $C_{11}H_{20}OCl_2$ 27,84; trouvé 27,84; facilement hydrolysable et se décomposant à la longue (au bout de plusieurs mois) avec perte de ClH et formation de produits supérieurs. Il est à noter que l'on trouve une certaine quantité de cet acétal dans les produits d'hydrolyse à froid du dérivé $CCl_2=CH-CHCl-OC_4H_9$.

([2]) Nous avons pu également préparer cet aldéhyde à partir de l'éthoxy-éthylène. Nous tenons à signaler que, contrairement à ce que nous pensions, cet aldéhyde avait déjà été isolé à partir du produit d'hydrolyse de l'acétate de bromo 1 trichloro 333 propyle (pas d'indication de rendement) par Kharasch, Reinmuth et Urry (*J. Amer. Chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 1108).

*Action du bromure d'éthyl-magnésium.* — Elle conduit à l'alcool



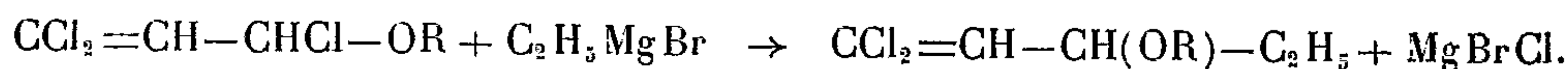
$$CCl_2=CH-CHOH-C_2H_5 \quad (\text{Rdt } 72\ \%).$$

Les alcools renfermant un groupement β-dichlorovinyle sont peu connus [seuls deux représentants chlorés et bromés, à fonction primaire

$$CX_2=C(CH_3)-CH_2OH$$

ont été décrits ([3])]; celui-ci est un liquide incolore, $E_{12,5}$ 80-81°; $n_D^{19}$ 1,4816; $d_4^{19}$ 1,228; Rdt théorie 36,08; trouvé 35,95; Cl % théorie pour $C_5H_8OCl_2$ 45,80; trouvé 45,65; OH % (par acétylation pyridinique) théorie 10,96; trouvé 11,14. Il est à noter que les atomes de chlore de l'aldéhyde, si réactifs en milieu alcalin, semblent dans cette réaction relativement inertes : une condensation effectuée avec un excès de magnésien (1,5 mol-g pour une molécule-gramme d'aldéhyde) ne provoque en effet la formation d'aucun autre dérivé que l'alcool attendu dont nous étudions actuellement les propriétés, ainsi que celles de ses homologues.

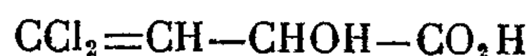
Les éthers de cet alcool peuvent être facilement préparés par la réaction de double décomposition :



$$CCl_2=CH-CHCl-OR + C_2H_5MgBr \rightarrow CCl_2=CH-CH(OR)-C_2H_5 + MgBrCl.$$

L'éther butylique préparé de cette façon avec un rendement de 75,5 % est un liquide $E_{14,5}$ 89,5-90°; $n_D^{18}$ 1,4529; $d_4^{18}$ 1,037; Rdt théorie 54,67; trouvé 54,98; Cl % théorie pour $C_9H_{16}OCl_2$ 33,65; trouvé 32,57 et 32,68([4]).

*Cyanhydrine.* — L'action à 0° d'une solution de CNK sur la combinaison bisulfitique de la dichloracroléine donne une cyanhydrine dont l'hydrolyse par ClH concentré à température ordinaire mène à l'acide



$$CCl_2=CH-CHOH-CO_2H$$

non encore décrit. Sa purification est difficile et le rendement (par rapport à l'aldéhyde) qui atteint 40 % en produit brut, ne dépasse pas 10-15 % en produit pur : solide blanc, très soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, et donnant avec $Mn_2O_3$ la réaction caractéristique des acides-alcools α; F (après plusieurs recristallisations dans un mélange $CHCl_3-C_6H_6$) 56,5-57°,5; PM par dosage alcalimétrique : théorie 171; trouvé 171,1.

Un essai de préparation de la cyanhydrine par action directe de CNH anhydre sur l'aldéhyde, en présence d'une trace de CNK, ne donna pas de bons résultats.

---

([3]) MERESHKOWSKI, *Annalen*, 431, 1923, p. 128; KIRMANN et JACOB, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1528.

([4]) Ces chiffres d'analyse un peu faibles furent obtenus à partir d'échantillons plusieurs fois rectifiés. Ils mettent en évidence la présence dans l'éther d'une petite quantité d'impureté difficile à éliminer par distillation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cétones aliphatiques à longue chaîne.* Note (*) de M[me] **Mathilde Fritz-Brini** et M[lle] **Suzanne Berschandy**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le but de ce travail a été d'obtenir par synthèse des composés à longue chaîne purs et bien définis.

Plusieurs réactions classiques se sont trouvées difficilement applicables aux homologues supérieurs. Les procédés de choix, conservant leur efficacité dans ces cas, semblent être ceux qui font appel aux réactifs de Grignard, et plus spécialement la méthode de Blaise de synthèse des cétones par les nitriles :

$$CH_3-(CH_2)_p-CN + CH_3-(CH_2)_q-MgBr \rightarrow CH_3(CH_2)_p-CO-(CH_2)_q-CH_3.$$

Nous avons ainsi préparé des cétones en $C_{24}$ et en $C_{33}$. La même réaction réussit bien avec les dinitriles, pourvu que leurs groupements fonctionnels soient séparés par trois groupes méthylène au moins. Le nitrile succinique ne nous a fourni que des goudrons. Les dicétones aliphatiques obtenues possèdent 40, 43 et 44 atomes de carbone. Les rendements ont varié de 30 à 75 %.

La purification des cétones par cristallisation est d'autant plus délicate que la chaîne est plus longue. La principale impureté est l'hydrocarbure de doublement, qu'on n'évite pas complètement dans la formation du magnésien. La pureté finale est essentiellement limitée par celle des bromures à longue chaîne dont dérivent les magnésiens.

Des cétones de ce type avaient déjà été obtenues avec 35 et 43 atomes de carbone, surtout les cétones symétriques grâce à la réaction de Piria ([1]).

La réaction de Blaise avait été appliquée à des mononitriles ([2]) mais non encore à des dinitriles de chaîne longue.

Les cétones obtenues possèdent des points de fusion nets, croissant régulièrement avec la longueur de la chaîne. Leur solubilité est toujours voisine de celle des hydrocarbures saturés et de tous les autres composés à chaîne normale comportant le même nombre d'atomes de carbone. Elle est très faible, de l'ordre de 1 à 2 g/l en $C_{33}$ à 20°, mais augmente rapidement avec la température. Les composés à chaîne ramifiée, au contraire, sont beaucoup plus solubles. Ces propriétés sont conformes à celles observées antérieurement sur des carbures analogues ([3]).

---

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) Backer et Strating, *Rec. Trav. Chim., Pays-Bas*, 59, 1940, p. 933-945.

([2]) Whitemore et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 235; Hausser et Weiss, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 426.

([3]) Meyer et v. Wyck, *Hel. Ch. Act.*, 20, 1937, p. 1313.

Parmi les dérivés caractéristiques, les oximes se forment de façon satisfaisante, mais il ne nous a pas été possible d'isoler des semicarbazones ni des phénylhydrazones.

Différentes transformations chimiques sont assez aisées. La réduction par la méthode de Clemmensen nous a conduits aux hydrocarbures saturés à 24 et 33 atomes de carbone ([4]).

Par le sodium et l'alcool amylique, on a les alcools secondaires correspondants avec un rendement excellent.

Par action des organomagnésiens en solution benzénique, nous avons pu fixer des chaînes latérales sur les mono- et les dicétones, avec des rendements de l'ordre de 80 %. On obtient ainsi des alcools tertiaires stables, ne se déshydratant pas trop facilement. Cependant nous n'avons pu réussir à en préparer des dérivés caractéristiques. Seul le dosage de carbone et d'hydrogène a permis d'en contrôler la composition.

Par déshydratation à l'aide d'acide paratoluène sulfonique, nous avons obtenu des carbures éthyléniques, caractérisés par leur absorption de brome.

Même un glycol à 80 atomes de carbone a pu être obtenu sans difficultés. Il ne semble pas qu'un composé aliphatique de synthèse et bien défini ait jamais été préparé avec un squelette aussi étendu, si l'on excepte un dérivé de la bixine obtenu par Karrer ([5]).

*Tétracosanone*-6, $C_5H_{11}—CO—C_{18}H_{37}$. — Obtenu par le nitrile caproïque et le bromure d'octadécyle; F 65°; Oxime F 41°. Il en dérive par réduction le tétracosanol-17; F 76° et le tétracosane; F 51°. Par le bromure de *n*-pentylmagnésium, on a le *n*-pentyl-6 tétracosanol-6; F 34°.

*Tritriacontanone*-17, $C_{16}H_{33}—CO—C_{16}H_{33}$. — Obtenu par le cyanure d'hexadécyle et le bromure d'hexadécyle; F 81-82°. Il en dérive par réduction le tritriacontanol-17; F 86° et le tritriacontane; F 72°. Le bromure d'hexadécylmagnésium donne le trihexadécylcarbinol; F 60°.

*Tétracontane dione*-17,24, $C_{16}H_{33}—CO—(CH_2)_6—CO—C_{16}H_{33}$. — Obtenu par le nitrile subérique et le bromure d'hexadécyle; F 104° Dioxime, F 77°. Le bromure d'éthylmagnésium donne le diéthyl-17,24 tétracontane diol-17,24; F 50°.

*Tritétracontanedione*-19,25, $C_{18}H_{37}—CO—(CH_2)_5—CO—C_{18}H_{37}$. — Obtenu par le nitrile pimélique et le bromure d'octadécyle; F 111-112°. Dioxime, F 93°.

*Tétra-tétracontanedione*-19,26, $C_{18}H_{37}—CO—(CH_2)_6—CO—C_{18}H_{37}$. — Obtenu par le nitrile subérique et le bromure d'octadécyle; F 112°. Dioxime,

([4]) Jones, *J. Am. Ch. Soc.*, 69, 1947, p. 2350).

([5]) *Helv. Ch. Act.*, 14, 1931, p. 1194.

F 94°. La réduction donne le tétratétracontane diol-19,26; F 108°. Le bromure d'octadécylmagnésium donne le tétrakis octadécyl-1.1.8.8 octane diol-1.8; F 62°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action du chlorite et du bioxyde de chlore sur la laine.* Note [1] de MM. **Charles Schirlé** et **Jean Meybeck**, présentée par M. Marcel Delépine.

La laine traitée par des solutions acides de chlorite ou de bioxyde de chlore, est altérée avec formation de produits d'oxydation de la cystine et de la tyrosine.

L'action du chlorite et du bioxyde de chlore sur les fibres protéiniques, n'a fait jusqu'à ce jour l'objet que de rares publications surtout d'ordre technique, et le mécanisme de l'altération des fibres ainsi traitées est mal connu. Au cours de notre étude sur la laine, nous avons pu préciser la nature d'un certain nombre de produits d'oxydation formés.

1. *Action de solutions concentrées de chlorite.* — Quelques essais préliminaires ont été faits en traitant la laine par des solutions concentrées de chlorite en milieu légèrement acide et à température relativement élevée. On traite $4^g$ de laine par $400^{cm^3}$ de solution de chlorite à 1 % tamponnée à pH 4, à 80° C pendant 2 heures. On obtient ainsi une fine poudre blanche ne présentant plus le moindre aspect fibreux.

Par chromatographie sur papier de l'hydrolysat de cette poudre, on constate que la tyrosine et la cystine ont complètement disparu, cette dernière ayant été transformée en acide cystéique.

2. *Action de solutions diluées de chlorite.* — La laine purifiée par extractions et lavages répétés avec différents solvants, est traitée au chlorite dans les conditions suivantes : température constante 65° C, concentration 4,2 % de chlore actif par rapport au poids de laine, pH variable (1,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5 et 8).

Pour chaque pH de traitement, on étudie la perte de pouvoir oxydant en fonction du temps, en présence de laine et sans laine. Nous avons montré :

1° Que la vitesse de réaction du chlorite sur la laine décroît lorsque le pH de traitement augmente.

2° Que la laine brunit d'autant plus que le pH de traitement est plus bas.

Comme aux bas pH, la solution de chlorite se décompose rapidement en donnant du bioxyde de chlore, on peut supposer que ce brunissement est précisément dû au bioxyde de chlore dégagé; d'ailleurs une solution aqueuse de bioxyde de chlore dans l'eau, brunit la laine plus rapidememt encore.

Sur chacun des échantillons de laine ainsi traités au chlorite, on a déterminé : la perte de poids au traitement, la teneur en soufre et en azote, la capacité

d'absorption des acides et des bases, la perte à la soude (test de Harris), la teneur en cystine.

On obtient les résultats suivants :

| pH de traitement. | Perte (%) de poids. | Perte (%) à la soude. | Teneur (%) en cystine. | Teneur (%) en azote. | Teneur (%) en soufre. | Absorption (millimol/g de laine). NaOH $n/10$. | Absorption (millimol/g de laine). HCl $n/10$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,5 (une heure). | 0,8 | 23,3 | 9,41 | 16,4 | 3,2 | 0,876 | 0,506 |
| 3 ( » ). | 0,54 | 28,8 | 9,28 | 16,5 | 3,24 | 0,82 | 0,566 |
| 3,5 ( » ). | 0,35 | 28,8 | 9,08 | 16,5 | 3,37 | 0,796 | 0,619 |
| 4 ( » ). | 0,04 | 20 | 9,42 | 16,7 | 3,2 | 0,74 | 0,653 |
| 4,5 ( » ). | 0,09 | 16,9 | 9,79 | 16,7 | 3,4 | 0,712 | 0,657 |
| 5 ( » ). | 0,5 | 10,7 | 9,84 | 16,6 | 3,38 | 0,699 | 0,667 |
| 8 ( » ). | 0,18 | 9,55 | 10,2 | 16,8 | 3,23 | 0,642 | 0,686 |
| Laine pure... | 0 | 9,8 | 10,26 | 16,64 | 3,35 | 0,626 | 0,727 |

L'ensemble de ces résultats nous montre :

1° Que la perte de poids au traitement est extrêmement faible dans tous les cas;

2° Que les teneurs en azote et en soufre restent à peu près inchangées;

3° Que les laines traitées à bas pH absorbent davantage de soude et moins d'acide chlorhydrique que celles qui sont traitées à pH plus élevé;

4° Que la solubilité dans la soude augmente lorsque le pH de traitement passe de 8 à 3 environ, *puis diminue en milieu plus acide.*

5° Que la teneur en cystine décroit de pH 8 à 3 environ, *puis augmente en milieu plus acide.*

Les résultats 3° et 5° confirment la formation d'acide cystéique par oxydation des pontages cystiniques.

Les résultats 4° et 5° montrent qu'à pH inférieur à 3 il y a moins de cystine oxydée qu'à pH 3, ce qui prouve qu'en milieu fortement acide un autre amino-acide de la laine doit être oxydé plus rapidement que la cystine elle-même. Or dans ces conditions, la laine présente le maximum de coloration, il est vraisemblable que c'est précisément cette oxydation qui cause le brunissement de la fibre. Plusieurs raisons nous firent supposer que cet amino-acide devait être la tyrosine. En effet :

1° La tyrosine pure, sous l'action du chlorite acide ou du bioxyde de chlore s'oxyde rapidement en donnant une coloration brune;

2° La soie naturelle, traitée dans les mêmes conditions que la laine, brunit encore plus fortement, ce qui s'explique par le fait qu'elle renferme de la tyrosine, mais pas de cystine;

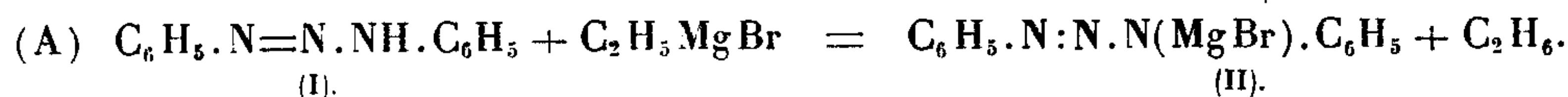
3° Sur les chromatogrammes de laines traitées à forte concentration en chlorite, la tache correspondant à la tyrosine a disparu.

3. *Action de solutions aqueuses de bioxyde de chlore.* — A 20°, on constate, comme avec le chlorite acide, une oxydation de la cystine de la laine en acide cystéique, et la formation d'un produit brun aux dépens de la tyrosine qui disparaît.

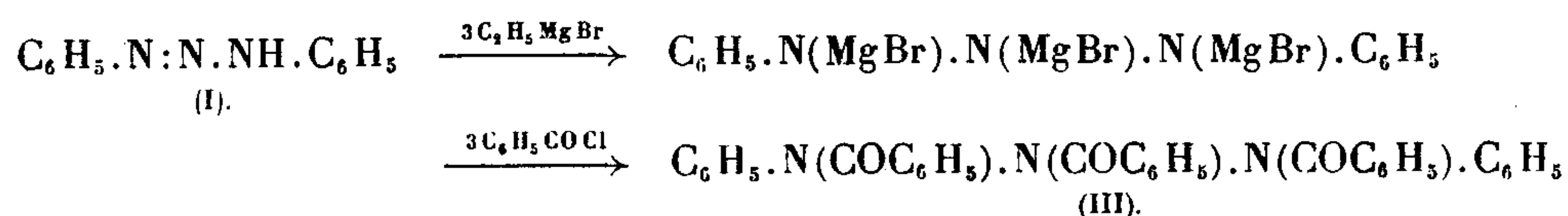
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du réactif de Grignard sur les triazènes. I. Dérivés N-acylés.* Note de M. **Joseph Klein**, présentée par M. Marcel Délépine.

Les triazènes N-acylés subissent, sous l'action du réactif de Grignard, une coupure réductive en fournissant de l'azote, des acylanilides et des carbures. Les résultats de Gilman et Pickens, concernant l'action de $C_2H_5MgBr$ sur le diphényltriazène, n'ont pas été confirmés.

L. Meunier (1), le premier, observa qu'une molécule de $C_2H_5MgBr$ agit sur le diphényltriazène (I) suivant le schéma A


$$\text{(A)}\quad \underset{\text{(I)}}{C_6H_5.N{=}N.NH.C_6H_5} + C_2H_5MgBr = \underset{\text{(II)}}{C_6H_5.N{:}N.N(MgBr).C_6H_5} + C_2H_6.$$

Plus tard, Gilman et Pickens (2) ayant fait agir $3^{mol}$ de $C_6H_5COCl$ sur le produit obtenu en traitant (I) par $3^{mol}$ de $C_2H_5MgBr$, obtinrent un produit (F 161°) auquel ils attribuèrent la formule (III). Pour expliquer la formation de ce produit tribenzoylé les auteurs admettent que le magnésien agit comme réducteur, en transformant le triazène en triazane, sur lequel $C_6H_5COCl$ se condense ensuite en donnant (III)

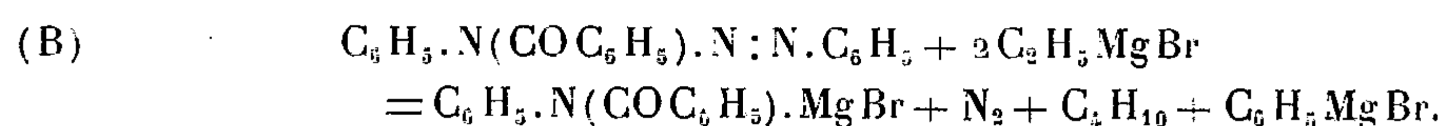

$$\underset{\text{(I)}}{C_6H_5.N{:}N.NH.C_6H_5} \xrightarrow{3C_2H_5MgBr} C_6H_5.N(MgBr).N(MgBr).N(MgBr).C_6H_5$$
$$\xrightarrow{3C_6H_5COCl} \underset{\text{(III)}}{C_6H_5.N(COC_6H_5).N(COC_6H_5).N(COC_6H_5).C_6H_5}$$

Ayant mesuré le volume de gaz dégagé au cours de l'action des magnésiens sur (I), je suis arrivé à un résultat qui ne s'accorde pas avec cette hypothèse, ce qui m'a incité à reprendre cette étude. Le volume de gaz formé à la température ordinaire correspond en effet à un seul H mobile, indépendamment de la durée du contact et de l'excès de réactif utilisé. Les essais effectués dans les mêmes conditions que ceux de Gilman et Pickens, mais sans addition de $C_6H_5COCl$ m'ont permis de récupérer après la réaction 80 % du diphényltriazène mis en œuvre, ce qui ne correspond pas au rendement de 31 % en triazène indiqué par ces auteurs. En suivant exactement leur mode opératoire

(1) L. Meunier, *Bull. Soc. Chim.*, (3), **29**, 1903, p. 315.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **47**, 1925, p. 3411.

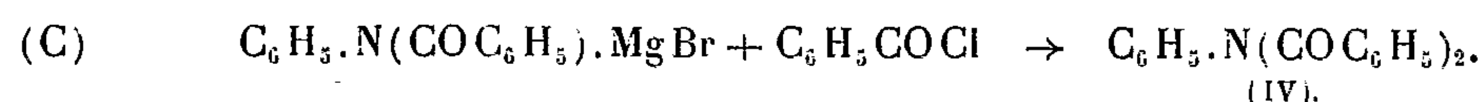
j'ai obtenu également, après l'addition de $C_6H_5COCl$, un produit fondant à 161°. Or, un examen plus minutieux de cette substance (analyse élémentaire, saponification, point de fusion mélangé avec un produit de synthèse) a révélé qu'il s'agit de N-dibenzoylaniline $C_6H_5.N(COC_6H_5)_2$ (IV) et non pas de tribenzoyldiphényltriazane (III). Dans leur étude Gilman et Pickens se sont basés sur la quantité d'acide benzoïque et d'aniline résultant de la saponification de ce produit. Or, les chiffres indiqués par ces auteurs eux-mêmes sont plus proches des quantités qu'on doit obtenir théoriquement à partir de (IV). L'addition de $C_6H_5COCl$ au mélange réactionnel, soit aussitôt après avoir ajouté le triazène à $C_2H_5MgBr$, soit après 16 heures d'ébullition (comme l'ont fait Gilman et Pickens) conduit au même produit. Sa présence n'est donc pas due à une réduction lente du triazène en triazane.

La formation de (IV) ne peut être expliquée que par une coupure réductive par le magnésien du benzoyltriazène formé intermédiairement. C'est une action analogue à celle de l'alcool sur le benzoyldiphényltriazène, action qui fournit de la benzanilide, de l'azote et du benzène. Il faut donc admettre que, tout d'abord, une seule molécule de magnésien réagit avec (I) pour donner le complexe (II) [schéma (A)]. Après l'addition de $C_6H_5COCl$ il se forme le N-benzoyldiphényltriazène, lequel subit l'action de deux autres molécules de magnésien d'après le schéma (B)



$$(B)\qquad \begin{aligned} &C_6H_5.N(COC_6H_5).N:N.C_6H_5 + 2C_2H_5MgBr \\ &= C_6H_5.N(COC_6H_5).MgBr + N_2 + C_4H_{10} + C_6H_5MgBr. \end{aligned}$$

L'excès de $C_6H_5COCl$ agit à son tour en formant (IV) selon (C)



$$(C)\qquad C_6H_5.N(COC_6H_5).MgBr + C_6H_5COCl \rightarrow \underset{(IV).}{C_6H_5.N(COC_6H_5)_2}.$$

On observe effectivement un dégagement gazeux abondant pendant l'addition de $C_6H_5COCl$ au mélange réactionnel.

Les homologues du diphényltriazène réagissent d'une manière analogue; c'est ainsi que le di-*p*-tolyltriazène conduit à la dibenzoyl-*p*-toluidine.

Le mécanisme proposé est confirmé par l'étude de l'action de $C_2H_5MgBr$ sur le N-benzoyldiphényltriazène. Cette réaction donne lieu à la température ordinaire à un dégagement gazeux violent et conduit, après l'addition de $C_6H_5COCl$, avec un très bon rendement, à la dibenzoylaniline.

Le N-acétyldiphényltriazène réagit avec le réactif de Grignard de la même façon en donnant de l'acétanilide, du benzène et de l'azote.

*En définitive*, les triazènes N-acylés réagissent instantanément, dès la température ordinaire, avec les organomagnésiens en donnant naissance, par coupure réductive, à l'azote, aux acylanilides et aux carbures.

Mes expériences n'ont pas confirmé les résultats de Gilman et Pickens. Du reste, la réaction telle qu'ils l'ont effectuée ne permet pas de tirer de

conclusions concernant l'action des magnésiens sur le diphényltriazène, étant donné que celui-ci réagit beaucoup plus difficilement que le dérivé benzoylé auquel il donne naissance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du nickel de Raney sur quelques alcools aromatiques*. Note de M. **Georges Tsatsas**, présentée par M. Marcel Delépine.

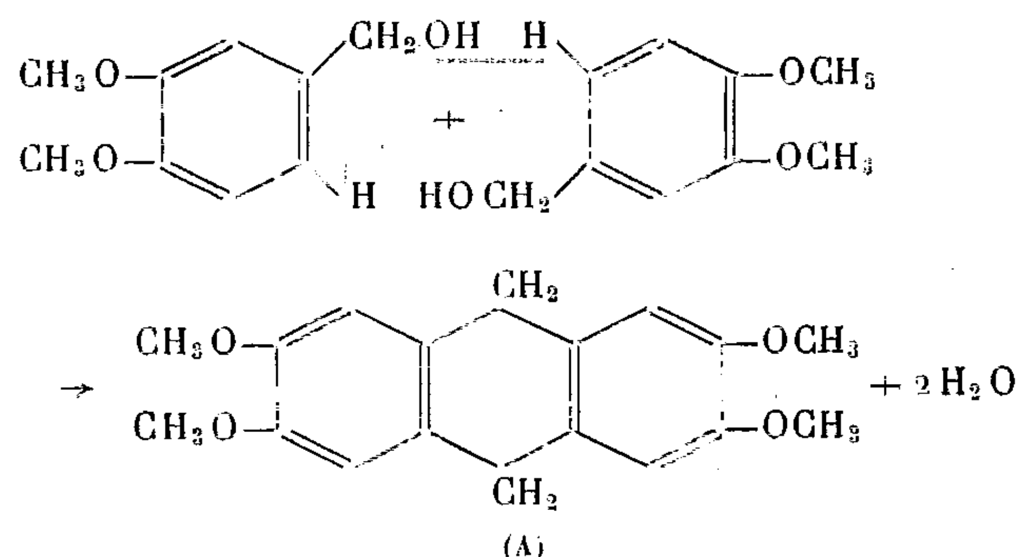
Il ressort des nombreuses études effectuées jusqu'à présent que le nickel de Raney réagit non seulement comme agent de réduction, mais provoque aussi des réactions secondaires, qui sont parfois prédominantes, suivant les conditions expérimentales et les substances mises en œuvre. C'est ainsi que les aldéhydes subissent souvent une cannizzarisation (1), les aldoximes se transforment en amides (2), des corps éthyléniques s'isomérisent (3). De même, on a remarqué de nombreux cas de déshydrogénation (4), d'aldolisation, d'oxydation ou même de déshydratation d'alcools secondaires en carbures. Enfin M. Paul signale l'action du nickel de Raney sur les alcools (5) non pas dans une atmosphère d'hydrogène, mais par chauffage à des températures déterminées avec de grandes quantités de ce catalyseur, et remarque la déshydrogénation de ces alcools à des températures moins élevées que par le nickel réduit ordinaire.

Dans la présente Note je signale la déshydratation et déshydrogénation provoquées par des traces de nickel de Raney dans quelques alcools aromatiques. En vue d'obtenir l'alcool homovératrylique, j'avais soumis la méthylvanilline à l'hydrogénation catalytique en présence de nickel de Raney à la température de 35° environ et à la pression atmosphérique. La réaction est rapide et au bout de deux heures, une molécule de méthylvanilline avait absorbé la quantité théorique d'hydrogène. Après filtration et évaporation du solvant (alcool éthylique) le résidu contenant des traces de Ni, passé pendant la filtration, est soumis à la distillation sous pression réduite. Quand la température a atteint presque le point d'ébullition du produit, une violente réaction se déclenche et tout le liquide, coloré en vert clair, passe au ballon récepteur et cristallise en majeure partie. Recristallisé dans le benzène, ce corps, fondant

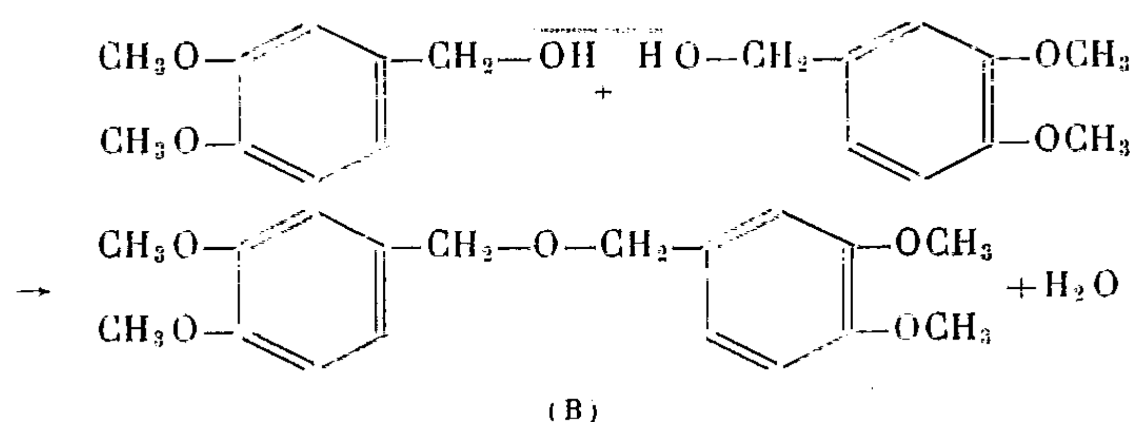
---

(1) M. Delépine et A. Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 1524.
(2) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 1115.
(3) M. Delépine et A. Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 339.
(4) L. Palfray et S. Sabetay, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 109; L. Palfray, S. Sabetay et A. Halatz, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1654 L. Palfray, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 7, 1940, p. 411.
(5) R. Paul, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1319; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1592; 5e série, 8, 1941, p. 507.

à 228°, a été identifié avec le tétraméthoxy-2.3.6.7 dihydro-9.10 anthracène. Sa formation s'explique par une double déshydratation suivant le schéma :




En dehors de ce corps j'ai isolé une substance fondant à 73°, identifiée avec l'éther-oxyde correspondant, le *bis*-(diméthoxy-3.4 benzyl)-éther, par la synthèse de ce dernier à partir du chlorure de diméthoxy-3.4 benzyle et du diméthoxy-3.4 benzylate de sodium. Sa formation peut s'expliquer comme suit :




Par action de l'acide sulfurique concentré, ce dernier donne le corps (A). Cette formation peut s'interpréter par une hydrolyse de l'éther-oxyde en alcool homovératrylique suivie d'une double déshydratation en dérivé du dihydro-9.10 anthracène. Les spectres d'absorption dans l'U. V. moyen des deux échantillons (F 73°) obtenus par synthèse et durant la réaction sont superposables, ce qui confirme l'identité des deux produits en dehors du point de fusion mélangé. Ils sont aussi très voisins du spectre du produit F 228°. En effet, l'allure des courbes est tout à fait la même, mais elle est, dans le second cas, déplacée vers le visible.

Dans l'expérience citée ci-dessus le corps (A) est prédominant; par contre, si le chauffage a lieu dans un bain-marie bouillant sous pression réduite, la même violente réaction se déclenche, mais c'est le produit (B) qui se forme surtout. Par distillation du liquide épais, après séparation du corps (B) j'ai obtenu une fraction ($E_{15}$ 159°) qui se prend en masse par refroidissement et que j'ai identifié avec la méthylvanilline dont la formation est due à une déshydrogénation. Le résidu assez abondant était indistillable et se résinifiait.

En vue de voir si cette déshydratation a lieu aussi avec d'autres alcools aromatiques, j'ai soumis à l'ébullition pendant une heure avec de petites quantités de Ni de Raney les alcools diméthoxy-2.3 benzylique et anisique. A la distillation j'ai retrouvé, dans le cas de l'alcool diméthoxy-2.3 benzylique, la majeure partie du corps initial, avec environ 10 % du carbure correspondant, identifié par l'analyse et les constantes physiques. Dans le second cas, en dehors d'une petite quantité de carbure, j'ai obtenu l'aldéhyde anisique, formé par déshydrogénation de l'alcool.

En conclusion, l'alcool homovératrylique, chauffé avec des traces de Ni de Raney, donne lieu à une violente réaction avec déshydratation et déshydrogénation simultanées et formation d'une part d'un carbure anthracénique et d'un éther-oxyde et d'autre part de la méthylvanilline. Quant aux alcools diméthoxy-2.3 benzylique et anisique, il se forme, dans les mêmes conditions, le carbure correspondant, avec, dans le second cas, obtention de l'aldéhyde anisique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Détermination par voie chimique de la structure moléculaire des isomères de l'heptachlorocyclohexane.* Note de M. **Léon Coutier**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les six heptachlorocyclohexanes isomères αβγεζη dont les trois derniers sont nouveaux, ont été isolés dans les produits de chloration des isomères purs de l'hexachlorocyclohexane. Des formules spatiales déduites des considérations de structure des hexachlorocyclohexanes dont ils dérivent ont été attribuées à ces six heptachlorocyclohexanes ainsi qu'au δ hexachlorocyclohexane.

Par chloration des isomères purs de l'hexachlorocyclohexane [1] en solution $CCl_4$ on obtient des mélanges d'heptachlorocyclohexanes desquels ont pu être isolés et identifiés (par leurs points de fusion et leurs vitesses d'élution en chromatographie) six isomères αβγεζη dont les trois derniers sont nouveaux.

Dans les produits de chloration :

*a. de l'α-hexachlorocyclohexane*, par chromatographie de partage on a isolé le γ-*hepta* déjà décrit [2], [3] et, en quantité très faible des cristaux que nous pensons être du ζ-*hepta*, identifié par ailleurs dans les produits de chloration du γ-*hexa*;

*b. du β-hexa*, par épuisement à l'éther de pétrole sur colonne de bentonite, on a isolé le β-*hepta* F 240°;

(1) Dans la suite de cette Note les hexachlorocyclohexanes et heptachlorocyclohexanes seront parfois désignés plus brièvement par *hexa* et *hepta*.

(2) G. Dragt, *Anal. Chem.*, 20, 1948, p. 737.

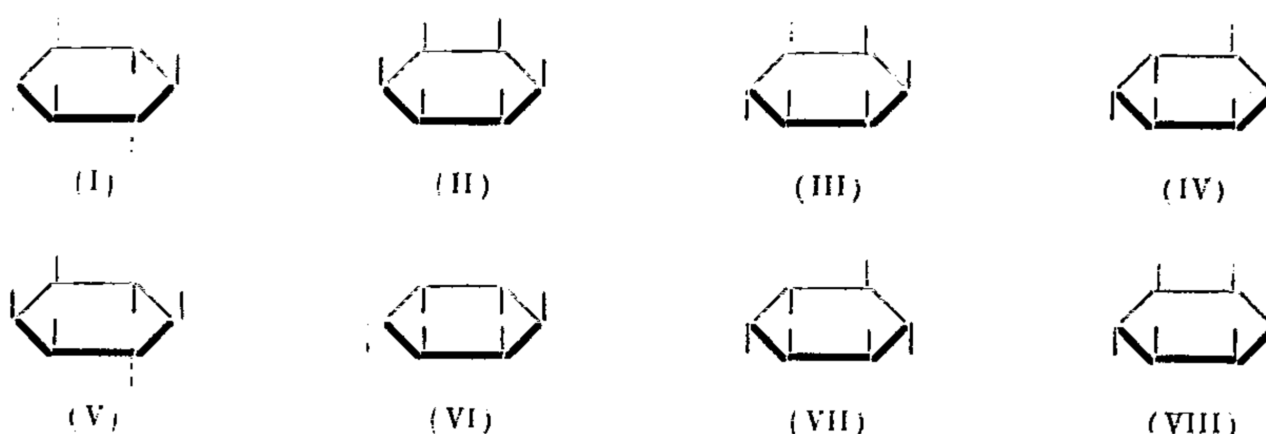
(3) Minoru Makazima, revue japonaise *Bochu-Nakaku*, 11, 1949, p. 3.

*c. du γ-hexa*, par chromatographie de partage, on a isolé un nouvel isomère F 39° que nous désignons *ζ-hepta*;

*d. du δ-hexa*, on a isolé une partie peu soluble constituée par du *β-hepta* obtenue également à partir du *β-hexa* et, par chromatographie du *γ-hepta* F 84° (obtenu également à partir de l'*α-hexa*) et de l'*α-hepta* F 143°;

*e. de l'ε-hexa*, par chromatographie, on a isolé deux isomères que nous désignons *η-hepta* F 148° et *ε-hepta* F 96°.

Examinons les schémas possibles des hexachlorocyclohexanes isomères ([5])

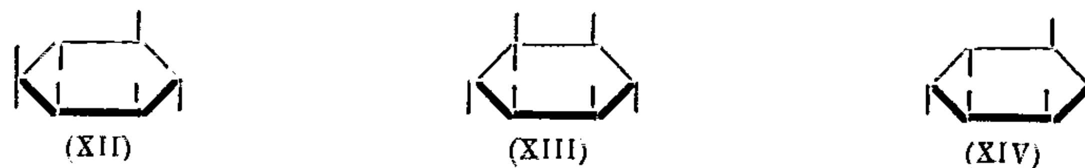


Les travaux de différents auteurs ont établi que l'ε-hexa correspond au schéma (VI), l'α-hexa au schéma (VII), le γ-hexa au schéma (VIII) et le β-hexa à la formule centrosymétrique du schéma (I).

On constate que l'addition d'un Cl à la formule (I) ne peut conduire qu'à un seul dérivé représenté par (IX) et qu'en outre seul l'hexa de formule (V) est susceptible d'engendrer le dérivé (IX). Or nous avons vu que, outre le β-hexa, seul le δ-hexa donne, par chloration, du *β-hepta*. Ces faits nous permettent d'attribuer la formule (V) au δ-hexa et la formule (IX) au *β-hepta*.

L'introduction d'un atome de Cl dans la molécule de δ-hexa conduit à quatre schémas possibles d'heptas.

Les γ et α-heptas isolés dans les produits de chloration du δ-hexa doivent donc correspondre à l'une des structures (X), (XI) ou (XII). Or, l'addition d'un Cl à la molécule d'α-hexa (VII) ne peut conduire qu'aux trois heptas (XII), (XIII) et (XIV).



Le schéma (XII) qui dérive du δ-hexa et de l'α-hexa doit donc correspondre au *γ-hepta* qui a été séparé expérimentalement dans les produits de chloration des δ et α-hexas.

Pour décider si l'α-*hepta* correspond au (X) ou (XI), remarquons que l'addition d'un Cl à l'ε-hexa (VI) ne peut donner que les deux heptas (XV) et (XI), et que ce dernier dérive également du δ-hexa.

L'expérience ne nous ayant pas permis de préparer de l'α-*hepta* en partant de l'ε-hexa, l'α-*hepta* doit correspondre au schéma (X).

L'introduction d'un Cl dans la molécule de γ-hexa (VIII) ne peut conduire qu'aux deux schémas d'heptas (XVI) et (XIII). Le γ-*hepta* isolé dans les produits de chloration du γ-hexa doit donc correspondre à l'un de ces schémas. Si l'on note que le schéma (XIII) dérive également de l'α-hexa et que la présence d'un peu de ζ a été décelée dans les produits de chloration de l'α-hexa, on est conduit à attribuer le schéma (XIII) au ζ-hepta.

Quant aux η et ε-heptas, ils doivent correspondre aux schémas (XV) et (XI). Or si nous ne retrouvons pas de produit rappelant l'ε-hepta dans les produits de chloration du δ-hexa, par contre, avec quelques réserves toutefois, on a pu déceler l'η-hepta dans ces mêmes produits, c'est ce qui nous amène à assigner à l'η-hepta le schéma (XI) et, à l'ε-hepta le schéma (XV).

En résumé, ces considérations nous amènent à attribuer au δ-hexa le schéma (V) et aux heptas isomères, respectivement les schémas (X) à l'α, (IX) au β, (XII) au γ, (XV) à l'ε, (XI) à l'η et (XIII) au ζ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le bromo-1 diphényl-2.3 indène et sa transformation en tétraphényl-2.3.2'.3' bisindényle-1.1'.* Note (*) de M. **Pierre Vallette**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparations du bromo-1 diphényl-2.3 indène (I) et sa transformation en tétraphényl-2.3.2'.3' bisindényle-1.1' (VI). La déshydrogénation des deux diastéréoisomères de ce dihydrure (VI) conduit au tétraphényl-2.3.2'.3' bisindénylidène (II).

Ainsi que nous l'avons indiqué précédemment ([1]) nous avons envisagé d'utiliser le bromo-1 diphényl-2.3 indène (I) comme matière première pour l'obtention du tétraphényl-2.3.2'.3' bisindénylidène-1.1' (II). Nous nous sommes tout d'abord attaché à l'étude de la préparation de ce dérivé bromé : Thiele et Ruggli ([2]), d'une part, signalent qu'il se forme par action de l'acide bromhydrique sur l'acétoxy-1 diphényl-2.3 indène; Banus et Medrano ([3]),

(*) Séance du 8 janvier 1951.

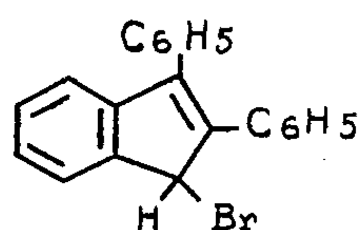
([1]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et P. Vallette, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1379.

([2]) *Liebig's Annalen*, **393**, 1912, p. 61.

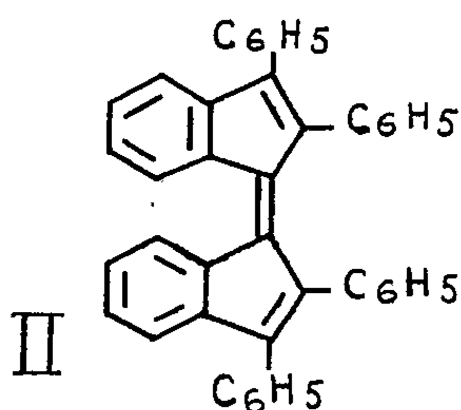
([3]) *Am. Soc. Esp. Phys. et Chim.*, **207**, 1923, p. 461.

d'autre part, prétendent l'avoir obtenu par bromuration directe du méthylène en 1 du diphényl-2.3 indène (IV).

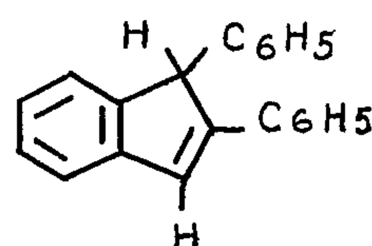
La première préparation n'est pas très commode car la synthèse de l'acétoxy-1 diphényl-2.3 indène par cyclisation de la benzaldésoxybenzoïne se fait avec de faibles rendements (15 %). Quant au deuxième procédé, utilisant l'action du brome en excès sur le diphényl-2.3 indène (IV), il ne nous a pas permis d'obtenir le bromo-1 diphényl-2.3 indène (I) : il nous a fourni un corps jaune comme le produit attendu, mais fondant à 197° au lieu de 159° indiqué par les auteurs ([3]) et qui a été reconnu, par l'analyse, comme étant un dérivé tribromé de formule brute $C_{21}H_{13}Br_3$ et de constitution inconnue. Par contre, le diphényl-1.2 indène (III), traité par le brome en excès, a donné le dérivé bromé cherché (I), $C_{21}H_{15}Br$, $F_{inst}$ 159-160°; et, de ce fait, on peut se demander si une erreur de transcription ne se serait pas glissée dans le mémoire de Banus et Medrano : n'auraient-ils pas, eux aussi, bromé l'indène (III) et non pas, comme ils l'écrivent, l'indène (IV) ?



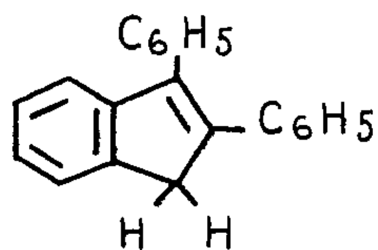
I



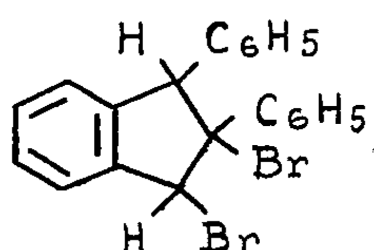
II



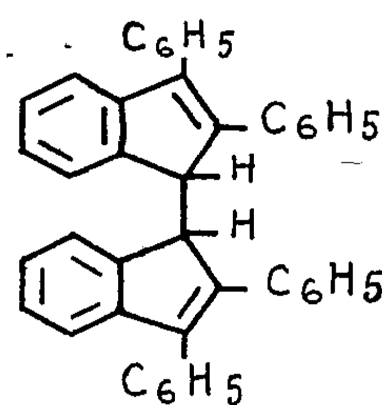
III



IV



V



VI

Cette dernière réaction peut s'expliquer en admettant d'abord l'addition d'une molécule de brome sur le diphényl-1.2 indène (III) avec formation du dibromo-2.3 diphényl-1.2 indane (V), instable, perdant BrH avec rapidité pour donner le dérivé bromé (I). Cette explication concorde avec le fait que le bromo-1 diphényl-2.3 indène (I) ne fixe ni BrH ni $Br_2$.

La bromuration du méthylène en 1 du diphényl-2.3 indène (IV), avec formation du dérivé bromé ([1]), n'a pu être réalisée que par la N-bromosuccinimide. Il est à noter que ce réactif, dans les mêmes conditions ne réagit pas sur

l'indène (III). Ces résultats sont en accord avec ce que l'on sait sur la propriété que possède la N-bromosuccinimide de bromer un méthylène voisin d'une double liaison mais non pas de substituer par un brome un hydrogène d'un carbone tertiaire.

N'ayant pu obtenir un magnésien ou un lithien à partir du bromo-1 diphényl-2.3 indène (I), nous avons voulu voir si le dérivé iodé était tout aussi peu réactif. Nous pensions préparer celui-ci par substitution du brome par l'iode au moyen de l'iodure de sodium. Cette réaction n'a pas abouti au résultat attendu, mais a donné un doublement de la molécule avec formation, du tétraphényl-2.3.2'.3' bisindényle-1.1' (VI), $C_{42}H_{28}$, $F_{inst}$ 265°. L'aptitude du dérivé iodé à se doubler n'est d'ailleurs pas exceptionnelle dans cette série puisque Strauss, Kuhnel et Haensel ([4]) ont obtenu, par une réaction analogue, le dibromo-3.3' bisindénylidène à partir du tribomo-1.1.3 indène. Dautre part, cet hydrocarbure (VI) se forme aussi, mais avec un rendement inférieur, par action du sodium sur le dérivé bromé (I).

L'hydrocarbure (VI) possède deux carbones asymétriques en 1.1'. avec un plan de symétrie, ce qui donne lieu à l'existence de deux formes diastéréoisomères, $F_{inst}$ 265° et 327° et deux seulement, effectivement isolées par cristallisations dans le benzène; le premier isomère, beaucoup plus soluble que le second, se forme en bien plus grande proportion (80 %).

La déshydrogénation de l'hydrocarbure (VI) devait normalement nous conduire au tétraphényl-2.3.2'.3' bisindénylidène-1.1' (II). Effectivement, les deux isomères, déshydrogénés par la litharge à 300°, ou par ébullition dans le nitrobenzène, se transforment en tétraphényl-2.3.2'.3' bisindénylidène-1.1' (II), $C_{42}H_{28}$, prismes brun (benzène) $F_{inst}$ 278°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de l'acide (dl) glutamique* $COOH.CH_2.CH_2.CH(NH_2)COOH$. Note de M. **Jésus Anatol**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'auteur décrit une méthode permettant d'obtenir l'acide *dl* glutamique à partir de l'acide aldéhyde succinique ou de son ester ou même de son nitrile, par l'intermédiaire de l'hydantoïne que l'on hydrolyse ensuite par la baryte.

La source principale de l'acide glutamique est la farine de gluten ou certains produits naturels (caséine, gliadine, mélasses de betteraves, « Ajinomoto », etc.) ([1]). Toutefois cet acide (*l*) ainsi que le (*dl*) obtenu par racémisation, ne conviennent pas à toutes les applications biochimiques car ils sont accompagnés par des « facteurs » utilisés par les micro-organismes, ce qui

([4]) *Berichte*, 66, 1933, p. 1847.

([1]) H. King, *Synthèses organiques*, I, p. 45.

amène des erreurs dans les résultats. D'où l'intérêt présenté par l'acide glutamique de synthèse.

Parmi les différents procédés synthétiques, deux sont restés classiques. Ils reposent sur la condensation de l'aminomalonate d'éthyle benzoylé ([2]), phtalylé ([3]), avec le β-bromo-propionate d'éthyle pour le premier, et l'acrylate d'éthyle pour le second.

Plusieurs auteurs se sont inspirés de ces travaux mais seul, peut-être, Galat ([4]) a quelque peu simplifié le premier procédé.

Dans une précédente Note ([5]) relative à la synthèse d'une valine marquée ($C_{13}$) nous avons signalé les bons rendements obtenus en aminoacides en partant des aldéhydes et en passant par les 5-hydantoïnes.

C'est ce procédé que nous avons appliqué à la synthèse de l'acide glutamique en prenant comme matière première, non pas les aldéhydes simples mais les aldéhydes mixtes en $C_4$ dont la fonction en bêta est susceptible de nous conduire au groupe carboxyle. Nous avons donc employé, soit l'acide aldéhydesuccinique, soit son ester, soit le nitrile correspondant.

L'intérêt de cette synthèse réside dans le fait que l'ester aldéhydesuccinique peut être obtenu avec un rendement de 71-74 % à partir de l'acrylate d'éthyle par hydroformylation au moyen d'oxyde de carbone et d'hydrogène en présence de cobalt-carbonyle comme catalyseur. C'est le procédé connu sous la dénomination d' « oxo process » ([6]) étudié par Adkins ([7]) et déjà utilisé industriellement ([8]).

Notre équipement ne nous permettant pas d'appliquer cette technique, nous avons fait appel aux moyens ordinaires pour synthétiser les aldéhydes mixtes précités.

L'acide aldéhyde-succinique a été préparé d'après Blaise-Carrière ([9]) (semicarbazone F 197-198°, N % calculé 26,41; trouvé 26,35). L'ester aldéhyde-succinique a été obtenu par une réduction de Rosenmund du chlorure de β-carbéthoxypropionyle $C_2H_5.OOC.CH_2.CH_2.COCl$ ([10]) suivant le procédé d'Organic Syntheses ([11]) (semicarbazone F 134-135°, N % calculé 22,46; trouvé 22,41). Ces deux aldéhydes nous ont conduit à la (β-propa-

([2]) DUNN, SMART, REDEMANN et BROWN, *J. Biol. Chem.*, **94**, 1931-1932, p. 599.

([3]) MARVEL et STODDARD, *J. Org. Chem.*, **3**, 1938-1939, p. 198.

([4]) *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 965.

([5]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1471.

([6]) ROELEN, U. S. P. 2327066, 1943.

([7]) H. ADKINS et G. KRSEK, *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 383; **71**, 1949, p. 3051.

([8]) DU PONT DE NEMOURS, U. S. P. 2437600, (*C. A.*, **42**, 1948, p. 4196); Br. P. 614010, *C. A.*, **43**, 1949, p. 4685); Br. P. 637999 (*C. A.*, **44**, 1950, p. 9473).

([9]) CARRIÈRE, *Ann. Chim.*, (9), **7**, 1922, p. 41.

([10]) N. RIEGEL, W. M. LILIENFELD, *J. Am. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 1274.

([11]) E. B. HERSHBERG et J. CASON, *Org. Synth.*, **21**, 1941, p. 84.

noïque) 5-hydantoïne $HOOC.CH_2.CH_2.NH\left\langle\begin{array}{l}CO-NH\\ \quad\ |\\ NH-CO\end{array}\right.$, l'acide aldéhyde, avec un rendement de 65 %; l'ester, avec un rendement de 55-60 % (Analyse : C % calculé 41,86; trouvé 41,72; H % calculé 4,65; trouvé 4,13; N % calculé 16,27; trouvé 16,15). Cette hydantoïne a toujours été obtenue jusqu'ici à partir de l'acide glutamique lui-même ([12]). L'hydrolyse par la baryte nous a conduit à l'acide glutamique avec un rendement de 80 %. (Analyse : C % calculé 40,82; trouvé 40,75; H % calculé 6,12; trouvé 6,06; N % calculé 9,52; trouvé 9,80).

Le β-cyanpropanaldéhyde obtenu, par hydrolyse de son acétal ([13]), nous a donné la 2-cyanéthyl 5-hydantoïne. Nous n'avons pu la faire cristalliser. L'hydrolyse acide a donné l'hydantoïne carboxylée et l'hydrolyse alcaline, l'acide glutamique (N % calculé 9,52; trouvé 9,41). Le rendement en acide glutamique à partir du nitrile aldéhyde est de 45 %.

Nous avons identifié l'acide glutamique par son dérivé benzoylé ([14]) $COOH.CH_2.CH_2.CH(NH.CO.C_6H_5)COOH$ (N %, calculé 5,58; trouvé 5,41; F 155-158°).

En résumé, en deux opérations, à partir d'une matière industrielle et de réactifs minéraux, on obtient, avec un rendement d'environ 45-50 %, l'acide *dl*-glutamique libre très pur.

## GÉOLOGIE. — *L'enracinement du Dôme du Pradet, près Toulon.*

Note de M. **Claude Gouvernet**, présentée par M. Paul Fallot.

Sur le pourtour de la rade de Toulon existent des massifs hercyniens dont l'interprétation structurale a toujours fait l'objet de vives controverses parmi les tectoniciens.

M. Bertrand ([1]) et P. Zurcher ([2]) d'abord, puis E. Haug ([3]) décrivirent ces massifs comme des lambeaux d'une nappe de charriage issue du Sud et poussée vers le Nord, sur les formations permo-triasiques de Toulon.

Les faits observés plus tard par G. Corroy ([4]) dans les secteurs du Pradet, du Cap Brun, du Mourillon et de la Seyne, nettement en faveur de l'enracinement des phyllades, furent admis par de nombreux géologues réunis en Provence en 1935.

---

([12]) Tanaka, *J. Pharm. Jap.*, 60, 1940, p. 219.

([13]) Dakin, *Am. Chem. J.*, 44, 1910, p. 59; J. F. Nyc et H. K. Mitchell, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1382.

([14]) E. Fischer, *Ber*, 32, 1899, p. 2468.

([1]) *Comptes rendus*, **112**, 1891, p. 1083.

([2]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **21**, 1893, p. 65.

([3]) *Mém. Carte géol. de la France*, 1re Partie, 1925, p. 113.

([4]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1963.

L'hypothèse de l'enracinement ayant été remise en question récemment à la suite des faits observés par J.-P. Destombes ([5]) dans la région de Sicié, je donne ci-après des observations qui m'obligent à conclure à l'*ennoyage du Massif du Pradet*, c'est-à-dire à son *autochtonie*.

*Bord sud.* — La structure du bord sud peut être définie par les coupes relevées dans les quartiers des Bonnettes et de Siboine. Dans le premier, les phyllades redressées viennent heurter le Muschelkalk et le Grès bigarré inclinés de 70 à 80° vers le Nord, par l'intermédiaire d'une mylonite où l'on identifie des éléments permiens mêlés à de gros blocs de Muschelkalk et de Grès. Entre les phyllades et le Trias, s'intercalent parfois (bord ouest de l'anse des Bonnettes) des schistes houillers réduits par étirement.

Dans le second quartier, les phyllades, redressées à la verticale et très froissées, sont en contact d'abord avec le Grès bigarré, puis avec le Muschelkalk. Vers le Sud-Est, le Grès bigarré, supportant le Muschelkalk du vallon de la Règue, se relève et vient reposer normalement sur le Permien de la Colle-Noire; vers le Nord-Est, cette formation rejoint celle du Château de Richet et du Mont-Paradis.

Donc, sur le bord sud du Massif du Pradet, les phyllades, verticales ou fortement inclinées vers le Nord, s'appuient sur le flanc nord d'un synclinal de terrains permiens et triasiques largement ouvert, vers le Nord-Est, en direction du Mont-Paradis.

*Bord nord.* — Le contact des phyllades et du Permo-trias peut être observé aux deux extrémités nord-ouest et nord-est du Massif. Dans le quartier de l'Ermitage, le Permien, incliné vers le Nord-Ouest, est en contact, par une surface d'étirement, avec les phyllades pendant à 75° au Nord. Près de la route de Toulon à Carqueiranne, au Sud de l'Artaude, les phyllades redressées et même légèrement renversées vers le Nord, heurtent les calcaires du Muschelkalk en position subverticale, avec intercalation de schistes houillers et de quelques éléments quartziteux du Grès bigarré.

Les terrains permiens et triasiques du bord nord du Massif du Pradet sont en continuité avec les formations de même âge du substratum du Mont-Paradis; ils rejoignent, par là, le Permien et le Trias de la Colle-Noire et du synclinal de la Siboine.

*Bord est.* — Le contact est des phyllades et du Trias présente des indentations qui contrastent singulièrement avec la rectitude des contacts nord et sud. Les phyllades, subverticales, ou fortement inclinées vers le Nord, forment des saillants qui se terminent en pointe vers l'Est. Entre ceux-ci, gisent les formations triasiques (Grès bigarré et Muschelkalk) plus ou moins tourmentées du synclinal des Plaines et du Mont-Paradis. A l'intérieur du Massif,

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 458.

remarquons que les saillants de phyllades correspondent à de puissantes lames, véritables écailles, orientées Est-Ouest.

*En conclusion,* le massif du Pradet est constitué par une série d'*écailles de phyllades* dont l'inclinaison générale vers le Nord révèle une poussée relative Nord-Sud. Sur le dos des lames issues du substratum hercynien, les terrains permiens et triasiques sont affectés par de puissants laminages soulignant le déplacement ascensionnel des phyllades (bord nord). Sur le front, ces terrains se plissent et dessinent un synclinal à flanc nord fortement réduit par étirement (bord sud). L'ennoyage des phyllades s'effectue vers l'Est, *écaille par écaille,* sous les formations permiennes et triasiques du Mont-Paradis. A l'Ouest, la plupart de ces écailles disparaissent; mais l'une d'elles, très mince, demeure pincée dans sa couverture, et donne l'affleurement continu, véritable lame extrusive (sortie sud du souterrain de l'Eygoutier), qui relie le dôme du Pradet au dôme de Lamalgue.

GÉOLOGIE. — *Sur le Miocène continental et les mouvements post-pontiens dans le synclinal des Khelas (Maroc méridional).* Note de M. **Henri Gauthier**, présentée par M. Paul Fallot.

De nouvelles observations montrent que le Miocène continental des Khelas représente les dépôts de la phase de remblaiement qui termine le Miocène. Elles précisent aussi les effets de la phase orogénique post-pontienne qui, en certains points, représente beaucoup plus que le simple rejeu de dispositifs acquis lors des mouvements post-oligocènes.

Le synclinal des Khelas s'étend d'Ouest en Est entre les chaînons méridionaux du Haut-Atlas marocain et le massif ancien du djebel Sarrho. Récemment (1), j'ai indiqué la part respective qui revient aux sédiments miocènes, pliocènes et quaternaires dans son remplissage. La nature et la disposition de ces dépôts permettent de préciser l'histoire géologique de ce secteur.

*Après la phase orogénique post-oligocène* (2), s'est établi un réseau hydrographique qui paraît avoir été l'ébauche du réseau actuel. Certaines vallées actuelles, au Nord-Ouest d'Ouarzazate par exemple, ne sont que d'anciens thalwegs partiellement dégagés de leur remplissage miocène. Ces derniers ont été comblés par un important remblaiement d'âge *miocène terminal* qui a noyé toute la région sous une accumulation de sédiments détritiques dont l'épaisseur dépasse localement $200^{m}$.

L'étude de ces dépôts montre qu'au pied de l'Atlas, les matériaux, originaires de cette chaîne, ont fourni les éléments de conglomérats qui, vers le Sud-

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1511.
(2) *Comptes rendus,* 231, 1950, p. 1322.

Ouest, quand on s'éloigne de la zone violemment plissée, sont remplacés par des grès calcaires, voire par des marnes gréseuses quelquefois gypsifères. Par contre, les grès violacés qui s'étalent au pied du Sarrho ont été formés à partir des rhyolites du massif ancien; jamais, en ce domaine, on n'observe de conglomérats, bien que les rhyolites soient parfaitement aptes à donner des galets.

*Les mouvements post-pontiens* ([3]) ont relevé et parfois même renversé les sédiments miocènes sur toute la bordure septentrionale du synclinal des Khelas. Leur effet a été plus ou moins intense suivant le secteur considéré. Ainsi, dans la vallée du Mgoun, les conglomérats sont simplement redressés sur une largeur d'environ $100^{m}$, tandis qu'au Nord d'Ouarzazate, des plis à large rayon de courbure affectent encore la série gréseuse à plus de $10^{km}$ du bord nord du synclinal.

Sur la rive gauche de l'Oued Dadès, au Sud-Est du douar de Tirhmatine el Had (feuille Dadès, au 1/200 000, intersection des coordonnées $89\text{-}443^{km}$), on observe trois klippes éocènes reposant sur le Miocène conglomératique redressé à la verticale. Ces petits lambeaux, dont le plus étendu mesure $750^{m} \times 150^{m}$, sont constitués de couches subhorizontales ou plongeant vers le Nord sous un angle de 10° et appartenant à une série sédimentaire renversée qui comprend du haut en bas : les calcaires rapportés au Maestrichtien-Danien, l'Éocène inférieur réduit et parfois un peu d'Éocène moyen. Le renversement de toute la série est aussi bien attesté par la lithologie que par la succession des faunes. Bien que ces lambeaux proviennent incontestablement de l'Éocène autochtone qui, à $400^{m}$ plus au Nord, bute par faille contre le Sénonien gréseux, leur mise en place, dont le mécanisme reste à préciser, n'en souligne pas moins la violence des mouvements qui leur ont donné naissance.

Enfin, en bordure du Sarrho, on note une opposition des plus nettes entre les dépôts conglomératiques qu'on doit rapporter, au moins en partie, au Pliocène et les grès miocènes sous-jacents toujours relativement fins. Une telle opposition pourrait trouver son explication dans la différence des climats et du degré d'altération des roches originelles au moment de la formation des dépôts respectifs. Toutefois, je crois que ce changement de granulométrie coïncidant avec la phase orogénique post-pontienne prouve que celle-ci affecta le pli de fond du Sarrho dont le relief fut rajeuni; d'où, reprise de l'érosion et formation de galets. Ainsi, précise-t-on, dans la région septentrionale de ce massif ancien, des mouvements relativement récents.

---

([3]) Le terme de post-pontien est employé de préférence à post-miocène pour souligner que les dépôts continentaux du Miocène, dont on ne peut préciser à quel moment ils ont débuté, se terminent vraisemblablement avec le Pontien. *Voir* G. Choubert, *Note préliminaire sur le Pontien au Maroc* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 15, p. 677-764).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les glucides des tubercules de Topinambour pendant leur évolution hivernale*. Note de M. **Marcel Quillet**, présentée par M. Raoul Combes.

Plusieurs glucofructosanes, autres que les satellites de l'inuline déjà connus, existent dans les tubercules de Topinambour en décembre. Leur molécule est comprise entre celle de la synanthrine et celle du saccharose. Elles sont différentes des fragments obtenus par hydrolyse ménagée de l'inuline par $SO_4H_2$.

Récemment R. Dedonder ([1]) obtenait par chromatographie sur papier du jus de presse de tubercules de Topinambour (récoltés en novembre) des figures composées d'une queue assez indistincte prolongeant la tache initiale, suivie d'une dizaine de taches bien individualisées dont les dernières correspondaient au fructose et au saccharose.

Cette intéressante constatation permettait d'éliminer définitivement la thèse de Schlubach et Knoop ([2]) sur l'inexistence des satellites de l'inuline (assimilés à des mélanges de « dilévane » et d'inuline). Elle confirmait au contraire les vues classiques de Ch. Tanret ([3]) précisées par H. Colin ([4]) et H. Belval ([5]). Les satellites se montrant simplement plus nombreux qu'on ne l'avait supposé.

La ressemblance de ce chromatogramme avec celui que donnaient les produits d'hydrolyse ménagée de l'inuline par $SO_4H_2$, à froid, suggérait à cet auteur que ces satellites étaient probablement pour la plupart des produits d'hydrolyse de l'inuline, effectuée naturellement au sein des tissus.

Cette dernière hypothèse nous paraissant peu vraisemblable étant donné la richesse en glucose des satellites de l'inuline préparés et analysés bien souvent dans notre laboratoire, nous nous sommes décidé à reprendre ces expériences et à les compléter.

Les tubercules de quatre variétés de Topinambour à évolution différente (blanche, violette, fuseau, hélianthi) récoltés le même jour (en décembre et en janvier) ont été traités avec les précautions d'usage. Leurs jus chromatographiés nous ont donné très exactement le chromatogramme décrit : le même quelle que soit la variété. Les taches s'étagent très régulièrement aux mêmes niveaux. La différence de composition des jus se marque seulement par la différence d'intensité des taches. C'est évidemment là une constatation en faveur de l'existence d'espèces chimiques définies et nombreuses.

Était-ce donc là, précisément les satellites de Tanret accompagnés de quelques autres ?

---

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 997.

([2]) *Liebig's Ann.*, **497**, 1932, p. 208; **504**, 1933, p. 19.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, **9**, 1893, p. 200, 227, 422.

([4]) *Rev. gén. Bot.*, **31**, 1919, p. 75.

([5]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **28**, 1946, p. 405; **29**, 1947, p. 447.

Des chromatogrammes de comparaison effectués avec des échantillons des « espèces pures » de Tanret nous réservaient une surprise en nous montrant qu'elles n'étaient toutes que très faiblement entraînées, quoique inégalement et demeuraient toutes au niveau de la queue indistincte qui suivait immédiatement la tache de départ sur les chromatogrammes des jus évolués. Il était donc impossible de les confondre avec l'une des six ou sept taches bien distinctes, situées au dessus du fructose et du saccharose aisément repérables.

Ce sont évidemment là six ou sept fructosanes nouvelles, intermédiaires entre la synanthrine (poids moléculaire 1300) et le saccharose : glucides capables d'être entraînés par l'alcool froid à 84° et confondus jusqu'à présent avec le saccharose.

Ces fructosanes sont-elles identiques aux produits d'hydrolyse de l'inuline par $SO_4H_2$ à froid ? Nous ne le pensons pas, car :

1° Si le nombre des taches discernables est sensiblement le même sur les deux chromatogrammes comparés par R. Dedonder, le rythme de leur succession est visiblement différent comme il saute aux yeux quand on juxtapose intentionnellement dans un même chromatogramme plusieurs taches de même nature sur la ligne de départ.

Voici comment se présentent ces taches (le déplacement du fructose étant pris pour référence = 100) :

| | Fructose. | (A). | (B). | (C). | (D). | (E). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tobinambour blanc | 100 | 77 | 60,0 | 51,5 | 38,9 | 31,3 |
| » violet | 100 | 76,8 | 60,0 | 52,0 | 38,2 | 29,6 |
| Différence | | 23,2 | 16,8 | 8,0 | 13,8 | 8,6 |
| Inuline hydrolysée | 100 | 77,9 | 64,8 | 51,5 | 38,1 | – |
| Différence | | 22,1 | 13,1 | 13,3 | 13,4 | – |

2° Les taches des chromatogrammes des jus naturels correspondent à des glucofructosanes, riches en glucose, à la différence de celles qui proviennent de l'hydrolyse de l'inuline par $SO_4H_2$.

L'hydrolyse diastasique a, en effet, été réussie plusieurs fois sur les taches même des chromatogrammes, en pulvérisant de l'invertase concentrée diluée dans un tampon phosphaté de pH 5. La révélation était faite ensuite, avec le phtalate d'aniline qui fait apparaître le glucose en laissant invisible le fructose ([6]).

Seules les taches provenant des jus naturels apparaissaient, depuis le saccharose jusqu'à la synanthrine. Leur intensité décroissait d'ailleurs : soit parce que la proportion du glucose baisse régulièrement du saccharose (50 %) à la synanthrine (17 %), soit parce que le glucose est plus difficile à arracher en remontant vers l'inuline. Les hydrolysats d'inuline pure par $SO_4H_2$, à froid ne donnaient rien dans ces conditions.

([6]) PARTRIDGE, *Nature*, 164, 1949, p. 443.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variation de composition des gaz internes d'une plante aquatique au cours d'un cycle de 24 heures.* Note de M. **Pierre Dablot**, présentée par M. Raoul Combes.

Les gaz internes des plantes aquatiques subissent des variations de composition importantes au cours d'un cycle de 24 heures. La teneur en oxygène augmente du lever du jour jusqu'au milieu de l'après-midi, puis diminue au cours de la nuit. La teneur en gaz carbonique demeure à peu près constante et faible. Les brusques variations de luminosité introduisent de profondes perturbations dans l'allure générale du phénomène.

Si l'étude des gaz internes d'organes végétaux charnus : fruits et tubercules, a été l'objet d'assez nombreux travaux, celle des gaz internes des feuilles n'a jamais été faite d'une facon systématique, faute de moyens d'extraction des gaz suffisamment perfectionnés. Ce fut le mérite d'Ulrich ([1]) en 1949 de mettre au point un appareil qui permit une extraction précise et rapide des gaz contenus dans les lacunes et de ceux dissous dans le protoplasme.

J'ai utilisé cet appareil pour étudier les variations de composition que subissent les gaz internes d'une plante aquatique, *Œnanthe phellandrium*, au cours d'un cycle de 24 heures. La plante était cultivée en immersion dans l'eau courante d'un bassin. Des fragments foliaires aussi identiques que possible, étaient prélevés sur un même pied toutes les 75 minutes environ, et les gaz étaient immédiatement extraits par l'appareil d'Ulrich et analysés à l'aide de l'eudiomètre de Bonnier et Mangin. Les courbes ci-contre représentent les variations de concentration des gaz internes en gaz carbonique, oxygène et azote, au cours d'une période de 24 heures; la figure 1 correspond à une journée de beau temps, la figure 2 à une journée où le ciel fut alternativement clair et couvert.

Dans les deux cas l'allure générale du phénomène est la même. La teneur en gaz carbonique, relativement constante, oscille autour de 2 %, tandis que la teneur en oxygène augmente au cours de la journée, de 9 % le matin à 26 ou 30 % suivant les conditions extérieures au début de l'après-midi, et diminue au cours de la nuit.

Les variations de l'oxygène semblent normales; au cours de la journée la photosynthèse détermine un dégagement d'oxygène et ce gaz s'accumule progressivement dans les lacunes; la nuit il est utilisé partiellement par la respiration. Par contre l'eau ambiante joue le rôle de tampon vis-à-vis du gaz carbonique qui s'y dissout avec beaucoup de facilité, d'où sa constance relative dans les lacunes.

Cette constance ne cesse qu'à la suite de brusques variations de luminosité.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 500.

Les courbes de la figure 2 relatives aux expériences faites au cours d'une journée où la luminosité subit une série de variations par passage de nuages, montrent des particularités intéressantes.

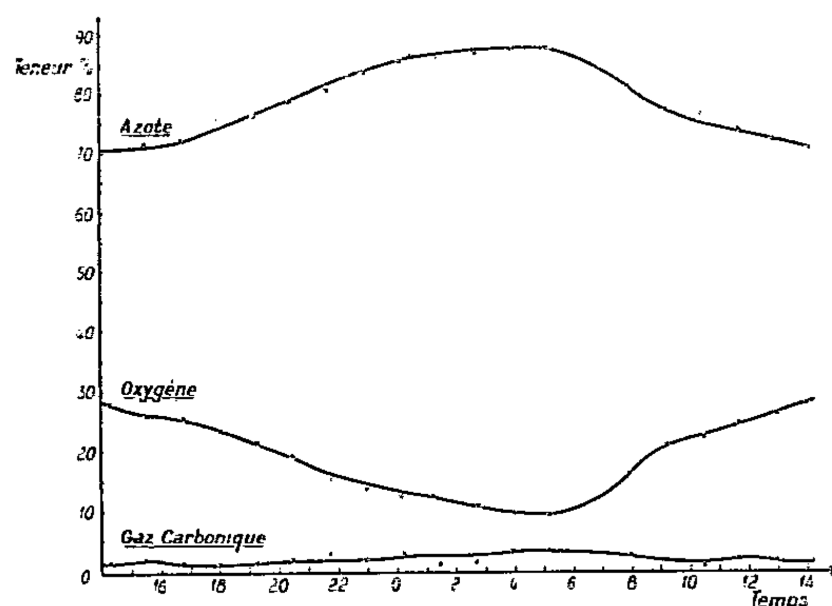



Fig. 1. — Journée de beau temps.

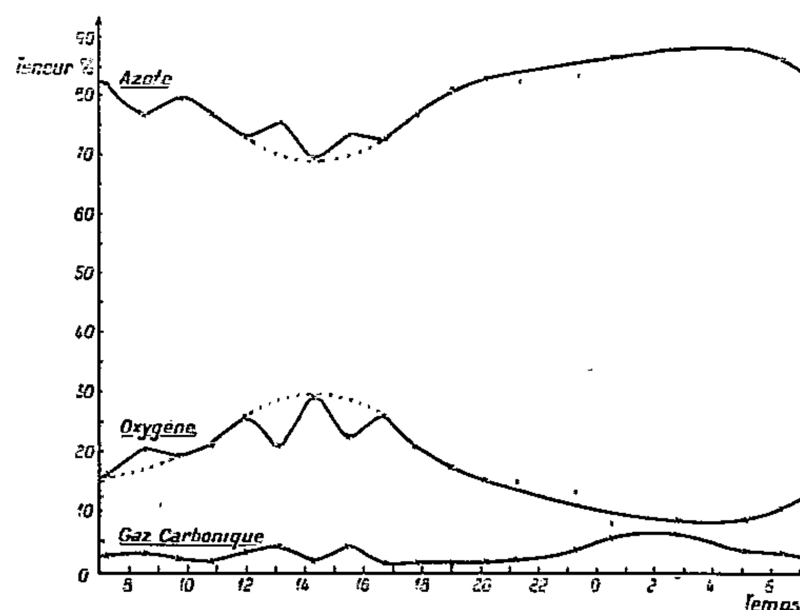



Fig. 2. — Journée à luminosité variable.

En ordonnées : concentrations %. En abscisses : heures solaires.

Chaque succession de ciel couvert et de ciel clair est nettement marquée par une dénivellation importante dans la courbe relative à l'oxygène, et par une dénivellation moindre mais encore très nette, dans la courbe relative au gaz carbonique. Ces faits mettent en évidence la rapidité de réaction du fonctionnement physiologique aux variations d'éclairement. La diminution d'éclairement due à l'arrivée de nuages provoque une baisse de l'activité de photosynthèse qui se traduit aussitôt par une diminution de l'oxygène dans les méats, une quantité moindre étant éliminée par la photosynthèse tandis que la respiration continue à en consommer, et par un accroissement du gaz carbonique, une quantité moindre étant assimilée dans la photosynthèse, et la respiration continuant à en produire.

Pendant que le ciel est clair, ce sont les échanges gazeux de la photosynthèse qui donnent son sens au mouvement des gaz, mais dès que le soleil est caché par les nuages, ce sont au contraire les échanges gazeux de la respiration qui donnent ce sens.

Si des variations aussi nettes n'ont pas lieu au crépuscule, c'est que la variation de l'éclairement est alors beaucoup plus lente. En ce qui concerne le gaz carbonique notamment, le gaz produit par la respiration a le temps de se dissoudre dans l'eau au fur et à mesure que les réactions respiratoires le produisent, au moins pendant la première heure.

Ces résultats mettent en évidence l'intérêt de l'étude des gaz internes qui, en contact intime avec les tissus, peuvent fournir, par leurs variations, de précieux renseignements sur le métabolisme.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La saccharogénie dans la Betterave.* Note de M. **Eugène Bougy**, présentée par M. Raoul Combes.

La présence de sucre réducteur, en proportion non négligeable, dans les vaisseaux conducteurs de la base des pétioles, semble prouver que les racines des Betteraves contribuent, pour une part, à la formation du saccharose qui s'y trouve accumulé.

Pour élucider le difficile problème du rôle exact de la racine de la Betterave dans la saccharogénèse de cette plante, A. Willam ([1]) a eu récemment l'heureuse idée d'analyser séparément le contenu des faisceaux vasculaires des pétioles et celui des tissus adjacents.

En opérant de cette façon sur la sucrière Hilleshög et sur la fourragère Zeekendorff, il constate que non seulement le taux de saccharose est notablement plus élevé dans les faisceaux que dans le parenchyme, mais encore qu'il croît régulièrement quand on se rapproche du collet.

Ces faits, joints au résultat de certaines expériences que l'auteur lui-même ne juge pas décisives concernant le transfert du réducteur, font attribuer à la racine un simple rôle de magasin.

Cette conclusion s'impose-t-elle ? N'y aurait-il pas lieu seulement de nuancer la théorie dite « intermédiaire » de H. Colin ([2]) ? Pour celui-ci, qui analysait globalement la base des pétioles et y trouvait une proportion réducteur/saccharose très supérieure à l'unité, la racine jouait un rôle très actif dans la condensation du saccharose en même temps qu'elle servait d'organe de réserve. Le collet était la zone d'élection de cette condensation.

Après l'expérience de A. Willam, démontrant le rôle de condensation actif des faisceaux vasculaires des pétioles, il convient de diminuer d'autant la part d'activité condensatrice de la racine; faut-il la réduire à rien ?

Pour essayer de répondre à cette question nous avons analysé, à part, faisceaux et parenchymes de quatre variétés de sucrières et une de fourragère, en utilisant une semi-microméthode de dosage des sucres.

Dans les parenchymes, le rapport saccharose/réducteur nous est apparu assez irrégulier, avec une valeur moyenne de 0,20.

Comme dans les essais de A. Willam, il s'est avéré généralement beaucoup plus élevé dans les faisceaux, du moins à la base des pétioles, ainsi qu'en témoigne le tableau ci-joint qui donne une idée des résultats obtenus dans des conditions très variées, et jusqu'à l'arrière saison.

---

([1]) *Public. Inst. Belge Amélior. Betterave*, Tirlemont, 13, 1945, p. 255-356.

([2]) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 687; 178, 1924, p. 2124.

| Variété analysée. | Date. | Heure. | Faisceaux des pétioles. Sommet. | Base. |
|---|---|---|---|---|
| Vilmorin | 12 septembre 1949 | 10 | 1,40 | 1,60 |
| Kuhn | 3 novembre 1949 | 18 | 1,10 | 4,00 |
| Vilmorin | 2 » | 16 | 0,63 | 3,30 |
| Hilleshög | 3 » | 17 | 0,40 | 1,50 |
| Kuhn | 8 août 1950 | 12 | 0,18 | 1,00 |
| Vilmorin | 8 » | 15 | 0,35 | 1,70 |
| Variété X | 16 » | 14 | 0,32 | 1,00 |
| Vauriac | 4 novembre 1949 | 17 | 0,10 | 0,70 |

Mais un fait s'impose : même dans les cas où l'on trouve un rapport saccharose/glucose élevé, les quantités de réducteurs contenus dans les faisceaux sont loin d'être négligeables, puisque dans les huit essais précédents, pour $100^g$ de substance fraîche, elles furent respectivement (en grammes) de :

2,28 1,10 1,10 1,16 2,20 1,60 3,00 2,25

Pourquoi ce réducteur n'entrerait-il pas dans la tige, en achevant d'ailleurs rapidement de s'y condenser ? On ne peut que souligner l'invraisemblance d'une hypothèse qui obligerait à admettre que le collet n'accepte pas le sucre réducteur qui est à sa portée, à la base des faisceaux des pétioles.

Par ailleurs, tout ce que nous savons du chimisme de la Betterave nous montre une continuité manifeste entre ses divers organes, des limbes à la racine ([3]). Cette continuité doit normalement être encore plus réelle dans les tissus conducteurs qui les relient.

Démontrer cette continuité n'est pas facile, au niveau qui nous intéresse, car dans la tige, les vaisseaux forment un réseau vasculaire très anastomosé et intriqué avec les tissus parenchymateux. Nous nous y sommes cependant essayé dans un cas (Vilmorin du 2 novembre 1949).

Tandis que nous avions trouvé $1^g,10$ de réducteur pour $100^g$ de substance fraîche dans les faisceaux de la base des pétioles, nous en avons encore dosé $0^g,6$ dans les faisceaux de la région supérieure du collet, aussi bien isolés que possible.

Les racines reçoivent donc, elles aussi, une quantité non négligeable de réducteur qu'elles transforment en saccharose, puisqu'il n'en reste plus que 0,1 % dans leurs tissus.

Cette fonction, pour plus modeste qu'on ne l'avait autrefois supposé, ne doit cependant pas, nous semble-t-il, être sous-estimée.

([3]) E. Bougy, *Publ. Centre perfect. techn.*, Paris, n° 832, 1942.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Anomalies mitotiques provoquées par la diéthylmalonylurée (véronal) chez l'*Allium Cepa *L.* Note (*) de M. Guy Deysson et M^lle Alice Rollen, présentée par M. René Souèges.

Le véronal est un agent mitoclasique faible qui inhibe plus particulièrement le cloisonnement cellulaire. Il provoque également, dans certaines conditions, des fragmentations de chromosomes et une légère tuméfaction des racines:

L'action des dérivés barbituriques sur la division cellulaire a été très peu étudiée jusqu'à présent. Les recherches de Ber ([1]) sont uniquement d'ordre morphologique; d'autre part, Ostergren ([2]) a signalé pour le véronal une très faible activité mitoclasique aux concentrations de 0,04 à 0,02 mol/l. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre cette étude à cause de l'hypothèse, émise par divers auteurs ([3]), ([4]), d'un antagonisme possible entre l'acide barbiturique et l'uracile dans le métabolisme des acides nucléiques. Nous avons utilisé pour ces recherches, les racines de l'*Allium Cepa* L.. en suivant la méthode d'étude quantitative définie par l'un de nous ([5]). Nous avons observé dans certaines conditions, d'une part, une action mitodépressive et même, parfois, mitostatique, d'autre part, différentes anomalies mitotiques. Ce sont ces dernières que nous allons décrire dans la présente Note.

1° *Concentration de* 0,75 %. — Cette concentration, qui correspond à la saturation à la température ordinaire, provoque une diminution rapide du nombre des cinèses dès les premières heures et leur disparition totale en 12 heures. Après 4 heures, alors que les cinèses sont moins nombreuses que chez les témoins et comprennent surtout des prophases (79 %

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) *Experientia*, 5, 1949, p. 455.

([2]) *Hereditas*, 30, 1944, p. 429.

([3]) D. Woods, *Nature*, 148, 1941, p. 758.

([4]) J. Brachet, *C. R., Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 782.

([5]) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.* (*État*), Paris, 1948.

dans un méristème, 88 % dans un autre), on observe un petit nombre de stathmométaphases (moins de 20 par méristème), ainsi que des télophases sans phragmoplaste (stathmodiérèses). Cette dernière anomalie est assez fréquente et, dans tous les méristèmes examinés après 4 heures, 8 heures ou 12 heures de traitement, nous avons toujours dénombré de 300 à 500 cellules binucléées. Si l'on interrompt l'action du véronal après 8 heures ou 12 heures, une légère tuméfaction se forme à l'extrémité des racines, puis l'allongement reprend et l'activité mitotique revient peu à peu à la normale; le fonctionnement fusorial n'est plus troublé, mais on observe, dans tous les méristèmes, un certain nombre de mitoses dont les chromosomes présentent des fragmentations (*figure*).

Voici quelques exemples des numérations effectuées :

| | Nombre de mitoses avec fragmentations. |
|---|---|
| Traitement de 8 heures; retour de 12 heures.... | 3 |
| » 8 » » 24 » .... | 15, dont 3 métaphases et 12 anaphases |
| » 12 » » 24 » .... | 27, dont 11 métaphases, 15 anaphases et 1 télophase |
| » 12 » » 24 » .... | 16, dont 6 métaphases et 10 anaphase |

2° *Concentration de* 0,50 %. — Cette concentration est aussi très fortement mitodépressive; nous avons dénombré en moyenne 200 à 300 cinèses après 4 heures d'action, une soixantaine après 12 heures, tandis qu'après 24 heures, il n'en reste plus aucune. Avec cette concentration, nous n'avons généralement plus observé d'action sur le fuseau de caryocinèse mais le cloisonnement cellulaire est encore parfois inhibé et, dans tous les méristèmes, on rencontre de 20 à 100 cellules binucléées. Le retour sur milieu normal après 24 heures de traitement, provoque l'apparition d'une légère tuméfaction de l'extrémité des racines, suivie d'une reprise de l'activité mitotique sans aucune anomalie.

3° *Concentration de* 0,30 %. — Après 4 heures, le nombre des cinèses est déjà très diminué et l'on observe généralement quelques stathmodiérèses. Après 24 heures, les cinèses sont très rares (une vingtaine par méristème au maximum, en général); la croissance qui est très ralentie, reprend normalement, à partir d'une légère tuméfaction, dès 12 heures de retour sur liquide de Knop au demi; on observe alors de nombreuses cinèses, toutes normales.

4° *Concentrations de* 0,20 *et* 0,10 %. — Ces concentrations sont encore mitodépressives et ralentissent l'allongement des racines (334 cinèses dans un méristème après 24 heures de traitement à 0,10 %, 179 dans un autre). Les anomalies mitotiques sont très rares. Si l'on arrête l'action du véronal après 48 heures, on observe que la croissance reprend, sans tuméfaction pour 0,10 %, avec une légère tuméfaction pour 0,20 %.

Le véronal apparaît donc comme un agent mitoclasique faible; il peut provoquer la formation de stathmocinèses, mais en très petit nombre et dans des conditions très fortement mitodépressives; il agit, par contre, plus intensément sur la cytodiérèse et le nombre des cellules binucléées formées atteint, dans certains cas, plusieurs centaines par méristème. D'autre part, l'interruption du traitement permet d'observer, lorsque la reprise de l'activité mitotique est possible, une légère tuméfaction des racines et, dans certains cas, des fragmentations de chromosomes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la loi de variation quantitative de l'humus dans le sol au cours des années.* Note de MM. **Georges Barbier** et **Roger Guennelon**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons comparé des échantillons de terre prélevés aux mêmes points en 1943 et en 1950 dans 4 fermes sans fumier typiques, en sols variés. Ces fermes sont soumises depuis longtemps à un système cultural très intensif, et se trouvent actuellement à des niveaux humiques voisins [1]. La moyenne des 34 comparaisons effectuées a révélé une nouvelle diminution des éléments constitutifs de l'humus de 1943 à 1950 :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Azote (‰)....... | 1,19 — | 1,13 = | 0,06 ± 0,02 | (écart type) |
| Carbone (‰)..... | 12,7 — | 12,1 = | 0,6 ± 0,4 | |

L'analyse statistique des résultats par la méthode d'appariement de Student et le calcul du critérium de Fisher, a donné pour la diminution de l'azote une probabilité supérieure à 99 %. La probabilité, faible en soi, de la diminution du carbone, dosé avec moins de précision que l'azote, se trouve renforcée du fait que sa minéralisation (comme son organisation) est physiologiquement liée à celle de l'azote.

Pour extrapoler vers l'avenir, nous avons utilisé la formule établie par S. Hénin et M. Dupuis [2], qui ont pu relier de nombreuses expériences culturales de longue durée effectuées dans le monde, en s'appuyant sur l'hypothèse que la quantité d'humus détruite par unité de temps est proportionnelle à sa masse actuelle, de sorte que l'appauvrissement doit se ralentir peu à peu.

$$L\left(\frac{a - K_2 y}{a - K_2 Y}\right) = -tK_2;$$

$Y$ et $y$, quantités d'humus stabilisé, exprimées ici en N ‰ de terre, au début et à la fin de l'intervalle $t$ années;

$K_2$, rapport de la quantité détruite annuellement à la quantité actuelle (notation de Hénin et Dupuis);

$a$, apport annuel de matière végétale exprimé en N humique ‰ de terre [à multiplier par 200 000 pour passer à la matière organique non décomposée en kilogrammes par hectare (3000$^t$ de terre), en tenant compte de ce que 1$^{kg}$ de celle-ci fournit initialement environ 0$^{kg}$,3 d'humus stabilisé, lequel contient 1 d'azote pour 20].

---

(1) G. Barbier, *C. R. Ac. Agric.*, 1943, p. 526-529.

(2) *Ann. Agron.*, 1945, p. 17-29.

Ne connaissant que très imparfaitement l'apport annuel $a$, constitué essentiellement par des résidus de récolte (chaumes, racines et divers débris) difficiles à évaluer, nous avons recherché dans quelle mesure une erreur sur cette donnée se répercute sur la variation prévisible de l'humus. Nous avons calculé $a$ pour diverses valeurs de $K_2$, après avoir porté dans la formule nos données expérimentales Y, $y$ et $t$. Nous avons calculé également la fumure organique complémentaire ($a_c$) nécessaire pour entretenir l'humus au niveau de 1950, la limite de $y$ dans le régime actuel pour $t$ infini, et le temps nécessaire pour que $y$ s'abaisse à 0,8 ‰ d'azote, valeur vraisemblablement incompatible avec une bonne fertilité.

| | $K_2$. | 0,01. | 0,015 | 0,02. | 0,03. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kilogrammes de matière végétale non décomposée par hectare. | $a$.... | 600 | 1760 | 2920 | 5240 |
| | $a_c$... | 1660 | 1630 | 1600 | 1540 |
| Limite de $y$ pour $t=\infty$, en N ‰...... | | 0,30 | 0,59 | 0,73 | 0,87 |
| $t$, au delà de 1950, pour $y=0,8$, en années. | | 51 | 62 | 88 | – |

Or, l'apport annuel $a$, estimé directement par pesée de résidus de récolte, est de l'ordre de $2\,200 \pm 400$ kg/ha dans ces fermes. Le coefficient $K_2$ à adopter est donc compris entre 0,015 et 0,018. En s'appuyant sur deux expériences de longue durée comportant chacune plus de deux mesures humus-temps (donc sans avoir besoin de connaître $a$), Henin et Dupuis ont trouvé 0,015 et 0,020.

D'ailleurs la fumure organique complémentaire nécessaire à l'entretien est pratiquement indépendante de la valeur adoptée pour $K_2$, et voisine de celle calculée en admettant que l'humus diminue proportionnellement au temps : $0,06 : 7 \times 200\,000 = 1710^{\text{kg}}$.

Si, pour tenir compte de nos erreurs de mesure, nous adoptons 0,04 comme diminution de l'azote en 7 ans, et $2\,200^{\text{kg}}$ pour les résidus de récolte, la limite d'abaissement du taux d'azote serait 0,78 ‰ de terre.

*Conclusion.* — La concordance entre nos observations et les prévisions calculées par Hénin et Dupuis au moyen de données expérimentales d'origines diverses, rend très probable que le bilan de la matière organique du sol dans les fermes étudiées est encore éloigné d'un équilibre approximatif, aussi bien dans le temps qu'en ce qui concerne le niveau humique, et qu'au cours d'un nouvel intervalle de 7 ans, ces sols ne perdront pas beaucoup moins d'humus qu'au cours des 7 annés écoulées, à moins que les cultivateurs ne consacrent à l'humification une fraction plns importante qu'actuellement de la matière végétale produite.

PHYSIOLOGIE. — *Analyse statistique du tracé électromyographique de la Tétanie.* Note de MM. **Raymond Turpin, Jacques Lefebvre, Marcel-Paul Schützenberger** et **Jean Lerique**, présentée par M. Léon Binet.

L'analyse statistique du tracé électromyographique de la tétanie conduit à interpréter le doublet comme une propriété de neurone moteur dans son ensemble.

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences ([1]), le 5 avril 1943, nous constations que la contracture tétanique s'accompagnait d'une répétition du potentiel d'unité motrice; nous appelions cette répétition «doublet» et nous émettions l'hypothèse que le doublet était «l'analogue du bref tétanos asynchrone qu'on observe sur le muscle ésériné, par l'application d'un stimulus unique sur le nerf ».

Nous avons cru trouver confirmation de cette hypothèse dans les travaux de W. Kuffler ([2]) : la privation de calcium détermine à la jonction neuro-myonique une double réponse de la fibre musculaire à la stimulation de son nerf.

Depuis, la tétanie est restée la seule affection où nous retrouvions systématiquement les doublets en séries régulières.

Récemment, J.-S. Denlow ([3]) a observé des « doubles décharges » dans le tracé électromyographique de certains muscles au début ou à la fin de la contraction volontaire normale; il pense que ce redoublement est un phénomène neuronique lié à l'existence d'une période supernormale dans le cycle de récupération du motoneurone.

Or une double décharge est analogue à un doublet tétanique mais, au contraire de ce dernier, elle ne se reproduit jamais avec la remarquable régularité qui caractérise l'électromyogramme tétanique. Pour préciser davantage les caractères de cet éléctromyogramme, il nous a donc paru important de confronter l'amplitude et la chronologie des deux éléments du doublet.

Nous avons examiné dix enregistrements comportant chacun une série de 20 à 40 doublets; les résultats suivants semblent solidement établis, malgré une forte hétérogénéité des documents :

1° Il existe une corrélation significativement non nulle ($\bar{r} = 0,24$ calculé sur 302 mesures) entre l'intervalle de temps qui sépare les deux éléments d'un doublet et l'amplitude du second élément par rapport au premier : le deuxième élément est d'autant plus grand par rapport au premier que l'intervalle qui les sépare est plus long.

Il existe une corrélation significativement non nulle ($\bar{r} = 0,15$) entre l'inter-

([1]) R. Turpin, J. Lefebvre et J. Lerigue, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 579-580.

([2]) *J. Neurophysiol.*, **7**, 1944, p. 17-26.

([3]) *J. Neurophysiol.*, **11**, 1948, p. 209-215.

valle de temps qui sépare les deux éléments d'un doublet et l'amplitude du premier élément : le deuxième élément se produit d'autant plus tard après le premier que celui-ci était plus grand.

2° La variance du second élément est, dans l'ensemble, significativement plus grande que la variance du premier élément : le deuxième élément est plus variable, moins concentré autour d'une valeur moyenne, que le premier.

3° La corrélation entre les amplitudes des deux éléments d'un doublet est significativement positive ($\bar{r} = 0,16$).

Tous ces résultats s'entendent à l'intérieur de chaque enregistrement, les corrélations indiquées étant les moyennes pondérées des valeurs relatives à chacun d'eux.

L'hypothèse d'une répétition à la jonction neuromyonique ne concorde pas avec ces faits. La meilleure interprétation nous semble être celle qui découle des travaux de Hoff et Grant ([4]) : les deux rythmes étant une propriété du neurone moteur dans son ensemble, non seulement au périkaryone mais aussi le long de son prolongement cylindraxile, le doublet serait le fait d'un deuxième influx nerveux lié à une période supernormale; cet influx déterminerait un second potentiel d'action myonique d'amplitude variable, fonction du jeu d'une période réfractaire ou d'une période supernormale à chaque jonction neuromyonique.

PHYSIOLOGIE. — *L'absorption intestinale du calcium au cours du rachitisme expérimental du Rat.* Note de Mme **Lucie Randoin**, Mlle **Henriette Susbielle** et M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

Au cours du rachitisme expérimental du Rat, le métabolisme du Ca est profondément troublé. En particulier, les rats rachitiques éliminent beaucoup plus de Ca par les fèces que les rats recevant le même régime additionné de vitamine D ([1]). Ces faits ont conduit à penser que le taux de l'absorption intestinale du Ca est abaissé chez le Rat rachitique et que la vitamine D facilite cette absorption.

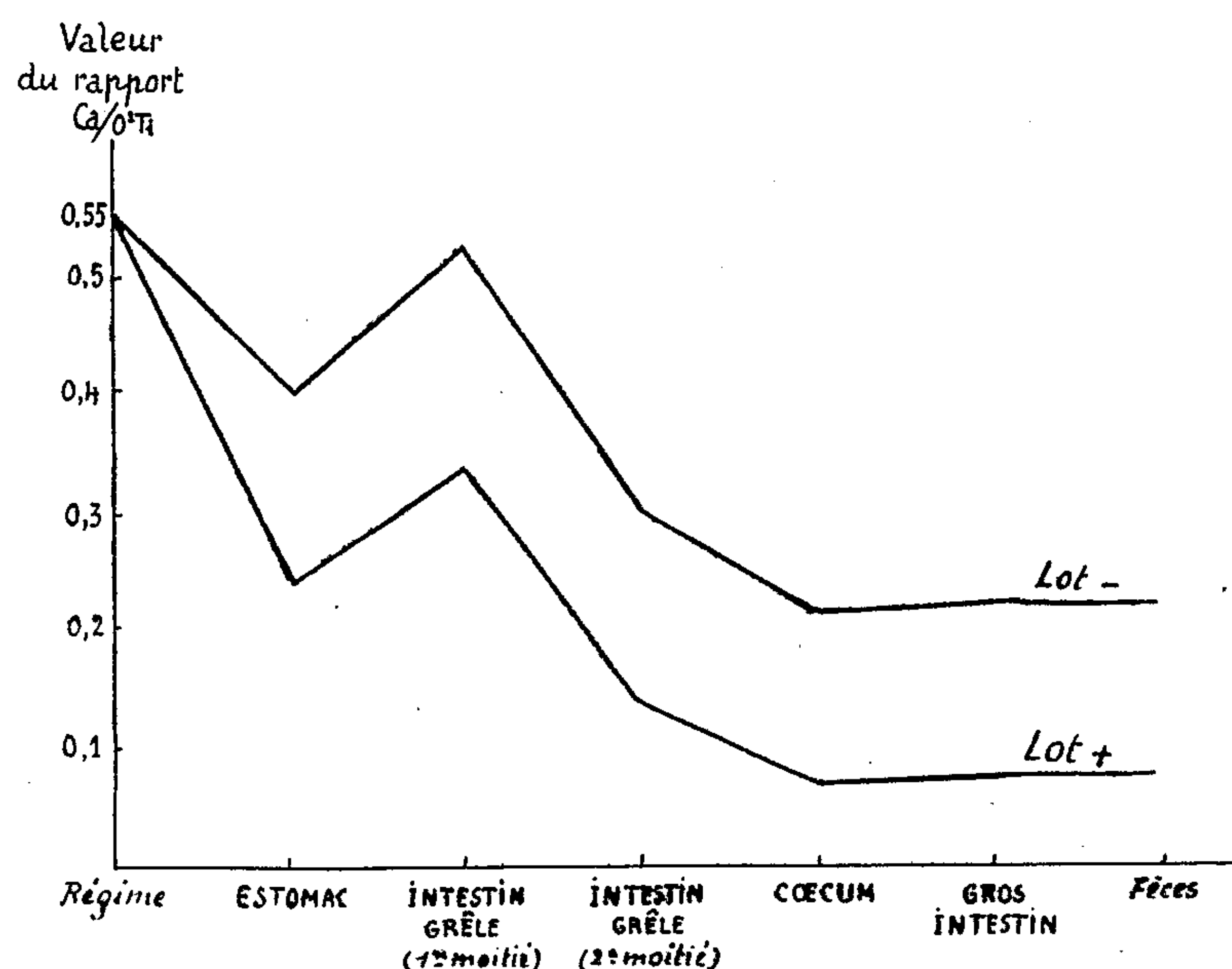
Dans une Note antérieure, P. Fournier a étudié le sort du Ca dans les diverses parties du tube digestif du Rat adulte ([2]), en utilisant une méthode basée sur l'addition, au régime, d'une matière inerte, l'oxyde de titane $O_2Ti$ ([3]). Il résulte de ce travail que la teneur en Ca du contenu intestinal passe, au niveau du cœcum, par un minimum dont la valeur permet de mesurer le taux

([4]) *J. Neurophysiol.*, 7, 1944, p. 305-322.

([1]) R. Nicolaysen, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 107.
([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1556-1558.
([3]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1343-1345.

réel de l'absorption intestinale. Dans le gros intestin, la concentration en Ca du contenu intestinal augmente, par suite du passage dans l'intestin, à ce niveau, d'une certaine quantité de Ca endogène. En présence de ces faits, on doit se demander si la forte teneur en Ca des fèces de rats rachitiques n'est pas due à cette source endogène plus abondante au niveau du gros intestin, plutôt qu'à un défaut d'absorption du Ca alimentaire, donc Ca exogène. Dans ce travail, nous nous proposons d'établir expérimentalement l'origine, exogène ou endogène, du Ca fécal excrété en excès au cours du rachitisme expérimental

*Technique.* — De jeunes rats albinos pesant entre 37 et 40g et provenant d'un élevage dont le régime a été décrit par L. Randoin et J. Causeret [4], sont répartis en deux lots de six animaux : lot + et lot —. Ils reçoivent un régime rachitigène dérivé de celui de L. Randoin et R. Lecoq [3] ayant la composition centésimale suivante : peptone Chapoteaut, 17; huile d'olive, 10; amidon, 65; mélange salin Z 84 de Pappenheimer [5], 4; lactate de Ca, 2; $O_2Ti$, 1; mélange vitaminique [2], 1. De plus, chaque jour, on administre 5 U.I. de vitamine A à tous les rats et 1,4 U.I. de vitamine D seulement aux rats du lot +. Dans ce régime, le rapport $Ca/P = 11$ et le rapport $Ca/O_2Ti = 0,55$.




L'évolution du rachitisme est suivie grâce à des radiographies prises toutes les semaines. Les urines et les fèces sont recueillies chaque jour séparément, puis analysées.

---

(4) *Soc. Sc. Hyg. alim.*, 35, 1947, p. 14-22.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 1277-1279.

*Résultats.* — Tout au long des 21 jours d'expérience, l'excrétion urinaire moyenne de Ca est sensiblement la même pour les rats du lot + et les rats du lot —. Mais l'excrétion fécale de Ca, déterminée d'après le calcul du rapport $Ca/O_2Ti$ (méthode de P. Fournier), diffère beaucoup selon les lots.

Pendant la première semaine, on ne constate, pour l'ensemble des rats, aucune différence significative dans la valeur de ce rapport. A partir du 8e jour, les différences apparaissent et vont s'accentuant. Alors que, chez les rats du lot +, le rapport $Ca/O_2Ti$ calculé dans les fèces s'établit et demeure compris entre 0,07 et 0,08 jusqu'au 21e jour, on assiste, chez les rats du lot —, à une élévation régulière de la valeur du rapport $Ca/O_2Ti$ : 0,10 à 0,12 au 10e jour; — 0,12 à 0,16 au 13e jour; 0,16 à 0,20 au 18e jour; — 0,20 à 0,22 au 21e jour. Pour le régime que nous avons utilisé, les rats rachitiques éliminent donc par les fèces, en fin d'expérience, environ trois fois plus de Ca que les rats du lot + ($Ca/O_2Ti = 0,21$ au lieu de 0,07 — 0,08).

Les rats sont alors sacrifiés et le contenu de chacune des portions du tube digestif est prélevé séparément; Ca et $O_2Ti$ sont dosés dans chacun des prélèvements, puis le rapport $Ca/O_2Ti$ est calculé. Le graphique indique, pour chacun des lots, les variations de ce rapport en fonction du lieu d'origine des prélèvements.

*Conclusion.* — Ce graphique montre nettement que la forte excrétion fécale de Ca des rats rachitiques (lot —) a pour origine une absorption moins rapide et moins intense de Ca exogène (alimentaire) que celle des rats qui recoivent de la vitamine D (lot +). Toutefois ces résultats ne permettent pas d'affirmer que la vitamine D influe directement sur l'absorption intestinale du Ca.

ANTHROPOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Fonctionnement corticosurrénalien des races mélanodermes et leucodermes. Variations corrélatives des ions* $Cl^- Na^+ K^+$ *du plasma.* Note de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

Des dosages de chlore, sodium et potassium plasmatique effectués en France [1], sur des sujets de race noire et de race blanche, semblent montrer que les Noirs se situent à un niveau d'activité corticosurrénalienne moins élevé que celui des Blancs : moindre teneur en Cl et Na, plus forte teneur en K chez les premiers.

Nos recherches se sont poursuivies en Afrique, à Dakar, parallèlement chez des Noirs et des Blancs. Les conditions d'examen ont été les mêmes qu'en France. Les résultats obtenus sont les suivants ($n$, nombre des sujets; M, moyenne; $\sigma$, écart quadratique moyen; CV, coefficient de variation) :

---

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1049-1051.

| | Blancs. | Noirs. |
|---|---|---|
| *Chlore* (cg/l). | | |
| $n$ | 53 | 79 |
| M | $373 \pm 1,4$ | $360 \pm 1,0$ |
| $\sigma$ | 10,30 | 9,38 |
| CV | 2,7 | 2,6 |
| *Sodium* (cg/l). | | |
| $n$ | 43 | 46 |
| M | $351 \pm 1,4$ | $336 \pm 1,5$ |
| $\sigma$ | 8,73 | 10,23 |
| CV | 2,4 | 3,0 |
| *Potassium* (mg/l). | | |
| $n$ | 54 | 117 |
| M | $238 \pm 4,2$ | $274 \pm 2,9$ |
| $\sigma$ | 31,40 | 31,99 |
| CV | 13,1 | 11,6 |

La différence des moyennes entre les groupes raciaux est statistiquement significative et confirme les résultats précédents.

D'après les dosages des trois éléments faits avec la même prise de sang, nous avons essayé de mettre en évidence les variations relatives Cl/K et Na/K d'un groupe à l'autre et à l'intérieur de chaque groupe. Le coefficient de corrélation de Bravais-Pearson a été calculé. Il est négatif pour les trois groupes.

| | *Blancs–Noirs.* |
|---|---|
| Coefficient de corrélation $r$ Cl/K | $-0,337 \pm 0,05$ ($n = 121$) |
| » » $r$ Na/K | $-0,477 \pm 0,06$ ($n = 86$) |

| | *Blancs.* | *Noirs.* |
|---|---|---|
| Coefficient de corrélation $r$ Cl/K. | $-0,017 \pm 0,08$ ($n = 52$) | $-0,299 \pm 0,07$ ($n = 69$) |
| » » $r$ Na;K. | $-0,245 \pm 0,09$ ($n = 43$) | $-0,317 \pm 0,09$ ($n = 43$) |

Les valeurs trouvées indiquent que le passage du groupe Blanc au groupe Noir se fait par une diminution de $Na^+$ et $Cl^-$ et parallèlement par une augmentation de $K^+$. Or nous savons que ces variations relatives sont essentiellement sous la dépendance d'une des fonctions de la corticosurrénale.

De plus, ces variations sont nettes à l'intérieur du groupe Noir seul et non chez les Blancs, où les coefficients de corrélation ne sont pas significatifs, bien que de même sens que chez les Noirs. Le fait que les coefficients Cl/K et Na/K soient statistiquement significatifs chez les Noirs et non chez les Blancs, met en évidence une différence raciale qui s'ajoute aux différences de moyenne. Ce fait semble prouver que la loi physiologique, qui règle les variations relatives des ions $Cl^-$ et $Na^+$ d'une part, et $K^+$ d'autre part, se vérifie d'autant mieux que nous avons affaire à des organismes à activité corticosurrénalienne moins intense.

ZOOLOGIE. — *Sur les migrations des Cigognes blanches d'Europe occidentale et du Maroc.* Note de M. **Jean-B. Panouse**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'hypothèse d'une voie « atlantique » de migration de Cigognes nichant dans l'Ouest de l'Europe se trouve vérifiée par la découverte dans le Sud-Ouest marocain d'un Oiseau bagué dans la région de Neustadt an der Haardt (Allemagne).

Malgré le petit nombre de données précises et indiscutables en notre possession, l'hypothèse admise aujourd'hui comme la plus probable est que les Cigognes blanches (*Ciconia ciconia* L.) dont la reproduction s'effectue en Europe occidentale et en Afrique du Nord, vont passer l'hiver boréal en Afrique australe. En ce qui concerne les Oiseaux nidifiant dans l'Ouest européen (Allemagne occidentale, France, Espagne), nous connaissions très peu de faits sur la route suivie par eux dans le survol du Nord de l'Afrique. A l'occasion d'une étude sur les Cigognes marocaines ([1]), j'avais pu établir l'existence d'une voie de migration d' « arrivée » longeant presque le littoral océanique depuis le Sahara espagnol jusqu'aux grandes plaines du Maroc atlantique et même Tanger. Mais je n'avais aucune donnée au delà de cette ville. Pour la migration de « retour » enfin, j'avais avancé l'hypothèse d'un trajet analogue, hypothèse assez mal étayée d'ailleurs étant donné le faible nombre de reprises signalées. On en connaissait trois au Maroc : les Oiseaux bagués venaient d'Allemagne ([2]), mais comme pour les autres captures de Cigognes marquées eu Europe et retrouvées en Afrique du Nord (Algérie et Tunisie), deux d'entre elles furent tardives et faites pendant l'hiver ou le printemps qui suivirent l'été du baguage, ce qui enlève beaucoup d'intérêt à ces renseignements au demeurant non négligeables. Une seule fois, en 1931, une Cigogne marquée au nid en Hesse-Nassau, fut reprise vers la mi-août à $100^{km}$ au Nord de Rabat.

La découverte d'une Cigogne porteuse d'une bague allemande en plein été, au Sud de la plaine du Sous, est donc particulièrement importante et mérite d'être signalée. L'Oiseau avait été marqué jeune à Freinsheim, près de Neustadt an der Haardt (Allemagne) le 21 juin 1950. Deux mois après, le 20 août 1950, on trouvait son cadavre au douar Imouchyoun en tribu Idouska n'Sila, sur le territoire qui dépend du Bureau des Affaires indigènes du Cercle des Aït-Baha. Il faut noter que dans cette région, où des passages de Cigognes sont régulièrement signalés, aucun Oiseau ne séjourne jamais. Par conséquent la Cigogne était en train d'effectuer sa première migration,

([1]) *Bull. Soc. Sci. nat. Maroc* 29 1949.
([2]) *Cf.* E. Schüz et R. Bohringer, *Die Vogelwarte*, 15, 1950; F. Haverschmidt, *The Life of the White Stork*, Leiden, 1949.

migration de « retour », qui devait l'amener en Afrique australe. Sa reprise nous fournit ainsi des données sur deux problèmes connexes : celui de la voie suivie par les Oiseaux nidifiant en Europe de l'Ouest et celui de la voie de retour des Cigognes traversant le Maroc. Il est infiniment probable, après examen de l'ensemble des faits actuellement connus sur les passages d'Oiseaux au-dessus de l'Empire chérifien, que le trajet des Cigognes du groupe Maroc-Europe occidentale peut être tracé de la manière suivante : du Centre-Afrique (région Ennedi-Borkou), elles atteignent le couloir Aïr-Ahaggar où elles laissent partir vers le Nord les Oiseaux qui vont en Algérie, en Tunisie et dans une partie du Maroc (*routes du Nord* et *de l'Ouest* du Docteur Bouet) (3). Puis elles gagnent la région comprise entre l'extrémité occidentale du Hank et la Seguiet-el-Hamra, et de là, remontent au Nord par le Bas-Dra et le Sous pour arriver dans les grandes plaines du Maroc central en passant au-dessus de l'Atlas. Les Cigognes doivent ensuite traverser le Détroit de Gibraltar, ce qui s'accorde bien avec ce que l'on sait de leur répugnance à survoler de grandes étendues marines, et ensuite gagner l'Espagne, l'Alsace et l'Allemagne occidentale. Cette voie est à double courant, c'est-à-dire qu'elle est utilisée à l'aller et au retour : c'est la principale, mais il existe probablement aussi des routes africaines accessoires (on sait par exemple que quelques Cigognes arrivent au Maroc par la vallée du Guir en février et mars alors que le gros de la migration est installé depuis décembre après avoir emprunté la voie atlantique). J'ai déjà fait remarquer ailleurs (4) que les Oiseaux semblent prendre une voie d'autant plus orientale que leur arrivée est plus tardive, comme s'ils voulaient couper au plus court.

Beaucoup de points restent encore à éclaircir ou à compléter. Le trajet au-dessus du désert doit être précisé, et il importe de déterminer si les vols importants signalés dans le Sahara (région de Tindouf et de Chegga) au milieu de l'été représentent la migration de retour (comme il serait logique) ou celle d'aller (comme il semble résulter de la direction assignée aux Oiseaux par les observateurs). D'autre part, il paraît évident que les individus qui s'en vont en août et septembre ne sont pas ceux qui reviennent en novembre ou décembre au Maroc. Cette hypothèse, si elle se vérifie, pourrait conduire à une solution du problème du retour annuel au nid. Enfin il est certain que les Cigognes d'Europe peuvent passer leur premier hiver en Afrique du Nord; cela est prouvé par les deux reprises marocaines dont j'ai incidemment parlé plus haut; on connaît d'autres cas du même genre en Algérie et Tunisie. S'agit-il d'accidents ou d'un phénomène assez fréquent? Il est difficile de le dire. Je me contenterai de faire remarquer que les Cigognes disparaissent

(3) *Oiseau et Rev. franc. Ornithologie*, 1936 et 1938.

(4) *Loc. cit.*

pratiquement du Maroc en octobre, et il en est de même en Algérie ([5]). Il faudra donc déterminer où sont à cette époque les Oiseaux d'Europe qui vont hiverner dans le Nord du continent africain. Toutes ces questions attendent encore une réponse définitive, mais des découvertes heureuses comme celle de la Cigogne des Aït Baha permettront sans doute de les résoudre un jour.

ENTOMOLOGIE. — *Remarques sur l'origine des gaines de nutrition d'un Hémiptère phytophage*, Pseudococcus citri *Risso*. Note de Mme **Gilberte Guennelon-Aubanel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

De nombreux travaux ont été entrepris en vue d'expliquer la formation des gaines de nutrition laissées par les Hémiptères phytophages dans les tissus végétaux, après le retrait des stylets piqueurs. Trois hypothèses ont été émises par les différents auteurs qui considèrent les gaines comme étant soit d'origine animale (sécrétion de l'Insecte), soit d'origine végétale (réaction de la plante à la piqûre), enfin d'origine mixte (interaction entre la salive injectée par l'Insecte et certaines substances des cellules végétales).

Les gaines de *Pseudoccocus citri* ont été très bien observées par Carter ([1]), qui a obtenu la piqûre de l'Insecte dans un milieu gélosé.

Au cours de nos études expérimentales, nous avons provoqué la piqûre de cette Cochenille dans différents milieux solides (liège, paraffine, gélose, gel de silice) et, dans tous les cas, nous avons isolé et observé les gaines laissées après le retrait des stylets : ce sont des filaments formés d'une succession très régulière de petits manchons arrondis et translucides.

Enfin, en utilisant les réactions thigmotactiques très intenses de cet Insecte, nous avons pu provoquer des piqûres dans l'eau et dans l'air, à travers une fine membrane de papier paraffiné. Cette technique nous a permis d'observer le processus de formation de la gaine, en utilisant un très fort grossissement optique :

La Cochenille est immobilisée sur le dos, et sa face ventrale appliquée contre la membrane. Ce contact provoque la réaction de piqûre, par laquelle la membrane est transpercée. Le faisceau brun des stylets apparaît et, à son extrémité, nous voyons sourdre une première gouttelette incolore, qu'il traverse en se propulsant lentement. Une seconde gouttelette perle à nouveau; *elle est comme « embrochée » à la suite de la première.* Nous observons ainsi la sécrétion de gouttelettes successives, au fur et à mesure que les stylets avancent. Elles restent, solides, en un chapelet de manchons autour des pièces buccales. Quand celles-ci se retirent, elles laissent une lumière tubulaire au centre du

([5]) P. Jespersen, *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, 40, 1949.

([1]) *J. Sec. Ent. Manasha*, 38, 1945, p. 335.

filament. Quelquefois, leur retrait est incomplet, les stylets repartent dans une autre direction : la gaine présente alors une ou plusieurs ramifications.

Nous pouvons recueillir tous les filaments transparents demeurés sur place, après plusieurs piqûres à travers la membrane artificielle, et les observer sur lame, au microscope; ils apparaissent semblables à ceux qui sont disséqués dans la gélose, les gouttelettes étant toutefois moins régulières; ceci est peut-être dû à la moindre résistance mécanique offerte par l'air au passage des stylets.

Les très faibles dimensions de ces gaines (1$^{mm}$ de longueur, quelques microns de diamètre) ne nous permettent pas de donner beaucoup de précisions sur leur structure physique et chimique.

Au microscope polarisant, elles présentent une légère biréfringence. Nous avons tenté une étude histochimique, en utilisant les réactions caractéristiques des grands groupes de corps organiques : seuls, certains réactifs des substances albuminoïdes ont donné des résultats positifs assez nets : les gaines sont insolubles dans l'alcool absolu, l'éther, l'acétone, le chloroforme, le benzène; solubles dans l'hypochlorite de sodium; plusieurs réactions colorées ont été positives.

En conclusion, la propulsion de stylets de *Pseudococcus citri*, dans tous les milieux étudiés, s'accompagne d'une sécrétion : celle-ci constitue un manchon ou gaine, qui subsiste après le retrait des stylets. Il est donc certain que la gaine de nutrition des Hémiptères phytophages résulte, pour une grande part au moins, d'une sécrétion de l'Insecte, de nature essentiellement protidique.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Morphologie du cerveau d'un fœtus d'Éléphant* (Loxodonta africana *Blum.*). Note de M^lle^ **Madeleine Friant** et M. **John Perry**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le cerveau d'un fœtus d'Éléphant de douze mois environ, matériel rare et tout à fait inconnu, permet aux Auteurs de montrer qu'à ce stade de l'évolution, les Proboscidiens se rapprochent un peu, au point de vue cérébral, des Equidés adultes.

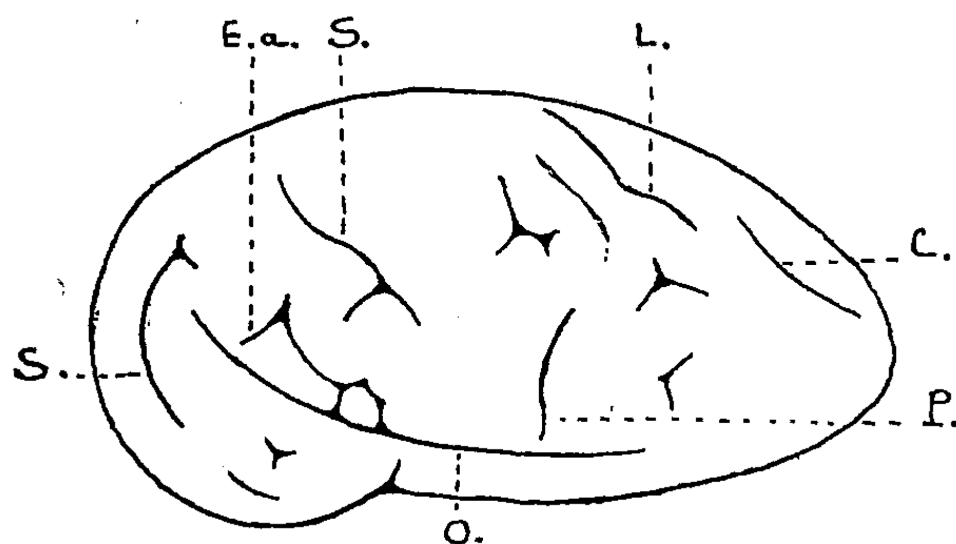
En dépit des travaux assez nombreux se rapportant à l'anatomie cérébrale des Proboscidiens, publiés de P. Camper (1802) à G. Elliot Smith (1902), le cerveau des Éléphants était, jusqu'ici, demeuré inexplicable; l'embryogénie n'avait pu en être faite, mises à part les recherches de l'un de nous (1) ayant trait à un stade fœtal où le *Neopallium* était encore complètement lisse.

Un fœtus de *Loxodonta africana* Blum., dont la mère fut tuée, le 18 janvier 1940, par M. le Docteur J. Perry, dans la forêt de Budongo (Uganda), nous a

(1) M. Friant, *Rev. Zool. Bot. afric.*, Tervueren, 35, n° 1, 1944, p. 76.

permis d'étudier, à l'Université de Bristol, les sillons du cerveau (Télencéphale) de l'Éléphant africain, à un stade fort intéressant de leur évolution.

Ce fœtus, de douze mois environ, mesure 680 millimètres, de l'extrémité de de la trompe à l'origine de la queue, en passant par la courbure dorsale. Le Télencéphale (longueur, 65$^{mm}$; hauteur, 34$^{mm}$) est remarquable, comme celui du fœtus plus jeune, par son allongement et son surbaissement.




*Loxodonta africana* Blum. (Éléphant d'Afrique). Cerveau (Télencéphale) d'un fœtus de douze mois environ, dont la mère avait été tuée par M. le Docteur J. Perry dans la forêt de Budongo, Uganda (1° 40′ N., 31° 30′ E. approximativement). — Face externe de l'hémisphère droit. Les bulbes olfactifs ne sont pas visibles. O, sillon d'operculisation; E. a., *Ectosylvia* antérieure; S, *Suprasylvia*; L, latéral; C, coronal; P, *Præsylvia*. Schéma grandeur naturelle.

Sur la face externe des Hémisphères (*figure*), un profond sillon à concavité supérieure, faiblement oblique sur l'horizontale, d'avant en arrière et de bas en haut, est un *sillon d'operculisation* (O.) : en soulevant sa lèvre supérieure, on voit, en effet, que la Scissure rhinale antérieure et l'*Ectosylvia* postérieure constituent l'axe d'une région située dans la profondeur, l'*Insula* (rhinencéphalique, vers l'avant, néopalléale, vers l'arrière). La Scissure rhinale postérieure, superficielle, semble effacée dans sa région supérieure, alors que, chez le fœtus plus jeune, les deux parties de la Scissure rhinale constituaient un sillon continu. L'*Ectosylvia antérieure* (E. a.) est visible dans sa région supérieure, non operculisée. La *Suprasylvia* (S.), formée de trois ébauches, entoure, dans son ensemble, le sillon d'operculisation, vers le haut. En avant, s'étendent d'assez nombreuses dépressions rectilignes, dont quelques-unes, du côté mésial, représentent le *Latéral* (L.). Plus antérieurement, le *Coronal* (C.), légèrement oblique sur l'horizontale, de haut en bas et d'arrière en avant, est indiqué. Coronal et Latéral ne forment nullement, ici, la courbe en fer à cheval, si typique du cerveau des Carnassiers. La *Præsylvia* (P.), sillon important, très précoce au cours de l'ontogénie, bien marqué en avant de la *Suprasylvia*, s'étend presque perpendiculairement au sillon d'operculisation.

Sur la face interne des Hémisphères, au-dessus du corps calleux, le Splénial est net dans sa région supérieure, l'*Intercalaire*, alors que sa région postérieure, la *Calcarine*, est à peine ébauchée : ce mode de développement du Splénial, d'avant en arrière, caractérise aussi le cerveau des Ongulés; le

Splénial se développe, au contraire, d'arrière en avant, chez l'Homme et les Primates.

Par suite de la fragilité des Hémisphères, nous n'avons pu en étudier complètement le Rhinencéphale.

En somme, par sa forme allongée et surbaissée, notre cerveau fœtal d'Éléphant s'éloigne de celui des autres Mammifères qui, à un stade comparable d'évolution, est toujours relativement court et élevé. Il s'éloigne aussi du cerveau de l'Éléphant adulte, qui est subsphérique.

Cet exemplaire, sur lequel tous les sillons fondamentaux du *Neopallium* et l'operculisation sont déjà indiqués, rappelle le cerveau des Ongulés périssodactyles ([2]) par la disposition plus ou moins rectiligne de ses sillons et son mode d'operculisation, qui intéresse une partie du *Neopallium* (le *Gyrus arcuatus* I) et le Rhinencéphale (dans sa région supérieure), alors que, d'ordinaire, l'operculisation, chez les Mammifères où elle existe, est uniquement néopalléale. Toutefois, c'est, ici, la Scissure rhinale antérieure (et non la postérieure, comme chez les Périssodactyles) qui, avec l'*Ectosylvia*, constitue l'axe de la région operculisée.

Par sa forme allongée et la disposition de ses plissements, le cerveau fœtal de l'Éléphant africain, au stade étudié, est, en quelque sorte, un schéma du cerveau des Équidés adultes et le mode de développement de la Scissure rhinale, à un stade moins avancé ([3]), corrobore cette conclusion. Cependant, la constitution de l'*Insula*, caractéristique des Proboscidiens, éloigne l'Éléphant, à la fois, des Ongulés artiodactyles et des Ongulés périssodactyles (dont les Équidés), au point de vue cérébral.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'hérédité mendélienne peut-elle être exprimée par une ou plusieurs formules binomiales?* Note de M. **Jan Wilczynski**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans la présente Note nous nous proposons d'examiner si l'hérédité mendélienne, dans sa forme classique, non compliquée par aucun facteur extérieur, peut être fidèlement exprimée par une seule équation générale, ou si toute une série de formules sont nécessaires?

En comparant la formule générale des lois de Mendel exposée par nous en 1938, 1939 et les années suivantes ([1]) et par L. E. Roulet en 1941 ([2]), nous

([2]) M. Friant, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1087.

([3]) M. Friant, *Rev. Zool. Bot. Afric.*, *loc. cit.*

([1]) *Biol. Gen.*, 14, 1938, p. 47-54; *Ibid.*, 14, 1939, p. 447-455; *Acta biotheor.*, 6, 1942, p. 99-153; *Ibid.*, 6, 1942, p. 155-164; *Ibid.*, 7, 1942, p. 81-88; *Ibid.*, 7, 1942, p. 89-98.

([2]) *Hérédité mendélienne et analyse combinatoire*, Genève, p. 193.

concluons que notre formule englobe toutes les catégories de croisements possibles envisagées par cet auteur.

En effet, Roulet exprime l'hérédité génotypique par 6 formules représentant les croisements suivants :

1° entre hétérozygotes complets de deux formes parentales : $C_k^x C_{k-x}^{p-x} . 2^{p-x}$;

2° et 3° entre hétérozygote complet d'un parent et homozygote (récessif ou dominant) de l'autre : $2^k . C_k^x$;

4° entre hétérozygote complet et homohétérozygote : $4^{\omega_A} C_{k-\omega_A}^x . 3^{k-\omega_A-x}$;

5° entre deux homohétérozygotes : $4^{\omega_A+\omega_B} C_{k(\omega_A+\omega_B)}^x . 3^{k-\omega_A-x}$

et enfin 6° entre deux hétérozygotes complets, représentant les facteurs cumulatifs : $C_{2k}^x$.

Toutes ces formules, quoique exactes du point de vue algébrique, peuvent être avantageusememt remplacées par l'expression générale unique, que nous avons déjà proposée antérieurement [1] $P_\Delta . 2^m . 2^{n-m}$, où $P_\Delta$ est le symbole du triangle arithmétique de Pascal, $n$ représente le nombre des couples allélomorphiques, connus ou présumés, dans chaque croisement, tandis que $m$ est la suite naturelle des nombres de 0, 1, 2, 3, ... à $n$ et $n+1$.

En fait, tous les composants hétérozygotes trouvent leur expression dans l'équation suivante : $C_r^n = [n!/(n-r)!\ r!]$, tandis que tous les composants homozygotes se traduisent par la formule $2^{n-r}$.

En réunissant en une seule ces deux formules, nous arrivons à une formule générale, valable pour toutes les lois de Mendel, y compris leurs modes particuliers dans leur aspect génotypique.

D'après E. L. Roulet, la différence principale entre l'hérédité génotypique et l'hérédité phénotypique consiste dans une asymétrie présumée du binome de Newton pour l'hérédité phénotypique, et dans sa symétrie pour l'hérédité génotypique. Nous pensons, cependant, que cette différence n'est qu'apparente et qu'elle dérive du phénomène de la dominance elle-même. Celle-ci ne peut être considérée comme acquise par suite de processus de n'importe quelle sélection, comme plusieurs auteurs anglais le prétendent, étant donné que le rapport numérique entre les géno- et phénotypes, dans tous les cas de croisements connus, reste précis et constant, à savoir : $2^n : 3^n$.

En conséquence, nous croyons pouvoir considérer le phénomène de dominance comme une espèce de choc physiologique, donc comme un processus cytophysiologique, se produisant à la suite du contact et de la fusion de deux plasmas reproductifs dans la fécondation. Ceci aboutit, soit à la suprématie d'un plasma au détriment de l'autre, soit à l'apparition d'un caractère intermédiaire, comme dans le type *Zea*. Ce qui d'ailleurs ne constituerait pas encore une explication suffisante, ni du rapport numérique précité, ni des modes grâce auxquels les caractères phénotypiques dominent l'interaction des facteurs génotypiques.

Enfin, cette généralisation n'englobe ni l'hérédité avec échange des gènes (*crossing-over*), ni les influences *paravariatives* (selon la dénomination de Baur), c'est-à-dire les influences du milieu (dites aussi lamarckiennes), dont on ne sait pas sous quelle forme elles pourraient être incluses dans la formule générale binomiale.

Quant au premier problème, on peut seulement faire remarquer que le rapport *gènes liés/gènes libres* pourrait exprimer les tendances à la consolidation d'une variété en une espèce qui est en train de se stabiliser. Ou encore, sous sa forme plus générale, le pourcentage des tendances macroévolutives par rapport aux combinaisons libres microévolutives.

Au sujet des facteurs paravariatifs, nous nous bornerons à dire que, théoriquement, rien ne s'oppose à ce qu'on les considère comme une composante de même valeur algébrique dans la série des termes binomiaux qui constituent l'expression de l'hérédité telle qu'elle se réalise.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Cycle évolutif, chez des Coléoptères Ténébrionides, de deux espèces de Nématodes* Habronematinæ (*Genre* Sicarius *et genre* Hadjelia) *parasites de* Upupa epops *L. à Banyuls*. Note de M. **Alain-G. Chabaud**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les Nématodes étudiés ici ont été récoltés au Laboratoire Arago à Banyuls, sous la membrane du gésier d'une grande Huppe. Le corps des femelles, broyé avec du pain mouillé, a été donné en nourriture à des Arthropodes variés; ceux-ci, dans la suite de l'expérience, ont été conservés à une température proche de 18°.

1. *Cycle évolutif de* Sicarius dipterum (*Popowa* 1927). — Le développement larvaire s'est effectué dans la cavité générale de quatre espèces de Coléoptères : *Phylan abbreviatus* Ol., *Asida sericea* Ol., *A. jurinei* Sol. var. *marmottani* Bris. et *Tentyria mucronata* Stev. avec l'allure suivante :

Croissance du premier stade : de 190 à 300$^{\mu}$, 1$^{re}$ mue : 20$^{e}$ jour.

Croissance du deuxième stade : de 300 à 1500$^{\mu}$, 2$^{e}$ mue : 30$^{e}$ jour.

On connaît jusqu'à maintenant deux types d'évolutions très différents chez les *Habronematinæ* : *a*. Les *Habronema* d'Équidés évoluent chez les Diptères brachycères et montrent les analogies les plus étroites avec l'évolution des *Filarioidea* (Roubaud et Descazeaux 1921-1922) (1). *b*. L'espèce *Seurocyrnea colini* (Cram 1927) parasite des Phasianides évolue chez une Blatte (Cram 1931) (2), en présentant tous les caractères habituels aux *Spiruroidea*.

(1) *Bull. Soc. Path. Exot.*, **14**, 1921, p. 471; **15**, 1922, p. 978.

(2) *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.*, **227**, 1931, p. 25.

La morphologie de *Sicarius* peut être considérée comme intermédiaire entre *Seurocyrnea* et *Habronema* mais la biologie de *S. dipterum* ne montre aucun caractère de transition et se rapporte presque exclusivement au genre *Seurocyrnea*. Cependant les larves de *Sicarius* comme celles de *Seurocyrnea* montrent une mobilité inhabituelle chez les Spirurides ; elles restent libres dans la cavité générale de l'insecte ou ne s'encapsulent que très tardivement. Il serait possible d'envisager cette propriété comme un des éléments ancestraux qui ont conduit au cycle très spécialisé des *Habronema* parasites d'Équidés.

2. Cycle évolutif de *Hadjelia truncata* (Creplin, 1825).

L'évolution larvaire est possible dans la cavité générale de trois espèces de Coléoptères : *P. abbreviatus*, *A. sericea* et *A. jurinei* var. *marmottani*. Elle présente les caractéristiques suivantes :

Croissance du premier stade : de 260 à 350$^{\mu}$. 1$^{re}$ mue : 25$^{e}$ jour.

Croissance du deuxième stade : de 350 à 4200$^{\mu}$. 2$^{e}$ mue : 50$^{e}$ jour.

Le genre *Hadjelia* présente des affinités remarquables avec certaines espèces d'*Acuariidæ Schistorophinæ*, en particulier la fusion deux à deux des papilles céphaliques du cycle externe et la présence de petites ailes membraneuses sur les pseudo-lèvres. Cependant, à cause de l'existence de deux interlabia, le genre a été rangé parmi les *Spiruridæ Habronematinæ* (Chitwood et Wehr, 1934) (3).

Les caractères biologiques d'*H. truncata* nous paraissent confirmer ce dernier point de vue. En effet, nous croyons qu'une évolution très longue chez l'hôte intermédiaire est incompatible avec un Nématode appartenant à une famille aussi élevée dans la classification zoologique que celle des *Acuariidæ* (Chabaud, 1949) (4). Donc malgré les analogies très apparentes du genre *Hadjelia* avec certains *Schistorophinæ*, la place de ces parasites parmi les *Habronematinæ* semble beaucoup plus satisfaisante.

Un fait d'un autre ordre vient appuyer cette conclusion : la larve du troisième stade possède un cycle externe de huit papilles céphaliques largement distinctes, alors que l'adulte a des papilles complètement fusionnées. La réapparition d'éléments ancestraux chez les larves de Nématodes hétéroxènes est un phénomène très exceptionnel, et le nombre des papilles portées par l'adulte se trouve presque toujours réalisé d'emblée sur la larve du troisième stade. Cette constatation laisse supposer que la fusion des papilles est une acquisition plus récente pour *Hadjelia* que pour les *Acuariidæ*.

---

(3) *Zeitsch. Parasit.*, 7, 1934, p. 273.

(4) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 74, 1949, p. 342.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude de la répartition du Criquet marocain* (Dociostaurus maroccanus *Thunb.*) *en France continentale.* Note de MM. **Robert Delmas** et **Amédée Rambier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Aidés par notre connaissance des biotopes bien spéciaux où se rencontre le Criquet marocain solitaire, nous en avons recherché les stations, dans les régions méditerranéenne et limitrophes. Seule cette phase peut permettre une étude de la répartition géographique stable de cet insecte.

Sur les sables littoraux, il existe localement, depuis les Pyrénées-Orientales (Canet-Plage) jusqu'aux Alpes-Maritimes. Il est plus rare à partir de l'Esterel. En arrière, en terrain salé, il se localise aux parties légèrement exhaussées. Dans les Albères, peu abondant, il est au fond des vallées abritées (Arles-sur-Tech). La plaine du Roussillon lui est peu favorable : quelques individus sur d'anciennes terrasses alluviales (aérodrome de Perpignan). Il existe dans la vallée de l'Agly (Saint-Paul-de-Fenouillet). Il est rare dans le Sud des Corbières et seulement dans la zone orientale (Maisons).

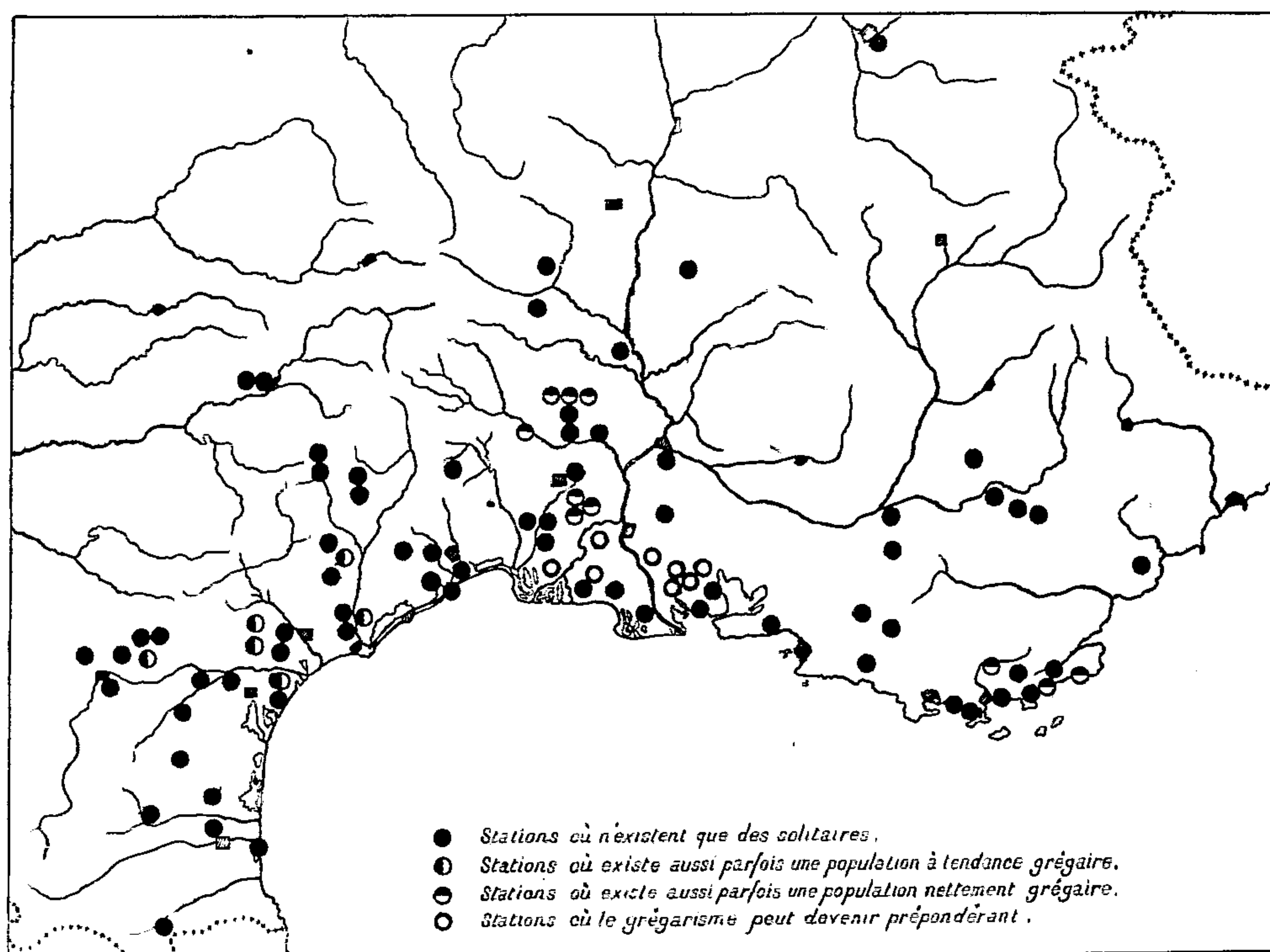
Plus au Nord, l'espèce est bien plus commune (Tournissan, Ornaison, Lézignan). A l'Ouest, vers le seuil de Naurouze, elle se raréfie : quelques individus installés aux pieds des remparts de Carcassonne, et plus au Nord-Ouest, à proximité de Moussoulens. Dans le Minervois, au contraire, il y a de nombreuses stations, bien pourvues, jusqu'au contact du massif primaire de la Montagne Noire (Caune, Saint-Julien), avec pullulations par place (Laure). De même dans le Narbonnais et le Biterrois, où des pullulations sont parfois nuisibles (Puysserguier), avec débuts de grégarisation (Ensérune).

La basse vallée de l'Hérault lui convient bien (Bessan, Adissan, Perret). Elle y affectionne les terrains noirs basaltiques, brûlés par le soleil (Saint-Thibery), ainsi que les alluvions anciennes et les terres d'épandage. Autour de Montpellier, elle se plait surtout sur les affleurements de la molasse miocène. Il y a quelques stations à la Gardiole et au plateau de l'Hortus, mais ce n'est pas un Acridien de la garrigue. On peut le suivre jusque sur le causse du Larzac (Les Rives, 720$^m$), où il peut être nuisible (Caussignac). Plus au Nord, nous l'avons trouvé à Millau (Aveyron), dans la vallée du Tarn.

Dans le Gard, il est très commun, depuis la mer et le Petit-Rhône jusqu'au pied des Cévennes. Il grégarise, par endroits, soit au Sud de Nîmes, dans le bas-pays de l'étang des Iscles et sur la Costière, soit au Nord, dans l'Uzège et la vallée du Gardon (Boucoiran). En remontant la rive droite du Rhône, sa distribution paraît suivre, au moins jusque dans l'Ardèche, la large bande des terrains sédimentaires qui s'appuie sur le socle ancien du Massif Central. Nous l'avons trouvé jusqu'à Montréal, au Sud du Coiron. Il devient plus rare à mesure qu'on s'éloigne de la limite Gard-Ardèche, vers le Nord.

Cependant d'autres stations plus septentrionales restent, sans doute, à découvrir sur cette rive du Rhône.

En dehors de la Camargue et de la Crau, ses zones grégarigènes habituelles, il se trouve, en Basse-Provence (Le Rove, Auriol, La Sainte-Baume 670$^{m}$, Rians). Dans les Maures, il est au fond des vallons (Real Colobrier, La Mole) et sur les cols (col de Babaou, 414$^{m}$). Dans les parties basses et élargies des




vallées, il présente des phénomènes de grégarisation (Montaud, Bormes). C'est, à plus petite échelle, ici, ce qui se passe en Corse. Dans l'Esterel, par contre, l'espèce est beaucoup plus rare (Petit-Saint-Jean). En Haute Provence, il habite jusqu'à 920$^{m}$ sur le Grand Plan de Canjuers. Il est dans la vallée de la Durance (Saint-Paul), dans la dépression de Valensole, sur le poudingue montien à Puimoisson (Basses-Alpes).

Nous l'avons trouvé dans le Vaucluse (Avignon), dans la Drôme (Grignan). Il existe indigène à Grenoble.

De nouvelles prospections, surtout à l'Est du Rhône et hors de la région méditerranéenne, permettront sans doute d'étendre encore la zone de répartition de l'espèce.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'emploi de la ponction-biopsie pour l'étude de la vitamine* $B_{12}$ *hépatique chez l'Homme.* Note de MM. **René Wolff, Paul-Louis Drouet** et Mme **Rosalie Karlin-Weissman**, présentée par M. Maurice Javillier.

La ponction-biopsie du foie a été préconisée par Chiray (1) et par Cazal (2) pour le diagnostic histologique de certaines affections hépatiques. La technique dont ils ont précisé les indications assure à cette intervention une innocuité parfaite.

On étudie dans ce travail le taux de la vitamine $B_{12}$ dans des fragments de parenchyme hépatique, obtenus par ponction-biopsie chez l'Homme et dont le poids variait de 10 à 60mg. Cette recherche a été rendue possible par l'emploi d'une méthode de dosage de la vitamine $B_{12}$ utilisant la croissance de *Lactobacillus Leichmannii* ATCC n° 4797, cultivé sur milieu de Skeggs (3). Cette méthode nous a fourni des résultats, encore exacts à $\pm 10$ % près, pour des taux voisins de $0^{m\gamma},025$ de $B_{12}$. Le dosage de cette vitamine dans des extraits de foies provenant de cadavres nous avait, d'autre part, donné des chiffres voisins de 1 γ/g (0,5 à 0,75 γ/g), taux amplement suffisants pour permettre une évaluation de la vitamine dans un fragment de foie provenant d'une ponction.

Nous avons défini les conditions expérimentales nécessaires à une évaluation correcte de la vitamine et apportons les premiers résultats fournis par cette étude en Pathologie.

Du point de vue technique, il y avait lieu de confronter les résultats fournis par divers procédés d'extraction et de rechercher si le caractère hétérogène du prélèvement n'était pas susceptible de fausser les résultats.

A. *Extraction de la vitamine* $B_{12}$ *du foie.* — On a étudié les procédés suivants : 1° broyage dans de l'eau au mortier avec du sable, suivi d'une centrifugation; 2° digestion à la pancréatine, suivant Nichol et Elvehjem (4); 3° autoclavage du produit de broyage [Scheid et Schweigert (5)]; 4° digestion à la papaïne. Il a été tenu compte dans ces dosages de l'apport vitaminique dû aux diastases et de la présence possible de désoxyribosides, qui exercent une action analogue à celle de la vitamine $B_{12}$, mais s'en distinguent par leur stabilité.

(1) Chiray, Fiessinger et Roux, *Presse Méd.*, 1941, p. 787-788.
(2) *Le Foie*, 1945, p. 224-230.
(3) *Journ. of Biol. Chem.*, 176, 1948, p. 1459-1460.
(4) *Biol. Chem.*, 181, 1949, p. 915-920.
(5) *Biol. Chem.*, 185, 1950, p. 1-8.

| | Broyage. | Pancréatine. | Autoclavage 120°, 4 heures. | Papaïne. |
|---|---|---|---|---|
| $B_{12}$ par gramme de foie ($\gamma$)....... | 1,63 | 1,65 | 1,37 | 0,48 |

Le dosage dans un produit de digestion pancréatique, donne des résultats identiques à celui qui est fourni par une suspension aqueuse de foie centrifugée. C'est ce procédé qui a été adopté pour nos recherches.

B. La ponction-biopsie, fournissant un fragment de tissu mêlé à du liquide (sang ou liquide cellulaire exsudé), il y avait lieu de préciser le mode de prélèvement, en vue d'une évaluation exacte de la masse du parenchyme hépatique. Nous avons comparé le taux de vitamine : dans un fragment récolté dans une solution physiologique de ClNa, débarrassé ensuite de son liquide, par compression entre papiers filtres; dans des fragments non traités et pesés directement; dans des morceaux de foie frais de $1^{mm}$ d'épaisseur non traités. Les résultats ont été : Échantillon débarrassé de liquide : 1,77 $\gamma$/g. Échantillon non traité : 1,89 $\gamma$/g. Morceau de foie non traité : 1,89 $\gamma$/g. Il n'y a pas lieu de tenir compte de la nature hétérogène du produit de la ponction, pour l'évaluation de la masse du parenchyme hépatique.

Un dernier point devait enfin être précisé; la répartition de la vitamine à travers la masse hépatique. Des titrages faits sur des fragments de foie, prélevés en des points éloignés les uns des autres, ont donné les résultats suivants;

| | | | |
|---|---|---|---|
| Poids de l'échantillon (mg)......... | 41,6 | 26,5 | 15,5 |
| $B_{12}$ par gramme ($\gamma$)................ | 0,94 | 0,92 | 1,1 |

La répartition de la vitamine $B_{12}$ dans le foie paraît homogène; il est légitime d'en évaluer le taux moyen dans un fragment de parenchyme obtenu par ponction.

Des ponctions faites dans un but diagnostique nous ont permis d'étudier la vitamine $B_{12}$ dans diverses affections chez l'Homme. Cette étude (détails dans un autre Recueil) montre, en résumé, que de tous les cas examinés, qu'il s'agisse d'affections du foie ou d'anémies de types divers, seules les anémies pernicieuses du type biermérien présentent, d'une façon constante, une baisse considérable de la vitamine $B_{12}$ hépatique. Dans six cas d'anémie pernicieuse nous avons trouvé, avant tout traitement, les résultats suivants : 0,04, 0,02, 0,07, 0,04, 0,14 $\gamma$/g. Dans tous les autres cas, la vitamine $B_{12}$ oscille entre 0,47 et 1,14 $\gamma$/g. Enfin, sous l'influence du traitement vitaminique, ce taux s'est élevé, sans atteindre celui des sujets normaux.

Notre travail montre l'intérêt de la ponction-biopsie pour l'étude *in vivo* de la vitamine $B_{12}$ hépatique. Nous nous proposons d'étendre cette étude au métabolisme hépatique d'autres vitamines du groupe B, susceptibles d'être évaluées par des procédés microbiologiques suffisamment sensibles.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur la présence de monobromotyrosine dans les gorgonines.* Note de MM. **Jean Roche, Raymond Michel** et **Yasuo Yagi**, présentée par M. Maurice Javillier.

La diiodotyrosine ([1]) et la dibromotyrosine ([2]) ont été longtemps considérées comme les seuls acides aminés halogénés présents dans les gorgonines, scléroprotéines de l'axe corné de nombreux Gorgonaires. Il a été établi en 1948 qu'elles y sont accompagnées, parfois en abondance, de monoiodotyrosine ([3]), acide aminé dont l'existence dans le corps thyroïde et le rôle en tant que précurseur biologique du dérivé dihalogéné ont été récemment démontrés. Cela étant, il était probable que la formation de la monobromotyrosine fut la première étape de la fixation du brome à la tyrosine dans les gorgonines. Il y avait dès lors lieu de chercher à mettre en évidence cet acide aminé, lequel n'a pas encore été signalé dans les produits d'hydrolyse des protéines.

Des gorgonines d'*Eunicella verrucosa* Pallas (variété *typica*) et de *Scirpearia flabellum* Johnson, renfermant l'une et l'autre 2,20 % Br, associées dans la première à 9,01 % I et dans la seconde à 1,82 % I, ont servi de matériel d'étude. Elles ont été hydrolysées par la baryte [$0^g,4$ $Ba(OH)_2.8H_2O$ dissous dans $5^{cm^3}$ $H_2O$ par gramme de gorgonine, chauffage de 6 heures à 100° en tube scellé] et les produits libérés ont été fractionnés en vue de séparer la monobromotyrosine par chromatographie sur papier, en utilisant la 3.L-bromotyrosine pure ([4]) comme corps de référence. De la caséine additionnée de dibromotyrosine a été soumise au même traitement, afin de contrôler que celui-ci ne provoque pas la formation du dérivé monohalogéné. Tel n'est d'ailleurs pas le cas, la quantité de brome apparaissant alors à l'état d'ion $Br^-$ étant inférieure à 5 % de l'halogène total et la monobromotyrosine ne pouvant pas être mise en évidence dans le milieu réactionnel.

L'hydrolysat de gorgonine a été soit neutralisé à pH 6,0 (addition de $SO_4H_2$, puis de $CO_3Ba$), filtré et concentré sous vide, soit porté à pH 1,0 (HCl) et extrait au *n*-butanol. Le résidu d'évaporation des solutions obtenues, repris par l'acide acétique à 5 % saturé d'$H_2S$, a été soumis à l'adsorption sur une colonne d'activit 50 XP, qui fixe les acides aminés

---

([1]) E. Drechsel, *Z. Biol.*, 33, 1896, p. 90.

([2]) C. I. von Morner, *Z. physiol. Chem.*, 88, 1913, p. 138.

([3]) C. Fromageot, M. Jutisz, M. Lafon et J. Roche, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1948, p. 785; J. Roche et M. Lafon, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 147.

([4]) K. W. Rosenmund, W. Kuhnhenn et W. Lesh, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 2042.

cycliques ([5]). Après lavage de la colonne à l'acide acétique à 5 % saturé d'$H_2S$, les acides aminés aromatiques ont été élués par de l'eau saturée d'$H_2S$ et d'acétate d'éthyle. Le résidu d'évaporation de leur solution, repris par le butanol acétique (*n*-butanol, 78 parties; acide acétique, 5 parties; eau, 17 parties), a été analysé par chromatographie sur papier Whatmann n° 1. Celle-ci a été réalisée dans diverses conditions, et les taches d'acides aminés ont été revélées à la ninhydrine (solution à 0,2 % dans l'eau saturée de butanol).

La présence d'une tache de Rf 0,37 correspond à celle de la monobromotyrosine pure, se manifeste après développement au butanol acétique. Elle a été éluée par $NH_4OH$ N et soumise à la chromatographie à deux dimensions en présence de butanol acétique et de butanol saturé d'ammoniaque. Le but de cette opération était de séparer quantitativement la monobromotyrosine, d'une part de la monoiodotyrosine et, d'autre part, de la phénylalanine, toutes deux de Rf très voisins lors de l'emploi du butanol acétique. Ce fractionnement a été contrôlé en ajoutant aux solutions étudiées de la monoiodotyrosine radioactive ([6]), dont la localisation sur les chromatogrammes a été repérée par des mesures au compteur de Geiger-Müller. Les résultats obtenus sont les suivants :

| | Rf. | | |
|---|---|---|---|
| Nature de la tache | Butanol acétique. | Butanol ammoniacal. | Radioactivité de la tache. |
| 3-L-monobromotyrosine pure | 0,38 | 0,06 | nulle |
| Monobromotyrosine naturelle | 0,38 | 0,06 | nulle |
| Monoiodotyrosine | 0,44 | 0,10 | forte |
| Phénylalanine | 0,45 | 0,40 | nulle |

L'éluat de la tache renfermant le corps de Rf identique à celui de la monobromotyrosine pure donne la réaction de Millon avec une teinte vineuse. Son spectre ultraviolet présente une bande unique à maximum d'absorption sur 3020 Å, comme le produit de synthèse. La caractérisation de la monobromotyrosine peut donc être considérée comme certaine. En outre, la présence de thyroxine dans les gorgonines, antérieurement signalée par l'un de nous et Lafon, a été confirmée au cours de ce travail.

*Conclusions.* — Les gorgonines étudiées renferment de la monobromotyrosine associée à la dibromotyrosine et aux dérivés mono- et diiodés du même acide aminé. L'halogénation biologique de celui-ci par le brome ou l'iode procède donc par la même succession d'étapes.

---

([5]) C. Fromageot, M. Jutisz et E. Lederer, *Biochim. Biophys. Acta*, 2, 1948, p. 487.

([6]) J. Roche, S. Lissitzky, O. Michel et R. Michel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 357.

PHYSIQUE MÉDICALE. — *Examen topographique de la glande thyroïde par mesure externe des rayonnements γ émis par* $^{131}$I. Note de MM. **Pierre Süe** et **Maurice Tubiana**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Jusqu'à maintenant on a surtout contrôlé la fixation du radioiode dans la thyroïde en mesurant le rayonnement émis par le radioiode fixé. L'objet de tels examens est d'évaluer l'activité fonctionnelle de la glande, soit prise dans son ensemble, soit considérée dans l'une de ses parties.

Nous avons pensé qu'une étude topographique plus fine était possible et susceptible de présenter un intérêt pratique.

A cette fin, nous avons réalisé un montage comportant un compteur logé verticalement dans une cavité creusée dans un bloc de plomb servant de collimateur; les rayons γ arrivent sur l'extrémité du compteur par un canal de 3$^{mm}$ de section. L'ensemble, placé à l'extrémité d'un pantographe (facteur d'agrandissement 5), peut subir des déplacements très petits et très précis. L'autre branche du pantographe comporte une pointe métallique qui, par une légère pression sur une feuille de papier, permet de repérer exactement la position du compteur placé à quelques millimètres au-dessus du cou du patient.

Le compteur à cathode intérieure de plomb que nous utilisons s'est montré, lorsqu'il est orienté verticalement, environ six fois plus sensible aux γ qu'un compteur à paroi de 1/10 de millimètre de Al disposé horizontalement.

Le radioiode émet surtout des γ de 0,364 MeV (79 %) et de 0,638 MeV (15 %). Pour arrêter ces derniers (à 0,5 %), nous avons dû donner au collimateur une épaisseur de 4$^{cm}$ de plomb. Quant aux rayons β qui sont émis simultanément, ils sont partiellement absorbés par les tissus, mais pour les éliminer complètement un écran de 1$^{mm}$ de Al est placé devant la fenêtre.

L'étude du rayonnement émis par la thyroïde présente certaines difficultés. En effet, la thyroïde est recouverte d'une lame de tissus cellulaire sous-cutanée, d'épaisseur variable et inconnue, qui absorbe et diffracte un peu les rayons. D'autre part, le plan osseux situé à la partie postérieure du cou réfléchit quelques rayons γ. Enfin, les tissus environnants émettent des quantités de rayonnements gênants pour une localisation ponctuelle. Par ailleurs, pour des raisons de sécurité, on est limité par les quantités de radioiode que l'on peut faire ingérer au malade : elles ne doivent pas dépasser quelques centaines de microcuries.

Pour toutes ces raisons, nous avons jugé indispensable d'effectuer préalablement des études sur fantômes : cous de paraffine, avec vertèbres réelles, dans lesquels on dispose des reproductions de thyroïdes en verres comportant des boules simulant des nodules. Les quantités d'iode dans les thyroïdes en

verre étaient de l'ordre de 100 μc; les nodules contenaient des solutions plus ou moins concentrées.

Un examen complet, fait tous les 4$^{mm}$ (ordre de grandeur de pouvoir de séparation) demande 2 heures. Le nombre d'impulsions par minute est inscrit au point correspondant percé sur la feuille de papier.

Dans ces premiers essais, nous obtenons les valeurs des activités des divers points de la glande vus en projection. Pour tracer le profil nous procédons ainsi : sur la feuille de papier nous choisissons les deux lignes se coupant dans la zone la plus radioactive (centre probable de la thyroïde). Les valeurs se trouvant sur ces lignes permettent de construire deux courbes à maximum qui représentent le nombre d'impulsions aux divers points de ces lignes. Les pentes de ces courbes sont variables et leur examen permet de déterminer à quelles valeurs de l'activité correspondent les limites de la plage radioactive.

Il suffit maintenant de tracer les courbes de même nombre d'impulsions pour avoir le profil général. En remplaçant alors le compteur par un crayon, et en suivant avec la pointe métallique le profil dessiné sur la feuille de papier, on obtient le tracé en grandeur nature. L'aire ainsi déterminée est à ± 15 % près celle de la surface réelle.

En opérant de la même manière sur l'Homme, on obtient des tracés que l'on compare avec les résultats que donne le palper lorsque celui-ci permet de dessiner sur le cou les limites de la thyroïde. Ce contour est alors reporté sur la feuille de comptage au moyen du pantographe.

La confrontation de ces deux tracés nous a permis d'étudier, par exemple, l'activité fonctionnelle d'un nodule intrathyroïdien et par suite d'avoir un argument en faveur de sa nature. Dans le cas d'un cancer de la thyroïde, nous avons, en général, pu distinguer les tissus thyroïdiens demeurés sains, fortement radioactifs, du néoplasme ayant fixé moins de radioiode. On peut ainsi généralement connaître, sans biopsie, le taux de fixation du tissu cancéreux, ce qui est un élément important du choix thérapeutique. La surveillance par cette méthode, d'un cancer thyroïdien, permet d'en suivre l'évolution.

Dans tous ces cas, une étude topographique sommaire et régionale ne fournirait pas de renseignements équivalents en raison de l'intrication et de la superposition des tissus sains et des tissus néoplasiques.

La séance est levée à 16$^{h}$.

R. C.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JANVIER 1951.

*Science in South Africa.* Pretoria, Council for scientific and industrial Research, 1949; 1 vol. 22cm.

*Annuaire pour l'an* 1951, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 20cm.

*Almanach des sciences* 1951, publié sous la direction de RENÉ SUDRE. Paris, Éditions de Flore; 1 vol. 19cm,5.

*Mémorial des sciences mathématiques.* Fasc. **115**. *Sur des congruences de droites ou de courbes et sur une transformation de contact liée à ces congruences*, par ANDRÉ CHARRUBAU. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 fasc. 25cm.

*Les méthodes semi-micro dans l'analyse organique quantitative*, par R. BELCHER, A. L. GODBERT, traduit par G. MANGENEY. Préface de ERNEST KAHANE. Paris, Dunod, 1951; 1 vol. 22cm.

*Chimie organique.* III. *Fonctions complexes*, par A. KIRRMANN. Paris, Armand Colin, 1950; 1 vol. 17cm,5 (présenté par M. M. Delépine).

*Génissiat*, publié par *La houille blanche.* Grenoble, 1950; 1 vol. 29cm (présenté par M. Ch. Jacob).

Houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais. *Carte des zones stratigraphiques à la Côte* 300 *du bassin*, dressées par le SERVICE DES RESSOURCES ET DES ÉTUDES GÉOLOGIQUES, d'après les travaux de PIERRE PRUVOST et A. BOUROZ, 1950; 1 fasc. 32cm.

*Tables d'intérêts et d'annuités*, éditées par le CRÉDIT COMMUNAL DE BELGIQUE. Bruxelles, 1950; 1 fasc. 34cm,5.

*La respiration de la levure en présence d'alcool*, par LEPOSAVA MARKOVIĆ. *La tension d'oxygène et la respiration de la levure*, par LEPOSAVA MARKOVIĆ. *Toxine tétanique, thermorégulation et tension d'oxygène*, par JEAN GIAJA et XÉNOPHON CHAHOVITCH. *Rapports entre la tension de l'oxygène, l'intensité des oxydations et la température corporelle*, par JEAN GIAJA et LEPOSAVA MARKOVIĆ. *Sur le rôle de défense de l'hypothermie*, par JEAN GIAJA. *L'énergétique de l'agonie*, par JEAN GIAJA. *Les oxydations au cours de la vie embryonnaire du poulet*, par JEAN GIAJA et LAZAR JOVANČIĆ. *Hypophysectomie et thermorégulation*, par PIERRE MARTINOVIĆ et JEAN GIAJA. *La température du milieu d'adaptation et la sensibilité de l'homéotherme à la dépression barométrique*, par JEAN GIAJA et LEPOSAVA MARKOVIĆ. *La tension d'oxygène et la respiration des tumeurs* in situ, par XÉNOPHON CHAHOVITCH et JEAN GIAJA. *L'hyperthyroïdisme expérimental et le rendement de la tension de l'oxygène*, par JEAN GIAJA et RADOSLAV ANDJUS. Extraits du *Bulletin de l'Académie serbe des sciences.* T. I, n° 1, 1950; p. 85 à 141. Belgrade, 1950; 11 fasc. 23cm,5.

*Paul Langevin. La pensée et l'action.* Textes recueillis et présentés par Paul Labérenne. Préfaces de Frédéric Joliot et Georges Cogniot. Paris, Les Éditeurs français réunis, 1950; 1 vol. 19$^{cm}$.

Congrès international de psychiatrie. Paris, 1950. *Histoire et progrès de la psychiatrie.* Résumé de la contribution du Portugal. Organisation et texte de António Flores et Almeida Amaral. Lisbonne, 1950; 1 fasc. 22$^{cm}$.

Université de Paris. *Le Palais de la découverte présente l'histoire et les progrès de la psychiatrie.* Exposition 20 septembre-20 décembre 1950; 1 fasc. 21$^{cm}$.

Id. — *La biochimie de la carcinogenèse et le traitement du cancer,* par E. Boyland. Paris, Les conférences du Palais de la découverte, 1950; 1 fasc. 21$^{cm}$.

Id. — *Pression atmosphérique et physio-pathologie de l'altitude,* par Beyne. *Les hormones mâles,* par Fernand Caridroit. *Effets biologiques de la pression barométrique. Leurs conséquences en climatologie,* par Georges Cuvier. *Physiologie de la termitière,* par Pierre-Paul Grassé. *L'importance de la vie symbiotique dans la biologie des coraux constructeurs de récifs,* par Louis Fage. *Les oxydations respiratoires et leur rôle dans la physiologie des plantes,* par Alexis Moyse. *Quelques applications scientifiques et techniques du spectre infrarouge,* par J. Lecomte. *Les changements de sexe et les problèmes de la morphogenèse,* par L. Gallien. *Le progrès scientifique dans le monde actuel,* par Pierre Auger. *Les greffes de la cornée,* par Guy Offret. *Carences nutritionnelles et résistance aux infections,* par Albert Delaunay. *L'arithmétique des idéaux,* par Albert Châtelet. *Pascal et la science de son temps,* par Pierre Sergescu. *Pascal et la science du vide,* par G. A. Boutry. *Pascal physicien,* par Jean Cabannes. *Pascal mathématicien,* par Paul Montel. *Pascal et la météorologie,* par J. Roulleau. Conférences faites au Palais de la découverte 1950; 17 fasc. 18$^{cm}$.

*Basic refractories. Their chemistry, and their performance,* by J. R. Rait. London, Birmingham, Coventry Manchester, Glascow, Iliffe and Sons Ltd., 1950; 1 vol. 22$^{cm}$.

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 200 000$^{e}$. Notices explicatives sur les feuilles *Iakora* LM. 56-57 (567). *Vondrozo* NO 56-57 (568). *Farafangana* PQ. 56-57 (569). *Ranotsara* LM. 58-59 (587). *Midongy du Sud* NO. 58-59 (588). *Vangaindrano* PQ. 58-59 (589), par Henri Besairie. Paris, Imprimerie nationale, 1949; 6 fasc. 23$^{cm}$,5.

*Congrès international d'étude sur le rôle du poisson dans l'alimentation,* tenu à Paris les 26-27-28 octobre 1950. Paris, Institut océanographique, 1950; 1 vol. 24$^{cm}$.

*Carta nacional de declinaciones magneticas. Hoja especial del Territorio Peninsular.* Escala 1/1 500 000, por el José Cubillo Fluiters. I. *Láminas.* II. *Texto.* Madrid, Instituto geografico y catastral, 1950; 2 vol. 24$^{cm}$,5.

*Die Stellung Südfrankeichs und der Krim im west-und ostmediterranen vegetationstufenprofil,* von Käthe Kümmel. Bonn, 1949; 1 fasc 20$^{cm}$,5.

*Antonio Ennes,* Solene sessão comemorativa do cinquantenario do seu governo colonial em 4 de novembro de 1946. Lisboa, Academia das ciências de Lisboa, 1947; 1 fasc. 26$^{cm}$.

*Bayerische Akademie der Wissenschaften, Jahrbuch* 1950. München, Verlag der Bayerischen akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck' schen verlagsbuchhandlung, 1950; 1 vol. 22$^{cm}$.

Haut Commissariat de France en Indochine. Service météorologique. *Le climat de l'Indochine. Aperçu général et régime des vents,* par Étienne Bruzon, Paul Carton et André Romer. 1 vol. 27$^{cm}$,5.

*Commission nationale du livre français à l'étranger. Rapport général et annexes.* Paris, Imprimerie nationale, 1949; 1 fasc. 23cm,5.

Université de Paris. Faculté de pharmacie. *Programmes d'études et renseignements scolaires.* Paris, 1949; 1 vol. 24cm.

International Union of geodesy and geophysics. Association of terrestrial magnetism and electricity. *Transactions of Oslo Meeting, august* 19-28 1948, by J. W. Joyce. IATME, bulletin n° 13. Washington, 1950; 1 vol. 24cm,5.

Institut für Weltwirtschaft and der Universität Kiel. *Die Weltwirtschaft ende* 1950. Kiel 1950; 1 fasc. 30cm.

International union of biological sciences. Serie B (Colloques) n° 6. *Genetic neurology. Problems of the development, growth and regeneration of the nervous system and of its functions.* Subsidized by Unesco. Editor Paul Weiss. Chicago, The University Press, et Paris, Secrétariat général de l'U. I. S. B., 1950; 1 vol. 23cm,5.

Parasitologie pro zvěrolékaře, par Otto Jirovec. Praze, Ceská akademie věd a Uměni, 1948; 1 vol. 23cm.

*The gravitational wave,* by Rev. Father, A. J. K.-Glazewski. Reprinted from *The Proceedings of the Scientific and Technical Congress of radionics and radiesthesia, held in London.* May 16-18, 1950; 1 fasc. 21cm,5.

A short summary of the lecture given on first december 1949 to the psychosomatic research association, by Rev. A. J. K. Glazewski on *The gravitational wave ;* 1 feuillet 25cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 12 FÉVRIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

### MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un nouveau deuil vient de frapper notre Compagnie. En la première heure du samedi 10 février, **Joseph Magrou**, en sa soixante-huitième année, nous a quittés.

Depuis longtemps, des circonstances de santé que beaucoup d'entre nous connaissaient, astreignaient Magrou à des précautions minutieuses, à un rythme de vie strictement réglé. Il se soumettait avec patience et résignation à ces obligations, dont il ne percevait que trop la nécessité, et il opposait aux misères physiques et à la souffrance un courage sans défaillance et un visage qui s'efforçait de demeurer souriant et serein.

C'est que d'abord il voulait vivre, vivre pour les siens qu'il entourait d'une constante tendresse, vivre pour la Science à laquelle il avait apporté un si riche tribut et qui était, avec la Musique, sa passion profonde. Et puis, il portait en lui, avec une haute et sereine philosophie, une foi simple, spontanée et confiante.

Joseph-Émile Magrou naît à Béziers le 6 août 1883. Il semble qu'à l'âge où un choix s'impose à chacun, il ait eu quelque hésitation sur sa carrière. Il est vivement attiré par les Sciences de la Nature, mais il aime aussi les Arts et, avec élection, la Musique. Le Conservatoire et son Maître Busser ont failli le détourner de nous. C'est cependant vers les Sciences et la Médecine qu'il s'incline définitivement. Il est licencié ès sciences naturelles en 1913, docteur en Médecine en 1914 et, après avoir servi comme médecin militaire pendant la guerre 1914-1919, il devient, en 1921, docteur ès sciences.

Boursier à l'Institut Pasteur dès 1910, il reste en cette grande Maison, où il est successivement préparateur, chef de laboratoire, chef du service de

Phytopathologie et Mycologie. Entre temps, il fait un stage de quelques années au Muséum auprès du Professeur Costantin, puis il assume une direction de Laboratoire à la Clinique chirurgicale de la Salpêtrière, dont le chef était alors le Professeur Gosset. Le Centre National de la Recherche Scientifique se l'est agrégé depuis 1931 comme Chargé, puis Maître de Recherches.

Auprès de tous les Maîtres et travailleurs de l'Institut Pasteur, il trouve l'accueil amical que méritent son intelligence et son caractère. Félix Mesnil le recommande, Émile Roux l'encourage, Amédée Borrel l'initie aux techniques bactériologiques. Il conquiert l'amitié de Maurice Nicolle, de Pinoy, de Legroux. Il se lie étroitement avec Pierre Masson et c'est cette commune amitié qui, tardivement, nous rapproche.

De ses Maîtres, celui qui exerça l'influence la plus décisive sur l'orientation de sa pensée scientifique fut l'un de ses cousins germains, le Botaniste Noël Bernard. Ce grand esprit, ravi à la Science à 36 ans, fit de Magrou le confident intime de ses pensées. Dès ce moment, l'œuvre de Magrou devait, pour une grande part, s'inscrire dans le plan de celle que Noël Bernard laissait inachevée.

Le premier Chapitre de l'œuvre de Magrou s'intitule : *Symbiose et tubérisation*.

Le cycle évolutif des plantes à tubercules comporte deux phases alternées : l'une de *différenciation*, caractérisée par le développement de tiges feuillées et de racines normales, l'autre de *tubérisation*, caractérisée par un retard dans la différenciation des points végétatifs ou des bourgeons et la mise en réserve des aliments non utilisés. Cette alternance est nette chez les Orchidées de la tribu des Ophrydées. Chez celles-ci, Noël Bernard a montré que la *tubérisation est la conséquence de l'invasion des racines par des Champignons symbiotiques*.

Notons que le terme « tubérisation », pris ici dans un sens large, désigne le renflement des tiges ou racines en tubercules et aussi la formation de bulbes, de rhizomes et généralement de tous organes pérennants. Ainsi comprise, la tubérisation est un phénomène de grande généralité, intéressant toutes les plantes vivaces, soit une grande partie du monde végétal. Existerait-il une corrélation entre la symbiose et l'état vivace ?

Magrou se trouve tout de suite tenté de vérifier sur la Pomme de terre, *Solanum tuberosum*, si symbiose et tubérisation vont de pair, ce que Noël Bernard n'avait pu établir.

Chez les plantes à mycorhizes, les Champignons endophytes sont localisés dans les racines et n'envahissent ni les tubercules ni les rhizomes. Si, dans les conditions normales de vie, la Pomme de terre héberge un Champignon symbiotique, rien d'étonnant à ce que, propagée au moyen de tubercules dépourvus de Champignon, transplantée loin de son habitat naturel, elle se soit affranchie de son hôte. C'est chez les Pommes de terre sauvages, prélevées dans les stations naturelles sud-américaines, que l'on peut découvrir le Champignon symbiotique.

Magrou s'adresse à une espèce tubérifiée voisine, *Solanum maglia*. Il voit les racines de cette espèce, prélevée au Chili, infestées d'un endophyte qui, dans les assises moyennes de l'écorce, et là seulement, forme des plages infestées étendues. L'hypothèse de Noël Bernard est confirmée. *Solanum tuberosum dérive d'ancêtres soumis à la symbiose.*

Restait à inoculer à la Pomme de terre le Champignon symbiotique et à étudier l'influence de celui-ci sur le développement. Magrou sème des *graines* de *Solanum tuberosum* dans un sol de lande inculte, au pied de douces-amères, chez lesquelles la présence de mycorhizes a été constatée. Le moment venu, *il observe l'envahissement des racines par un champignon*, identique à celui qui infeste la douce-amère et *Solanum maglia*.

Le sort de l'association varie d'ailleurs suivant les individus. Certains détruisent l'envahisseur par une réaction phagocytaire énergique; les autres contractent une symbiose durable. Les premiers sont dépourvus de tubercules et les bourgeons situés à la base de la tige se différencient en rameaux grêles. Les seconds sont réduits à une seule tige aérienne et produisent des tubercules aux dépens de leurs bourgeons basilaires.

Magrou observe expérimentalement la même dépendance entre la symbiose et le port de la plante chez une Légumineuse *Orobus tuberosus*. Avec les Mercuriales, la Nature a réalisé elle-même l'expérience. Chez *Mercurialis perennis*, s'établit une symbiose bien équilibrée; chez *Mercurialis annua*, l'endophyte est détruit; la plante s'est affranchie de la symbiose. Or *M. perennis* a des rhizomes souterrains épais et une tige florifère non ramifiée; *M. annua* n'a point de rhizome et une tige florifère ramifiée dès la base.

Dès que Costantin connaît les résultats de Magrou, un rapprochement se fait en son esprit. Quand on s'élève en altitude, la proportion des plantes vivaces augmente; des plantes annuelles en plaine deviennent vivaces. Des champignons de mycorhizes n'interviendraient-ils pas pour favoriser la production d'organes pérennants ?

C'est le point de départ d'une vaste enquête sur *les plantes alpines vivaces, qui se montrent effectivement associées à des Champignons de mycorhizes.*

Et les auteurs se demandent alors si le séjour en montagne, favorable à la tubérisation, n'offrirait pas un moyen de préserver de la dégénérescence la Pomme de terre. Ils obtiennent tout au moins des rendements particulièrement élevés dans des cultures faites à La Grave, à une altitude de 1500 mètres.

L'action favorable de la montagne, se demandent-ils, est-elle bien liée à la symbiose ? Ce besoin de précision est l'origine des expériences faites au Pic du Midi, à 1400 mètres, en sol vierge de toute culture, et à Bagnères-de-Bigorre, en terre ordinaire, où les champignons de mycorhizes faisaient défaut. *Au Pic, large invasion d'endophytes et tubercules abondants; à Bagnères, pas de tubercules.* La réponse était claire.

Mais par quel mécanisme les Champignons symbiotiques provoquent-ils

chez les Plantes des anomalies de croissance et une formation de tubercules ? Magrou, à la suite d'un ingénieux raisonnement et des observations que celui-ci inspire, découvre qu'ils agissent en provoquant une modification profonde de l'équilibre physico-chimique de la sève, en augmentant considérablement la concentration moléculaire des sucs de la plante. L'*augmentation de la pression osmotique est la cause de la tubérisation* et Magrou le démontre magistralement par des expériences en milieu aseptique.

Et si, dans nos cultures actuelles, affranchies de la symbiose, la production de tubercules se maintient, c'est en raison de la concentration moléculaire du milieu enrichi en engrais, où croissent les racines.

De l'ensemble de ses observations, Magrou déduit une méthode de culture symbiotique de la Pomme de terre à partir de graines, méthode apte à accroître les rendements en tubercules et à enrayer la propagation des maladies à virus.

J'ai tenté d'esquisser, en ses grandes lignes, l'œuvre de Magrou sur la tubérisation, car c'est elle qui a le plus contribué à la notoriété de son nom. Mais il a fait bien d'autres choses.

Après avoir reproduit les expériences d'Erwin Smith établissant l'étiologie bactérienne du cancer des plantes ou « crown gall », il a étudié l'anatomie de ce type de tumeur et interprété les structures paradoxales qui s'y rencontrent.

Il a observé, chez les plantes soumises à la symbiose mycorhizienne, des réactions cellulaires d'immunité comparables à la phagocytose.

Il a reconnu que le suc des plantes inoculées avec *Bacterium tumefaciens*, agent du cancer des plantes, est doué de propriétés agglutinantes et précipitantes spécifiques, qu'il a rapprochées de celles que l'on observe chez les Animaux immunisés.

Par d'autres faits encore, il a montré combien les processus de l'immunité obéissent, dans les deux Règnes, aux mêmes lois générales.

Je ne fais que citer ses travaux de *radiobiologie* : ces curieux effets à distance, à travers une lame de quartz, de cultures de *Bacterium tumefaciens*, de staphylocoques, de ferments lactiques, sur les caryokinèses de cellules végétales, sur le développement des larves d'oursins, sur l'éclosion de la larve d'*Aedes œgypti*, moustique transmetteur de la fièvre jaune; ses travaux de *bactériologie* : la découverte de l'étiologie de la Botryomycose des Mammifères et de l'Homme; la culture pure de Champignons endophytes; l'organisation des colonies bactériennes; etc.

Magrou a rendu compte de ses recherches dans plus de 160 publications. Il a écrit plusieurs Ouvrages, où se manifestent son érudition, son talent d'exposition, l'aptitude de son esprit à saisir le sens profond des phénomènes, à relier les faits les uns aux autres, à entrevoir ce qu'il y a de commun dans le comportement de tous les Êtres vivants.

Son Livre « *Des Orchidées à la Pomme de terre* » est un essai sur la symbiose, où l'œuvre de Noël Bernard et la sienne propre sont développées;

« *Les Maladies des Végétaux* » est un Ouvrage profond de pathologie végétale, où il a analysé les mécanismes d'action des parasites et les réactions de leurs hôtes; les phénomènes d'immunité et de grands principes de biologie générale fondés sur les faits pathologiques tiennent une place de premier plan dans ce Livre, développement de celui qu'il avait écrit en 1922 avec Maurice Nicolle sur « *Les Maladies parasitaires des Plantes* ».

Joseph Magrou n'est plus, et nous serons privés de bien des idées que son esprit avait mûries. En ces dernières semaines, tandis qu'il n'était soutenu que par des injections de sérum et endurait les pires douleurs, son esprit lucide corrigeait encore une trentaine de pages relatives à ses vues sur l'évolution.

Peut-être connaîtrons-nous un jour les dernières pensées de ce grand serviteur de la Science.

Ses amis — il n'avait d'ailleurs que des amis — pleurent la disparition de cette belle intelligence, de ce cœur généreux qui ne sut jamais que faire du bien autour de lui. Il n'a pas voulu que nous nous dérangions pour l'accompagner vers sa demeure dernière. Mais, jeudi, une cérémonie réunira ses amis, en cette chapelle du Val-de-Grâce où, organiste bénévole, il dépensait volontiers son talent.

Que Mme Magrou, compagne admirable et collaboratrice de maints de ses travaux scientifiques, que ses enfants, Mme et le Dr Lacorne, que le Dr P. Noël Bernard, sous-directeur de l'Institut Pasteur, et que notre confrère, M. le directeur Tréfouël, veuillent bien croire combien l'Académie s'associe au chagrin que leur apporte une irréparable perte.

Je lève la séance en signe de deuil.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. L'embryon et le suspenseur chez l'*Anthyllis Vulneraria *L.* Note de M. **René Souèges**.

L'embryon de l'*Anthyllis Vulneraria*, par les règles qui président à sa construction, se rattache au type embryonomique du *Trifolium minus*. Les éléments de son suspenseur n'offrent pas les particularités très marquées observées chez l'*Anthyllis tetraphylla*. Dans la famille embryogénique du *Trifolium*, il y a lieu de considérer deux groupes d'espèces, selon que, dès leur origine, les éléments du suspenseur sont ou ne sont pas très distincts de ceux de l'embryon proprement dit.

D'après L. Guignard (1), chez les *Anthyllis*, de la tribu des Lotées, « la structure du proembryon est spéciale à ce genre et mérite une mention particulière ». Le suspenseur de l'espèce que ce savant a examinée, l'*Anthyllis tetraphylla* L., est, en effet, très distinct de l'embryon proprement dit et se montre « formé de quelques cellules vésiculeuses qui se gonflent à tel point qu'elles

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 83.

n'adhèrent les unes aux autres que vers le centre de l'organe ». L'embryon lui-même « n'adhère à son support que par ses deux cellules supérieures (qui seraient inférieures dans nos dessins) entouré par les énormes vésicules qui le recouvrent partiellement. Il offre, par conséquent, une indépendance presque complète vis-à-vis du suspenseur ».

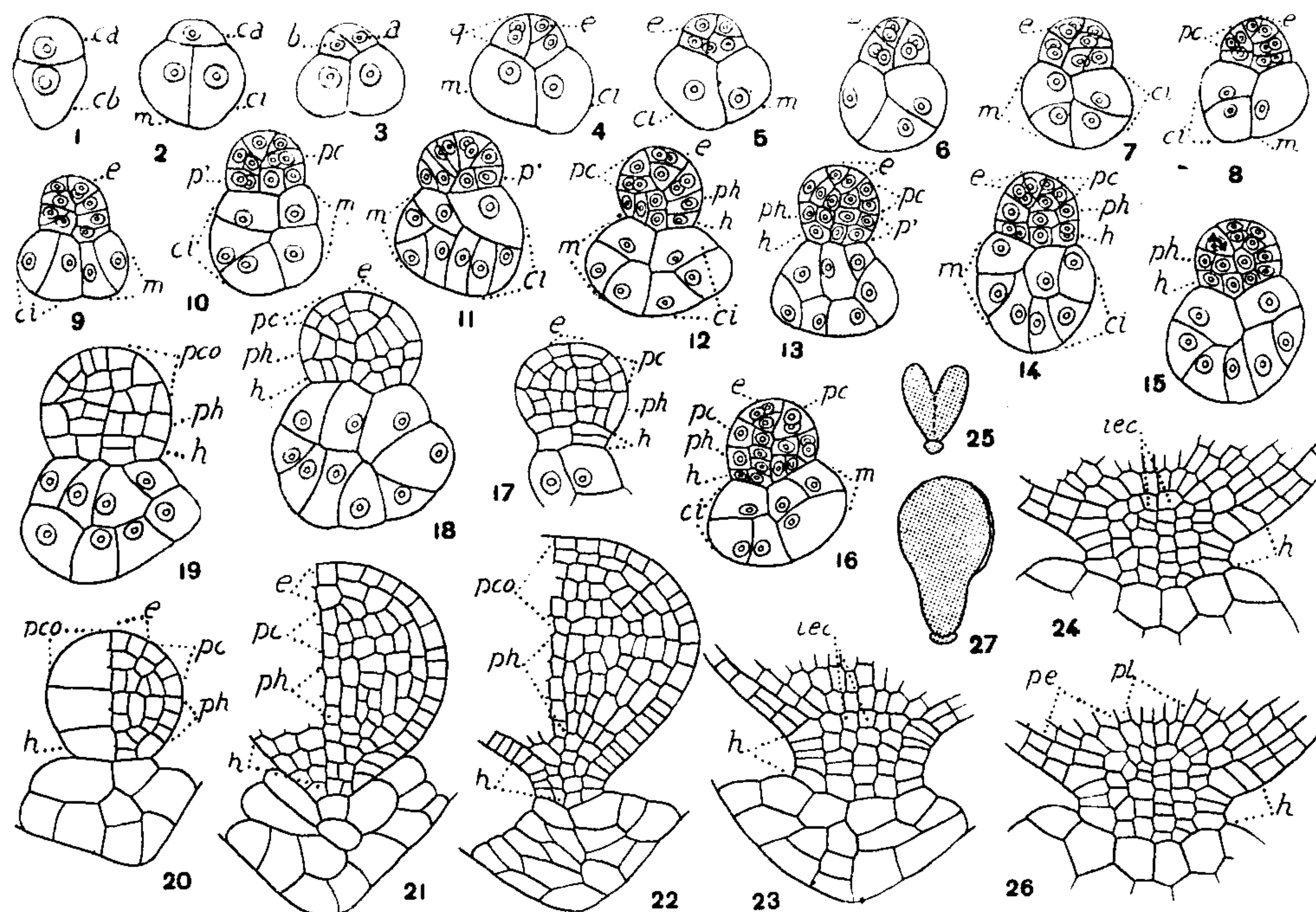


Fig. 1 à 27. — *Anthyllis Vulneraria* L. — Développement de l'embryon et du suspenseur. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *sensu stricto*; *p'*, assise génératrice de la partie hypocotylée, *ph*, et de l'hypophyse *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pe*, périblème; *pl*, plérome. En 25 et 27, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 24 et 26. En 27, l'embryon a déjà tourné sur son axe de 90°. G. = 265; 28 pour les figures 25 et 27.

On observe des caractères d'indépendance analogues chez l'*Anthyllis Vulneraria*, mais ils sont bien moins accentués, présentant seulement des différences de plus ou de moins qui ne s'opposent nullement à des rapprochements avec ceux qui s'observent chez certains autres genres de la famille.

Les lois qui président au développement de l'embryon sont celles qui ont déjà servi à définir le type embryonomique du *Trifolium minus* Roth ([2]). La figure 3 montre le cloisonnement nettement oblique de la cellule apicale; en 4, cette cellule a donné quatre

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1018 et 1196; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **76**, 1929, p. 338; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., partie spéciale, Paris, 1948. p. 56.

quadrants disposés en tétraèdre, le quadrant du sommet représentant l'épiphyse; en 6, deux de ces quadrants se sont divisés; en 7, la cellule apicale a produit un groupe de huit micromères par bipartition des quadrants. Les figures 8 à 10 permettent de se rendre compte de la différenciation des deux couches cellulaires *pc* et *p'* qui donnent l'une la partie cotylée *sensu stricto*, l'autre, par division transversale de ses éléments (*fig.* 12 à 16), les deux assises *ph* et *h*, génératrices de la partie hypocotylée et de l'hypophyse. Au cours de cette période, les limites de l'épiphyse et de la partie cotylée proprement dite s'effacent; dans les coupes longitudinales, il devient de plus en plus difficile de séparer ces deux régions. En 17, 19 et 20, on peut assister aux premières segmentations transversales de la partie hypocotylée et de l'hypophyse; plus tard, la séparation de ces parties devient généralement indistincte; cependant, dans les figures 21 à 24, on peut aisément se faire une idée de la part qu'elles prennent à la construction de l'extrémité radiculaire; on peut constater (*fig.* 24, 26) que l'hypophyse, rétrécie vers le bas en un court pédicule, demeure assez largement insérée sur le suspenseur. Elle engendre la portion médiane de la coiffe et, vers le haut, des éléments qui se comportent comme les initiales du périblème de la racine; il n'y pas différenciation d'une assise transverse comme chez le *Trifolium minus*.

Le suspenseur est produit par la cellule basale. Celle-ci grossit rapidement et ne tarde pas à se segmenter par une paroi à peu près verticale, en deux éléments *m* et *ci* (*fig.* 2) qui ne subissent de divisions transversales que lorsque la cellule apicale a engendré huit micromères (*fig.* 7). Ces deuxièmes cloisons sont quelquefois longitudinales (*fig.* 9). Les parois suivantes, peu nombreuses, se succèdent comme le montrent les figures 10 à 19. La plupart du temps, la première cloison demeure parfaitement reconnaissable dans l'axe proembryonnaire, partageant la masse du suspenseur en deux parties symétriques à peu près égales (*fig.* 18). Les macromères sont gros, uninucléés, clairs, très peu plasmatiques; ils constituent des vésicules qui apparaissent très rarement quelque peu gonflées en ballonnets vers l'extérieur (*fig.* 21). La résorption du suspenseur commence par un aplatissement, puis un écrasement de ses éléments les plus voisins de la paroi du sac embryonnaire (*fig.* 22).

Il est certain que les cellules du suspenseur de la Vulnéraire n'offrent ni dans leurs formes ni dans leur disposition les traits particulièrement distinctifs que Guignard a signalés dans l'*Anthyllis tetraphylla*. A cet égard, elle présente surtout des analogies avec le *Trifolium minus*, dans la famille embryogénique duquel elle se range d'ailleurs incontestablement par les lois qui président au développement de l'embryon, mais dont elle se sépare néanmoins par l'organisation des tissus à l'extrémité radiculaire. On a déjà rencontré, parmi les Papilionacées, d'assez nombreuses espèces qui, comme l'*Anthyllis*, se rattachent au type embryonomique du *Trifolium minus*; ces espèces appartiennent surtout aux Génistées, Trifoliées, Lotées ([3]) et Galégées ([4]), ce qui démontre encore une fois combien il est difficile de bien délimiter ces quatre tribus. D'autre part, il n'est pas inutile de faire remarquer que, dans ces espèces, on peut dès maintenant faire deux divisions, comprenant l'une, les espèces chez lesquelles les éléments du suspenseur ne peuvent que très diffici-

---

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 79; **225**, 1947, p. 341 et 776; **229**, 1949, p. 1940; **230**, 1950, p. 1917.

([4]) P. Crété, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 176.

lement être séparés de ceux de l'embryon, l'autre, les espèces dont les macromères, très gros et peu nombreux dès l'origine, sont toujours bien distincts des micromères de l'embryon proprement dit. A ce dernier groupe appartiennent le *Trifolium minus* et l'*Anthyllis Vulneraria*.

MÉCANIQUE. — *Valeur pratique d'une théorie de l'équilibre élasto-plastique.* Note (*) de M. **Gustavo Colonnetti**.

Dès le début de mes recherches sur les lois de l'équilibre élasto-plastique, je m'étais tout naturellement préoccupé de réduire le phénomène physique à sa plus simple expression en introduisant une hypothèse : celle d'un corps idéal dont la limite élastique soit parfaitement définie, et dans lequel le passage de la matière de l'état élastique à l'état plastique se vérifie, dès que cette limite est atteinte, d'une manière instantanée et totale.

En partant de cette hypothèse on arrive, comme on sait, à définir les différents états d'équilibre par un théorème (1), où les déformations plastiques (et plus généralement toutes les déformations non élastiques) sont envisagées comme des constantes imposées, et l'état d'équilibre est caractérisé par le minimum d'une certaine fonction par rapport aux valeurs relatives à toute variation des contraintes compatible avec les forces extérieures et les déformations imposées.

Le développement successif de la théorie, et les efforts qui ont été faits en vue de son application aux problèmes techniques, nous ont conduit à une analyse de plus en plus serrée du phénomène tel qu'il se vérifie dans les différents matériaux naturels.

Les complications sont considérables et nombreuses.

On constate en effet que, dans les corps naturels, la limite élastique ne se présente que très rarement, et en tout cas d'une manière très imparfaite, sous cette forme d'une valeur nettement définie que nous avons supposée. Le passage de la matière de l'état élastique à l'état plastique se vérifie en pratique presque toujours par degrés.

D'ailleurs les déformations non élastiques sont, dans la plupart des cas, variables avec le temps; et cela soit en conséquence de la durée d'action des contraintes (fluage des aciers), soit indépendamment de celles-ci (retrait des bétons).

---

(*) Séance du 22 janvier 1951.

(1) G. Colonnetti, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, Paris, 1987-1938; G. Colonnetti, *Un théorème fondamental sur l'équilibre des systèmes élastiques en état de coaction. Le rôle des états de coaction élastique dans la technique des constructions*, Conférences à la Sorbonne (8 et 9 juin 1939), Mécanique, Paris, 1939.

Des autres complications encore plus graves peuvent découler du fait que même les soi-disant constantes physiques du corps sont en réalité variables avec le temps, soit parce que la matière vieillit, soit parce que sous l'action des contraintes elle s'écrouit.

L'état d'équilibre d'un élément quelconque du corps ne peut plus donc, à la rigueur, se définir qu'à travers toute l'histoire, souvent très compliquée, des contraintes auxquelles il a été successivement soumis; contraintes qui peuvent dépendre non seulement des déformations non élastiques de l'élément, mais aussi de celles des autres éléments qui composent le corps.

Ainsi posé, le problème n'est susceptible d'être résolu qu'en faisant recours aux équations intégro-différentielles ([2]); il sort en tout cas du cadre du calcul ordinaire.

Or, de temps en temps il y a quelqu'un qui croit pouvoir en déduire que, faute d'adhérence à la réalité des faits, la théorie de l'équilibre élasto-plastique ne pourra jamais être utilement appliquée aux problèmes réels de la technique des constructions. Tandis que, si je ne me trompe pas, c'est précisément l'extrême complication du problème réel qui ajoute de la valeur aux simplifications qui sont à la base de la théorie dont il s'agit.

En effet s'il est vrai que, dans la plupart des cas, nous sommes dans l'impossibilité pratique de soumettre au calcul toute une succession de phénomènes si compliquée, il est non moins vrai que, précisément dans ces cas, ce qui vraiment nous intéresse ce n'est pas la suite des états successifs du système, mais seulement son état final d'équilibre.

Or une relation mathématique entre les valeurs finales des déformations non élastiques et l'état de contrainte qui caractérise l'état final d'équilibre est très probablement le seul moyen qui nous permet d'atteindre ce but à travers des procédés d'approximations successives.

Le fait que, dans cette relation, les déformations non élastiques paraissent comme des constantes arbitraires (c'est-à-dire formellement indépendantes des contraintes) ne correspond assurément pas à la réalité du phénomène; mais il est évidemment favorable à l'application de ces procédés.

Et l'on est conduit à se demander si ce n'est pas le cas de répéter ici, bien que dans un sens un peu différent, ce qu'on dit souvent de la théorie classique de l'élasticité : qu'elle n'est rien plus qu'une théorie limite, mais qu'il s'agit d'une limite exceptionnellement précieuse parce qu'elle représente le minimum de complexité des phénomènes naturels.

---

([2]) V. VOLTERRA, *Acta mathematica*, 35, p. 295-356.

## PLIS CACHETÉS.

MM. **Raoul Lecoq** et **Pierre Landrin** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 11 juillet 1949 et enregistré sous le n° 12577.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Importance de la position et de la mobilité des groupes nitrés sur l'action antibiotique des dérivés du benzène.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

## DÉSIGNATIONS.

MM. **Maurice Javillier**, **Gabriel Bertrand**, **Marcel Delépine**, **Paul Lebeau**, **Léon Binet**, **Jacques Tréfouël**, **Charles Dufraisse**, **Raoul Combes**, sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie de remise à la Ville de Paris du nouveau monument à **Pelletier** et **Caventou**, qui aura lieu le 2 mars 1951.

## CORRESPONDANCE.

M. **Erich Tschermak von Seysenegg** adresse à l'Académie ses sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *Lucien Cuénot.*

Le **Maire d'Estagel** annonce à l'Académie qu'un monument sera élevé dans sa commune à la mémoire de **François Arago**, en remplacement de celui qui fut enlevé par l'occupant et détruit en 1943.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Résumé des études et bibliographie méthodique des publications scientifiques de* M. H. Muraour.

2° Honoré Thibon. *Études sur la fabrication de l'alumine par l'aluminate de calcium.*

3° *Atti del primo convegno internazionale di meteorologia alpina.* Milano-Torino, 20-23. IX. 1950.

4° *Primer congreso nacional de pesquerias maritimas e industrias derivadas. Mar Del Plata,* 24-29 octubre 1949. Tomo I : *Recomendaciones.* Tomo II : *Trabajos presentados.*

5° Constantin Popovici. *Excepţiuni la regulele care dau mulţimea şi continuitatea integralelor ecuaţiilor cu derivate parţiale prin condiţii la limite.*

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les approximations diophantiennes linéaires P-adiques* (I). *Théorèmes généraux.* Note (*) de M^lle **Elisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

Soient Z l'ensemble des entiers rationnels, P un nombre premier, $Q_P$ le corps des nombres P-adiques, pour $x \in Q_P$ $|x|_P$ la valeur absolue P-adique (avec $|P|_P = P^{-1}$), $E_P$ l'ensemble des entiers P-adiques; on utilise dans Q la mesure invariante par translation avec mes $(E_P^n) = 1$. Une fonction à valeurs réelles $\geq 0$ sur $Q_P^n$ sera dite une *forme hyperconvexe* si $f(tx) = |t|_P f(x)$ pour tout $t \in Q_P$ et si $f(x+y) \leq \mathrm{Max}(f(x), f(y))$.

Soit alors $U(c)$ la mesure de l'ensemble défini par $f(x) \leq c$ et $x \in E_P^n$. On démontre que l'*inégalité* $f(x) \leq c$ *définit un sous-groupe* G *de* $Z^n$, *de dimension linéaire n et de déterminant* $m(G) = U^{-1}(c)$. *Si* $x^{(0)} \in E_P^n$, $f(x + x^{(0)}) \leq c$ *définit dans* $Z^n$ *une classe par rapport à* G.

Soient R l'ensemble des nombres réels et $g(y)$ une *norme* sur $R^n$, V la mesure de l'ensemble J défini par $g(y) \leq 1$, $\eta$ la densité maxima des empilements d'ensembles congrus à J par les translations d'un réseau de $R^n$. On a alors les résultats suivants :

*Il existe* $x \in Z^n$ *tel que*

$$f(x) \leq c, \qquad 0 < g(x) \leq 2(\eta V^{-1} U^{-1}(c))^{\frac{1}{n}},$$

*Il existe n éléments linéairement indépendants* $x^{(1)}, \ldots, x^{(n)}$ *de* $Z^n$ *tels que :*

$$f(x^{(i)}) \leq c \quad (1 \leq i \leq n), \qquad 2^n (n!\, VU(c))^{-1} \leq g(x^{(1)}) \ldots g(x^{(n)}) \leq 2^n (VU(c))^{-1}.$$

*Pour tout* $x^{(0)} \in E_P^n$, *il existe* $x \in Z^n$ *tel que :*

$$f(x + x^{(0)}) \leq c \qquad \text{et} \qquad g(x) \leq 2^{-1}(g(x^{(1)}) + \ldots + g(x^{(n)})).$$

*Il existe* $x^* \in E_P^n$ *tel que :*

$$f(x + x^*) \leq c \qquad \text{et} \qquad g(x) < 2^{-1} g(x^{(n)}) - \rho$$
$$\left(\text{resp. } (gx) < (n!\, VU(c))^{-\frac{1}{n}} - \rho\right)$$

*n'aient pas de solution en* $x \in Z^n$, $\rho$ *constante ne dépendant que du choix de* $g$ *avec* $\rho \leq 2^{-1}(g(e_1) + \ldots + g(e_n)$ ($e_1, \ldots, e_n$ *désignant les vecteurs unitaires sur les axes*).

*S'il n'y a pas de solution en* $x \in Z^n$ *à* $f(x) \leq c$, $0 < g(x) \leq c_1$ *et pas de solution en* $x \in Z^n$ *à* $f(x + x^{(0)}) \leq c$, $g(x) \leq c_2$ *pour quelque* $x^{(0)} \in E_P^n$, *alors :*

$$c_1^{n-1} c_2 < 2^{n-1} n (VU(c))^{-1}.$$

(*) Séance du 5 février 1951.

Soient $L_j(x) = \sum a_{ij}x_i$, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq p$ des *formes linéaires* P-*adiques* ($a_{ij} \in Q_p$) en nombre quelconque et $\lambda_j$ des entiers rationnels. Posons

$$f(x) = \text{Max} \, |L_j(x) P^{-\lambda_j}|_P,$$

c'est une forme hyperconvexe pour laquelle $U = U(1) = \min |\det(D)|_P^{-1}$ où D décrit tous les mineurs de rang $n$ du tableau des $n+p$ formes $x_1, \ldots, x_n, L_1(x)P^{-\lambda_1}, \ldots, L_p(x)P^{-\lambda_p}$. Si le système des $L_j(x)$ est de rang $p$, pour des $\lambda_j$ assez grands (le système restant fixe), on aura $U = m P^{-\lambda_1 - \ldots - \lambda_p}$ où $m$ ne dépend plus des $\lambda_j$. On se servira de ce fait pour traduire les énoncés précédents en théorèmes sur les solutions de

$$|L_j(x)|_P \leq P^{-\lambda_j} \text{ (resp. } |L_j(x) + x^{(0)}|_P \leq P^{-\lambda_j},\ x^{(0)} \in E_P^n)$$

en $x \in Z^n$ assujettis à $0 < g(x) \leq c$ (resp. à $g(x) \leq c$).

On peut d'ailleurs généraliser les énoncés initiaux (et par conséquent ceux relatifs aux formes linéaires) au cas où l'on considère simultanément plusieurs nombres premiers $P_1, \ldots, P_l$ et des fonctions hyperconvexes $f_{P_i}(x)$ sur chaque $Q_{P_i}^n$ à partir du fait que les inégalités $f_{P_i}(x) \leq c_{P_i}$ définissent sur $Z^n$ un sous-groupe G de dimension linéaire $n$ et de déterminant $m(G) \leq U^{-1}(c_{P_1}) \ldots U^{-1}(c_{P_l})$ (avec égalité si les $P_i$ sont distincts) [1].

Bornons-nous pour simplifier à un seul nombre premier P, à un système *canonique* de formes linéaires à coefficients dans $E_P$, $L_j(x) = x_j + \Sigma a_{ij} x_{p+i}$ $1 \leq i \leq q$, $1 \leq j \leq p$, $p + q = n$ et aux inégalités « à un paramètre » relatives à la norme réelle $H(x) = \text{Max} \, |x_h|$ $1 \leq h \leq n$. On pose $L(x) = \text{Max} \, |L_j(x)|_P$. Dans la suite $\lambda$ désignera toujours un entier rationnel $> 0$. On a alors en particulier les énoncés suivants :

*Pour tout* $\lambda$ $L(x) \leq P^{-\lambda}$ *a une solution en* $x \in Z^n$ *avec*

$$0 < H() \leq P^{\lambda p n^{-1}}$$

*et n solutions linéairement indépendantes en* $x^{(h)} \in Z^n$ *avec*

$$P^{\lambda p}(n!)^{-1} \leq H(x^{(1)}) \ldots H(x^{(n)}) \leq P^{\lambda p}.$$

*Si* $L_j(x)$ *est un système non annulable* ($L(x) \neq 0$ *pour tout* $x \in Z^n$ *et* $\neq 0$) *alors* $L(x)^p H(x)^n \leq 1$ *a une infinité de solutions en* $x \in Z^n$ *primitifs.*

*Si pour un* $\lambda$ *et un* $x^{(0)} \in E_p^n$ *il n'y a pas de solution en* $x \in Z^n$ *à* $L(x) \leq P^{-\lambda}$, $0 < H(x) \leq c_1 P^{\lambda p n^{-1}}$, *ni à* $L(x + x^{(0)}) \leq P^{-\lambda}$, $H(x) \leq c_2 P^{\lambda p n^{-1}}$ on a $c_1^{n-1} c_2 \leq 2^{-1} n$.

Appelons *régulier* un système $L_j(x)$ tel que pour un $c > 0$ convenable et une infinité de valeurs distinctes de $\lambda$ $L(x) \leq P^{-\lambda}$, $0 < g(x) \leq c P^{\lambda p n^{-1}}$ n'ait

---

(1) *Cf.* pour certains de ces énoncés dans le cas où $g(x) = \text{Max} \, |L_h^0(x)|$ les $L_h^0(x)$ étant $n$ formes linéaires indépendantes à coefficients réels : K. MAHLER, *Jahresb. D. M. V.*, **44**, 1934, p. 250-255.

pas de solution en $x \in Z^n$. *Si* $L_j(x)$ *est régulier alors pour une constante* $c' > 0$ *convenable et pour tout* $x^{(0)} \in E^n_p$, $L(x + x^{(0)})^p H(x)^n \leq c'$ *a une infinité de solutions en* $x \in Z^n$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouveaux théorèmes pour l'intégrale de Laplace.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Préliminaires.* — Dans tout ce qui suit, $V(t)$ est une fonction réelle de la variable réelle positive $t$, de la forme $V(t) = t^\rho L(t)$, où $\rho$ est un nombre réel et $L(t)$ une fonction positive définie pour $t$ positif assez grand et possédant la propriété suivante :

Quels que soient $\lambda_1$ et $\lambda_2$ satisfaisant à $0 < \lambda_1 < \lambda_2$, quand $t$ tend vers $+\infty$, $L(\lambda t)/L(t)$ tend uniformément vers 1 pour $\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2$.

E désigne un ensemble quelconque de nombres réels positifs, supposé non borné supérieurement, et $h$ une variable réelle positive.

$\alpha(t)$ étant une fonction réelle ou complexe de la variable réelle $t$, définie pour $t \geq 0$ et bornée sur tout l'intervalle fini, on pose

$$w_V(\alpha, E, h) = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{1}{V(t)} \left[ \operatorname*{Sup}_{t \leq t' \leq t+h} |\alpha(t') - \alpha(t)| \right].$$

$w_V(\alpha, E, h)$ peut prendre une valeur finie positive ou nulle ou la valeur $+\infty$, et c'est une fonction non décroissante de $h$.

On désigne par $w_V(\alpha, h)$ la valeur de $w_V(\alpha, E, h)$ pour E égal à l'ensemble de tous les nombres positifs.

Ou bien $w_V(\alpha, h) = +\infty$ quel que soit $h$ positif, ou bien $w_V(\alpha, h) < +\infty$ quel que soit $h$ positif.

Dans ce dernier cas, quand $h$ tend vers zéro, $w_V(\alpha, h)$ tend vers une limite finie $w_V(\alpha, +0)$ et, quel que soit E, $w_V(\alpha, E, h)$ tend vers une limite finie $w_V(\alpha, E, +0)$.

De plus, on a aussi ou bien $w_V(\alpha, h) > 0$ quel que soit $h$ positif, ou bien $w_V(\alpha, h) = 0$ quel que soit $h$ positif.

Dans le cas où $\alpha(t)$ est réelle, on pose

$$-\varpi'_V(\alpha, E, h) = \underline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{1}{V(t)} \left\{ \operatorname*{Inf}_{t \leq t' \leq t+h} [\alpha(t') - \alpha(t)] \right\}$$

et

$$\varpi''_V(\alpha, E, h) = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{1}{V(t)} \left\{ \operatorname*{Sup}_{t-h \leq t' \leq t} [\alpha(t') - \alpha(t)] \right\}.$$

$\varpi'_V(\alpha, E, h)$ et $\varpi''_V(\alpha, E, h)$ sont positifs ou nuls et finis ou non, et ce sont des fonctions non décroissantes de $h$. On désigne par $\varpi_V(\alpha, h)$ leur valeur commune pour E égal à l'ensemble de tous les nombres positifs.

Ou bien $\varpi_V(\alpha, h) = +\infty$ quel que soit $h$ positif, ou bien $\varpi_V(\alpha, h) < +\infty$ quel que soit $h$ positif.

Dans ce dernier cas, quand $h$ tend vers zéro, $\varpi_V(\alpha, h)$ tend vers une limite finie $\varpi_V(\alpha, +0)$ et, quel que soit E, $\varpi'_V(\alpha, E, h)$ et $\varpi''_V(\alpha, E, h)$ tendent vers des limites finies $\varpi'_V(\alpha, E, +0)$ et $\varpi''_V(\alpha, E, +0)$.

De plus, on a aussi ou bien $\varpi_V(\alpha, h) > 0$ quel que soit $h$ positif, ou bien $\varpi_V(\alpha, h) = 0$ quel que soit $h$ positif.

2. Ceci étant, supposons que $\alpha(t)$ soit mesurable et que l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st}\alpha(t)\,dt$ soit convergente pour $\mathcal{R}[s] > 0$ et égale à $f(s)$.

On a alors les théorèmes suivants :

Théorème I. — Hypothèses. — 1° *Ou bien* $\rho > -p$, *ou bien* $\rho = -p$ *et* $t^p V(t)$ *est non décroissante, p étant un entier* $\geqq 0$. *On pose* $t^p V(t) = V_1(t)$.

2° *Quand s tend vers* 0 *dans le demi-plan* $\mathcal{R}[s] > 0$, *on a*

$$f^{(p)}(s) = O\left[V_1\left(\frac{1}{r}\right)\varphi(r)\right],$$

*où* $r = |s|$ *et* $\varphi(t)$ *est une fonction positive définie pour t positif assez petit, non croissante et telle que les intégrales* $\int_0 \varphi(t)\,dt$ *et* $\int_0 \varphi(t)\log V_1\left(\frac{1}{t}\right)dt$ *soient convergentes* (²).

3° *Ou bien* $\varpi_V(\alpha, h) = 0$, *ou bien* $\alpha(t)$ *est réelle et* $\varpi_V(\alpha, h) = 0$.

Conclusion. — *Quand t tend vers* $+\infty$, $\alpha(t) = o[V(t)]$.

Théorème II. — Hypothèses. — 1° *Comme dans le théorème* I.

2° *Pour chaque y réel, il existe une fonction* $\varphi_y(t)$ *ayant les propriétés indiquées ci-dessus pour* $\varphi(t)$ *telle que, quand s tend vers zéro dans le demi-plan* $\mathcal{R}[s] > 0$,

$$f^{(p)}(iy + s) = O\left[V_1\left(\frac{1}{r}\right)\varphi_y(r)\right].$$

3° *Ou bien* $\varpi_V(\alpha, h) < +\infty$, *ou bien* $\alpha(t)$ *est réelle et* $\varpi_V(\alpha, h) < +\infty$.

Conclusion. — *Quel que soit* E, *on a*

$$\overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left|\frac{\alpha(t)}{V(t)}\right| \leqq \varpi_V(\alpha, E, +0)$$

---

(¹) Pour le cas particulier où $V(t) = 1$, $p = 0$, des résultats analogues aux nôtres ont été établis par M. Riesz, *Acta Lit. ac Scient. Univ. Hung.*, 2, 1924, p. 18-31; A. E. Ingham, *Proc. London Math. Soc.*, 38, n° 2, 1935, p. 458-480 et J. Karamata, *Math. Zeits.*, 38, 1934, p. 701-708 et *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 888-890.

(²) Si $V(t) = \frac{1}{t^{\rho}}$, ces conditions se réduisent à la convergence de $\int_0 \varphi(t)\,dt$. Si $\rho > -p$, elles se réduisent à la convergence de $\int_0 \varphi(t)\log\frac{1}{t}\,dt$.

*et, si $\alpha(t)$ est réelle,*

$$-\varpi''_V(\alpha, E, +0) = \underset{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}{\underline{\lim}} \frac{\alpha(t)}{V(t)} = \underset{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}{\overline{\lim}} \frac{\alpha(t)}{V(t)} \leq \varpi'_V(\alpha, E, +0).$$

*En particulier, si $\varpi_V(\alpha, +0) = 0$, ou si $\alpha(t)$ est réelle et $\varpi_V(\alpha, +0) = 0$, on a $\alpha(t) = o[V(t)]$ pour $t$ tendant vers $+\infty$.*

Du point de vue pratique, au lieu d'appliquer directement les théorèmes I ou II, on aura généralement à les appliquer après avoir retranché de $\alpha(t)$ une fonction $\beta(t)$ convenablement choisie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le module des fonctions entières.* Note de M. **Walter K. Hayman**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soient $f(z)$ une fonction entière, non constante et $M(r)$, $\mu(r)$ le maximum, minimum de $f(z)$ sur $|z| = r$. L'inégalité

(1) $$\frac{1}{\mu(r)} > M(r)^{C \log \log \log M(r)}$$

est possible pour $r$ assez grand, si $C < A_0$ mais pas si $C > A_0$, où $A_0$ est une constante absolue positive. Ceci remplace une hypothèse de Wiman (1).

On sait depuis M. A. Wiman (1) que si $f(z)$ n'a pas de zéros on a

(2) $$\frac{1}{\mu(r)} < [M(r)]^{1+\varepsilon}$$

pour des $r$ aussi grands que l'on veut. M. Wiman avait pensé que ceci reste vrai pour une fonction générale. Plus récemment M. A. Beurling (2) a démontré que (2) a lieu pour une fonction entière générale si $\mu(r)$ est remplacé par $|f(re^{i\theta})|$ pour $\theta$ fixe. Cependant (1) est possible. Soit

$$f(z) = \prod_{n=1}^{\infty} \left[1 + \frac{(1+z)^n}{n^n}\right]^{2^n}.$$

On a

$$\log M(r) < A\, 2^r, \qquad r > 0.$$

D'autre part si $r > 2$, $f(z)$ a un zéro $z_1$ avec $r - (A/r) < |z_1| < r$, ayant un ordre de multiplicité au moins égal à $(1/2)\, 2^r$. Si $z_0$ est le point le plus proche de ce zéro sur le cercle $|z| = r$, on a, en utilisant le lemme de Schwarz,

$$\begin{aligned} |f(z_0)| &\leq |z_1 - z_0|^{2^{r-1}} M(r+1) \\ &\leq \exp - A\, 2^r \log r, \end{aligned}$$

si $r$ est assez grand. Enfin on déduit (1) si C est assez petit.

(1) *Acta Math.*, 41, 1918, p. 1-28.

(2) *Duke Jour.*, 16, 1949, p. 355-359.

On peut démontrer aussi que (1) est impossible si C est trop grand. Soit

$$(3)\qquad h \geqq \frac{r}{[\log\log M(r)]^2}$$

et soient $a_1, a_2, \ldots, a_N$ les zéros de $f(z)$ dans le cercle $|z-z_0| \leqq h$. Alors on aura pour des $r$ aussi grands que l'on veut, et un $h$ satisfaisant (3)

$$(4)\qquad N + \left|\log\left|f(z_0)\prod_{n=1}^{N}\frac{h}{z_0-a_n}\right|\right| \leqq A\log M(r), \qquad r < |z_0| \leqq r+h.$$

Il est possible de trouver un cercle $|z| = \rho$ avec $r \leqq \rho \leqq r+h$ sur lequel

$$\log\prod_{n=1}^{N}\left|\frac{z_0-a_n}{h}\right| > -A\log M(r)\left(\log\frac{r}{h}+1\right).$$

En utilisant (4) on déduit que (1) est fausse pour des $r$ aussi grands que l'on veut si C est une constante absolue assez grande. On peut donc prendre pour $A_0$ la borne supérieure des constantes C pour lesquelles (1) est possible.

Pour les fonctions d'ordre fini (1) est impossible. En effet on sait, depuis M. J. E. Littlewood ([3]), que l'inégalité

$$(5)\qquad \frac{1}{\mu(r)} > [M(r)]^C$$

pour $r$ assez grand est possible seulement si $C \leqq C(k)$ où la constante $C(k)$ ne dépend que de l'ordre $k$ de $f(z)$. Depuis M. G. Valiron ([4]) et M. A. Wiman ([5]) on sait que $C(k) = -\cos\pi k$, $0 \leqq k \leqq 1$. Si $k > 1$ la valeur exacte de $C(k)$ est inconnue. Mais on peut remplacer (3) par

$$h > \frac{r}{k}$$

dans ce cas, de sorte que l'on déduit de l'inégalité (4) $C(k) \leqq A_1[\log k + 1]$. Par des exemples analogues à celui donné ci-dessus on montre que (5) est en effet possible avec $C > A_2[\log k + 1]$, de sorte que

$$A_2(\log k + 1) < C(k) < A_1(\log k + 1) \qquad (1 < k < \infty).$$

De l'inégalité (4) on peut déduire aussi le résultat suivant qui complète celui de Beurling.

---

([3]) *Proc. Lond. Math. Soc.*, 6, 1908, p. 189-204.
([4]) *Thèse*, Paris, 1914.
([5]) *Math. Ann.*, 76, 1914, p. 197-211.

*Soit* $\Gamma$ *un continu quelconque s'étendant à l'infini. Alors il existe* $z$ *sur* $\Gamma$ *pour lequel* $|f(z)| > [M(z)]^{-A_3}$.

Le théorème de Beurling démontre que si $\Gamma$ est une droite passant par l'origine, on peut remplacer $A_3$ par $1+\varepsilon$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Étude géométrique du problème de la compatibilité des lois de probabilités*. Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note précédente ([1]) j'ai énoncé le problème de la compatibilité des lois de probabilités de trois couples aléatoires (Y, Z), (Z, X), (X, Y). Je me propose de reprendre la question en utilisant les remarques suivantes :

A X j'associe la fonction aléatoire stationnaire $e^{iXt}$, et à cette fonction aléatoire, suivant la méthode de Karhunen ([2]), un espace de Hilbert $L_1$. Comme $e^{iXt}$ est continue, $L_1$ est séparable, et contient une base dénombrable. $L_1$ contient le vecteur U correspondant à $t=0$, c'est-à-dire à la variable aléatoire qui prend sûrement la valeur 1. La fonction caractéristique de X est le produit scalaire $(e^{iXt}, U)$ dans $L_1$. J'associe de même au couple (Y, Z) un espace de Hilbert $L_{23}$, qui contient aussi le vecteur U. Pour représenter par un produit scalaire la fonction caractéristique de (X, Y, Z), il faut se placer dans l'espace $L_{123}$ somme de $L_1$ et $L_{23}$, compte tenu du vecteur commun U. Je vais montrer comment se construit $L_{123}$ dans le cas où X, Y, Z prennent un *nombre fini* de valeurs.

2. X, Y, Z prennent respectivement $n$, $n'$, $n''$ valeurs $x_j$, $y_k$, $z_l$. Soient $a_j$, $b_k$, $c_l$ les probabilités de ces valeurs, $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, $\varphi_3(t)$ les fonctions caractéristiques de X, Y, Z, $p_{kl}$, $q_{lj}$, $r_{jk}$ les probabilités des couples (Y, Z), (Z, X), (X, Y), $\varphi_{23}$, $\varphi_{31}$, $\varphi_{12}$ les fonctions caractéristiques correspondantes.

$L_1$ est un espace à $n$ dimensions. Soit $A_j$ une base orthonormale dans $L_1$. On a

$$(1)\qquad e^{ixt}=\sum_j \sqrt{a_j}\, e^{ix_jt} A_j,\qquad U=\sum_j \sqrt{a_j}\, A_j.$$

Faisons un changement de base orthonormale tel que, parmi les nouveaux axes $U_j$, se trouve U :

$$(2)\qquad e^{ixt}=\sum_{j'} U_{j'} \sum_j \sqrt{a_j}\,\omega_{jj'}\, e^{ix_jt},\qquad A_j=\sum_{j'} \omega_{jj'} U_{j'},\qquad U_n=U.$$

Le coefficient de $U_n$ dans le développement de $e^{ixt}$ est $\varphi_1(t)$.

---

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 755.

([2]) *Ann. Ac. Sc. Fennicæ*, A, I, 37, 1947.

Rapportons de même l'espace $L_{23}$ à $n'n''$ dimensions à une base orthonormale $B_{kl}$ :

$$(3) \qquad e^{i(yt'+zt'')} = \sum_{kl} \sqrt{p_{kl}}\, e^{i(y_k t'+z_l t'')} B_{kl}, \qquad U = U_n = \sum_{kl} \sqrt{p_{kl}}\, B_{kl}.$$

Définissons un espace L à $n'n''(n-1)$ dimensions par la base $B_{kl}$, $U_1$, ..., $U_{n-1}$, non orthogonale. Posons

$$(4) \qquad \lambda_{\alpha kl} = (U_\alpha, B_{kl}), \qquad X_{\alpha kl} = \sqrt{a_\alpha p_{kl}} \sum_{\alpha'} \omega_{\alpha'\alpha} \lambda_{\alpha' kl}, \qquad \alpha, \alpha' \leqq n-1.$$

Pour que L puisse être construit, il faut et il suffit que sa métrique soit positive. C'est là une condition *nécessaire* de compatibilité $C_1$ facile à écrire. Mais tout espace L ne permet pas de définir une loi de probabilité. Écrivons en effet la fonction caractéristique $\Phi_{123}$ de (X, Y, Z), produit scalaire de $e^{ixt}$ et $e^{i(yt'+zt'')}$ dans L :

$$(5) \quad \Phi_{123}(t, t', t'') = \varphi_1(t)\varphi_{23}(t', t'') + \sum_{jkl} \sqrt{a_j}\sqrt{p_{kl}}\, e^{i(x_j t+y_k t'+z_l t'')} \sum_{\alpha} \omega_{j\alpha} \lambda_{\alpha kl} \qquad (\alpha \leqq n-1).$$

C'est une fonction caractéristique si les probabilités qu'on en tire sont comprises entre 0 et 1. D'où des conditions $C_2$ sur la structure de L, qui contiennent $C_1$, et s'expriment par des inégalités entre les $\lambda_{\alpha kl}$. Mais les $\lambda_{\alpha kl}$ sont liés par les relations qui expriment que U est dans $L_{23}$ et que $\varphi_{31}$ et $\varphi_{12}$ sont des fonctions caractéristiques connues. On trouve que, dans l'espace à $(n-1)n'n''$ dimensions, le point $X_{\alpha kl}$ appartient à une variété V à $(n-1)(n'-1)(n''-1)$ dimensions :

$$(6) \qquad \left\{ \begin{array}{l} (V) \quad \displaystyle\sum_{k=1}^{n'} X_{\alpha k\gamma} = q_{\gamma\alpha} - a_\alpha c_\gamma, \qquad \sum_{l=1}^{n''} X_{\alpha\beta l} = r_{\alpha\beta} - a_\alpha b_\beta, \qquad \sum_{kl} X_{\alpha kl} = 0 \\ \qquad\qquad (\alpha \leqq n-1;\ \beta \leqq n'-1;\ \gamma \leqq n''-1). \end{array} \right.$$

$C_2$ exprime que la variété (V) traverse le polyèdre P défini par les $nn'n''$ inégalités

$$(7) \qquad -a_\alpha p_{kl} \leqq X_{\alpha kl}, \qquad \sum_{\alpha} X_{\alpha kl} \leqq a_n p_{kl} \qquad (\alpha \leqq n-1).$$

Si les probabilités $a$, $b$, $c$, $p$, $q$, $r$ sont numériquement données, on peut toujours résoudre le problème de géométrie ainsi énoncé. Si $C_2$ est vérifiée, à tout point $X_{\alpha kl}$ de V intérieur à P correspond une fonction caractéristique (5). Il est plus difficile d'écrire *a priori* les conditions sur les données pour que $C_2$ soit vérifiée.

Dans le cas simple où $n = n' = n'' = 2$, P se réduit à un parallélépipède de l'espace à quatre dimensions. V est une droite, et $C_2$ exprime que V rencontre P. On sait alors écrire en détails les conditions de compatibilité. L'espace L à

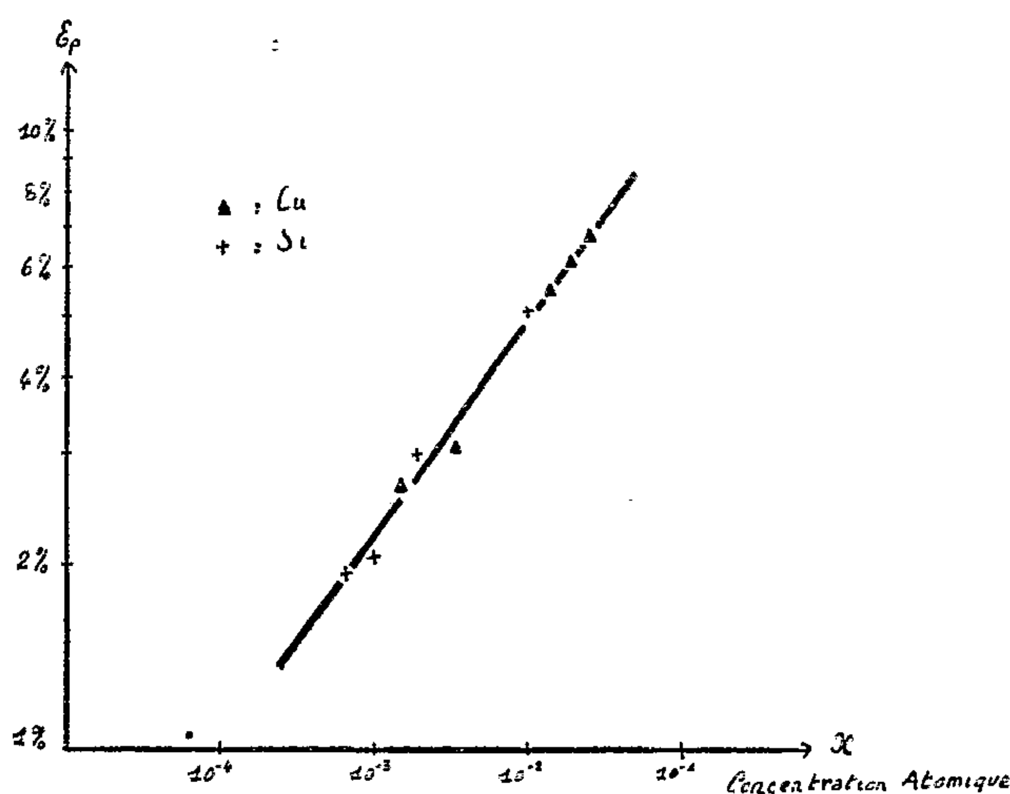
cinq dimensions dépend d'un paramètre (orientation du plan $U_1 U_2$ par rapport aux quatre $B_{ij}$ qui encadrent $L_{23}$). La condition $C_1$, qui permet de construire L, mais ne garantit pas que $\Phi_{123}$ soit une fonction caractéristique, coïncide avec la condition non nécessaire que j'ai signalée sans explications dans ma Note précédente (¹).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence des impuretés sur la forme des courbes de traction.* Note de M. **Bernard Jaoul**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Au cours d'une étude détaillée de la forme des courbes de traction des métaux recristallisés (¹), nous avons mis en évidence un point particulier des courbes de traction à partir duquel le mécanisme de la déformation devenait différent; on voyait apparaître à partir de l'allongement correspondant à ce point une fragmentation des grains en blocs légèrement désorientés.

La particularité de cet allongement critique est qu'il reste toujours le même pour un même métal, que l'on fasse varier la vitesse de traction, la grosseur des grains cristallins ou le diamètre de l'éprouvette.

Nous avons fait environ 250 essais de traction à froid sur un aluminium raffiné (99,99 % Al) et nous avons trouvé qu'en moyenne ce point de transition se trouvait à un allongement $\varepsilon_p = 1,5\ \%$, les écarts par rapport à cette valeur étant inférieurs à 0,2 %. Cet allongement est donc caractéristique d'un métal à la température ambiante.




Conseillé par M. Crussard, j'ai étudié l'influence d'additions susceptibles de former des solutions solides dans l'aluminium. La figure représente la variation de l'allongement critique $\varepsilon_p$ en fonction du nombre d'atomes dissous

(¹) C. Crussard et B. Jaoul, *Revue de Métallurgie*, 56, 1950, p. 589.

de silicium et de cuivre. Les points s'alignent sur une droite de pente 1/3; l'allongement nécessaire pour obtenir la fragmentation peut donc se déduire de la teneur en atomes étrangers par une relation de la forme

$$\varepsilon_p = k\sqrt[3]{x}.$$

Nous avons étudié l'influence de divers éléments en solution dans l'aluminium : les effets sur $\varepsilon_p$ d'atomes de zirconium, de manganèse, de tungstène sont les mêmes que ceux du silicium et du cuivre. L'effet du magnésium paraît moins fort (on a pour le magnésium : $k = 0,15$ alors que pour les autres on trouve $k = 0,22$).

Par contre le fer (peu soluble et diffusant difficilement) et le calcium (à très gros atomes) restent sans effet sur la valeur de $\varepsilon_p$.

On peut donc supposer que dans la première partie de la déformation plastique, les dislocations et les atomes étrangers se déplacent pour prendre un ordre permettant une fragmentation des grains, les joints de la sous-structure pouvant être formés par des dislocations et des impuretés. La présence de ces dernières augmentant le premier domaine de déformation, il y aura plus de dislocations à l'apparition de la fragmentation et celle-ci sera plus fine.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Note sur la localisation de l'origine de la rupture, dans la traction de l'acier doux.* Note de MM. **Georges A. Homès** et **Jacques Gouzou**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Au cours d'une étude micrographique et microcinématographique du mécanisme cristallin de la rupture d'un métal sollicité par traction [1], nous avions été frappés par les deux faits suivants :

1° le caractère fréquemment brutal de la cassure, même lorsque l'éprouvette est sollicitée progressivement;

2° la fréquence des cas où la fissure finale observable en surface s'amorce en plein centre d'une face d'éprouvette plate plutôt qu'au bord.

Nous avons ainsi été conduits à supposer que l'amorce de la rupture se produit souvent dans des cristaux situés dans la profondeur du métal. Ce que nous observons en surface, en sollicitant sous le microscope une éprouvette préalablement polie et attaquée, serait le développement d'une fissure déjà très avancée, arrivant même, en général, au terme de sa propagation.

Pour avoir une preuve ou tout au plus une meilleure présomption de cette hypothèse, nous avons interrompu un essai sur feuillard d'acier extra doux au moment où une cassure transversale apparaissait en surface. Nous avons ensuite examiné en micrographie des tranches successives de l'éprouvette,

---

[1] Suite des recherches publiées dans la *Revue de Métallurgie*, 47, n° 9, 1950, p. 678-692.

découpées parallèlement à l'axe de traction (et au sens de laminage) et perpendiculairement aux faces du feuillard. L'axe du microscope était donc perpendiculaire à l'axe de traction et parallèle au plan de laminage.

Le profil de la déchirure se modifie en fonction de la profondeur et semble indiquer qu'elle s'est propagée de l'intérieur de l'éprouvette vers la périphérie. Notre figure 1 représente la micrographie de l'une des tranches.

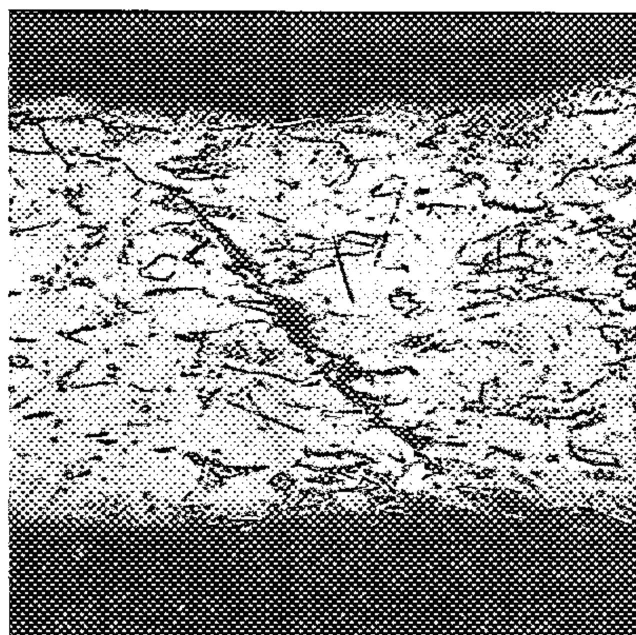


Fig. 1.

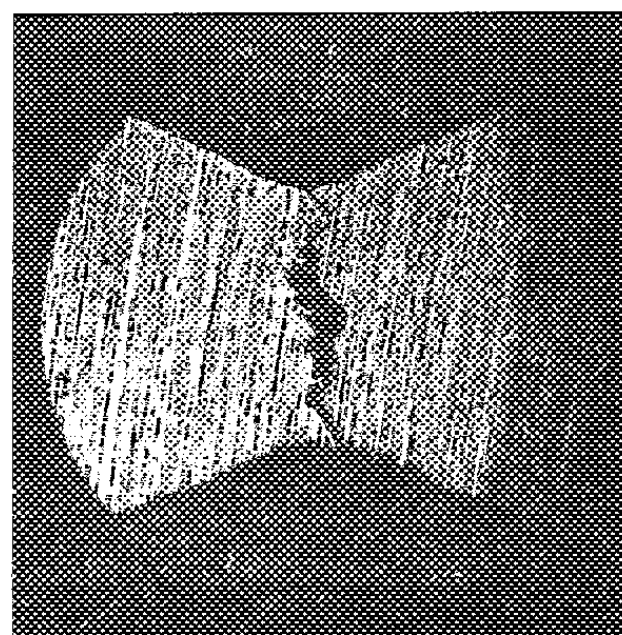


Fig. 2.

Fig. 1. — Micrographie de la partie centrale d'une éprouvette en acier doux sollicitée par traction jusqu'au moment où la rupture est seulement amorcée. Aspect de la déchirure aux environs de sa source. Grossissement 100 ×.

Fig. 2. — Macro-photographie d'une éprouvette en acier doux cassée par traction. Les deux moitiés ont été placées face à face, puis sciées longitudinalement. Grossissement 10 ×.

Nous avons réussi à répéter cet essai. Bien que le petit nombre de nos expériences nous incite à la prudence, nous croyons pouvoir affirmer qu'une éprouvette prismatique sollicitée en traction lente se brise, après forte ou faible déformation selon les circonstances (nature du matériau, vitesse, température, etc.) à partir de cristaux situés dans la profondeur du métal.

D'autre part, la fissure est le plus souvent transcristalline : le clivage intervient plus que l'arrachement après glissement. Nous nous demandons même si les mécanismes de rupture et de déformation sont aussi liés qu'on le pense généralement.

Ces observations, à l'échelle des cristaux, recoupent des résultats connus à l'échelle macroscopique. En voici deux exemples :

Par le procédé de la « flash radiography », on a observé des cavités dans des pièces homogènes en acier un peu avant la rupture par choc.

D'autre part D. J. Mc Adam Jr et R. W. Mebs [2] ont observé sur certaines qualités de *cuivre* et de *métal Monel* des ruptures d'éprouvettes de traction

---

[2] *Trans. A.I.M.M.E., Iron and Steel Division*, **162**, 1945, p. 474-537.

s'amorçant au centre de l'éprouvette. Ces ruptures se signalaient par une chute anormale de l'effort enregistré par la machine de traction. En interrompant l'essai avant la rupture, et en sciant l'éprouvette longitudinalement, ces auteurs ont trouvé dans l'axe, l'amorce de rupture qui avait provoqué la diminution d'effort enregistrée par la machine. En replaçant l'une en face de l'autre deux demi-éprouvettes obtenues après rupture complète, et en sciant l'ensemble longitudinalement, ils ont observé une cavité, provenant du fait que la déformation s'est poursuivie dans la zone périphérique après la rupture de la partie centrale.

Nous avons également observé cet effet sur certains *aciers* doux, comme le montre notre figure 2. On y observe nettement une déformation plastique plus marquée dans la zone périphérique de notre éprouvette.

Il paraît souhaitable de développer les recherches en vue de savoir si l'amorce interne des cassures par traction est générale ou non, d'autant plus qu'en fatigue, on admet que les fissures naissent en surface.

RADIOASTRONOMIE. — *Sur un mécanisme d'émission radioélectrique coronale.* Note (*) de M. YVES ROCARD, présentée par M. Jean Cabannes.

Depuis quelques années, cherchant à établir un mécanisme qui rende compte de la production des bruits électromagnétiques solaires, j'ai d'abord éliminé tous les cas où l'on n'a pas affaire à un grand nombre d'électrons vibrant en phase, comme étant incapables de sortir assez d'énergie, les expériences de laboratoire créant un bruit par un champ magnétique dans un tube à décharge prêtant d'ailleurs à la même remarque. C'est ce genre d'indications, non publiées, auxquelles J. Blum, J. Denisse, J. Steinberg se réfèrent dans leur Note récente ([1]). Mais ces mêmes auteurs semblent bien avoir découvert le phénomène fondamental à la base du bruit solaire, en décrivant un « burst » élémentaire de durée moyenne 0,2 seconde, n'existant que dans une largeur de bande de 3 à 4 Mcs, et suivi assez souvent d'un second burst 2 ou 3 secondes après. On ne saurait trop insister sur l'importance de cette découverte, même si elle a besoin d'être précisée dans l'avenir, car elle nous donne le phénomène élémentaire à expliquer.

L'objet de cette Note est de proposer un mécanisme possible. Il s'agit de provoquer un déplacement d'ensemble d'un grand nombre d'électrons dans le milieu coronal fortement ionisé. Une *onde de choc* de type hydrodynamique en fournit le moyen. Raisonnons sur une onde de choc intense, elle avance avec un rapport de densité amont/aval avoisinant 4, des rapports de pressions et de

(*) Séance du 5 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 485.

températures beaucoup plus grands, et une vitesse de propagation qui peut être de l'ordre de la vitesse d'agitation des électrons dans le milieu aval. On trouve sur ce front d'onde des protons et des atomes H sur lesquels les électrons du milieu aval vont se réfléchir en repartant avec une vitesse, disons doublée. Par ce mécanisme, les charges négatives fuient devant le front d'onde, et l'onde de choc en avançant crée automatiquement *une polarisation d'ensemble du milieu aval devant elle*. Ceci entraîne divers effets :

1. Le jet d'électrons ainsi lancé avec la vitesse $V_1$ dans le plasma aval immobile, de pulsation propre $\omega_2^2=4\pi\nu_2(e^2/m)$ ($\nu_2$ nombre d'électrons par centimètre cube de ce plasma) y amplifie toute exitation sinusoïdale de pulsation $\omega$ inférieur à $\omega_2$, selon la loi ([2]),

$$e^{\frac{\omega_1\omega}{V_1\sqrt{\omega_2^2-\omega^2}}z}\sin\left(\omega t-\frac{\omega}{V_1}z\right),\qquad \text{en posant}\quad \omega_1^2=4\pi\nu_1\frac{e^2}{m},$$

$\nu_1$ étant le nombre d'électrons par centimètre cube animés de cette vitesse d'ensemble $V_1$ (ici, $\nu_1\leqq\nu_2$).

2. Les électrons lancés laissent derrière eux une densité de charge positive qui exerce sur eux une force de rappel; si l'on intègre pour les abcisses $z$ successives, on trouve une force qui pour chacun vaut $2\pi\nu_1 e^2 z$, et même $4\pi\nu_1 e^2 z$ si l'on tient compte des électrons qui ont précédé celui que l'on considère, d'où, après lancement, un mouvement selon la loi

$$m\frac{d^2z}{dt^2}+4\pi\nu_1 e^2 z=0,$$

d'où pour ce mouvement la pulsation propre déjà appelée $\omega_1$, inférieure à $\omega_2$, donc amplification automatique ensuite par le plasma.

3. Cependant, pour une amplification efficace, il faut $\omega_1$ peu inférieur à $\omega_2$, or $\nu_1$ est inférieur à $\nu_2$ à moins qu'on ne rajoute aux électrons réfléchis du milieu aval des électrons s'échappant eux-mêmes du milieu amont. C'est donc dans des cas assez rares, appelant une onde de choc sans doute assez intense, qu'on aura la chance de voir se créer l'instabilité créant le burst. Celui-ci, d'autre part, doit normalement s'effondrer quand la bouffée d'électrons lancée est dispersée dans les chocs, augmentant localement $\nu_2$ et faisant tomber l'amplification. Si l'on prend $\nu_2=10^{11}$ à $10^9$, on trouve $\omega_2/2\pi=2000$ à 200 Mc/sec, et l'on a des durées de libre parcours d'électrons de l'ordre de 0,2 à 0,5 seconde, toutes données convenant à peu près, la largeur de quelques Mc/sec du burst paraissant liée aux conditions ($\omega$ voisin de $\omega_2$) qui procurent une amplification importante.

4. L'instabilité du plasma quand les conditions d'émission du burst sont

([2]) Idée originale de A. V. HAEFF, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1546. Calculs simplifiés Y. ROCARD, *Rev. Sc.*, 1949, p. 148. Voir encore BOHM et GROSS, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1864.

remplies provoque aussi une amplification mécanique des déplacements de charges et détruit ainsi l'état stationnaire sur le front de l'onde de choc. Le burst une fois effondré, et l'onde de choc restant en gros apte à créer encore des bursts dans des plasmas semblables, un nouveau burst pourra prendre naissance au bout d'une certaine constante de temps de retour à l'état stationnaire. Si cette constante de temps est de 2 ou 3 secondes (*cf.* Blum-Denisse-Steinberg), elle représente 7 à 10 chocs successifs pour les particules, ce qui est admissible. L'onde de choc a cependant parcouru 10 000$^{km}$ peut-être pendant ce temps, elle trouve des plasmas de densité différente, elle se disperse elle-même, et ce mécanisme ne peut se répéter longtemps.

Finalement, nous résumons ainsi : du fait de la grande différence de masse entre électrons et protons, une onde de choc dans un plasma y excite des oscillations en séparant en quelque sorte les électrons par un effet très puissant de diffusion thermique. Si l'onde de choc satisfait à une condition d'intensité, un véritable accord de l'excitation avec la fréquence propre du plasma se produit, d'où émission d'un burst à l'instant où cet accord se produit. Quant à la naissance des ondes de choc dans le milieu, nous ne dirons rien de plus que ce qu'ont déjà envisagé les astrophysiciens : les éruptions, les protubérances ont évidemment ce caractère. Il est possible que tous les « grains de riz » du Soleil traduisent l'arrivée d'une onde de choc. Enfin tout bolide de dimensions non négligeables en engendre forcément.

## THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'évaporation des goudrons.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. Albert Caquot.

Le choix de critères en vue de prévoir la durée de service des goudrons sur les routes a fait naître des divergences de vues entre divers pays et même entre techniciens français.

Dans le passé, les cahiers de charges codifiaient surtout les résultats de la distillation fractionnée; on pouvait objecter qu'il n'y a pas de lien direct entre la durée de service d'un goudron et son fractionnement par distillation. Comme il avait été signalé (¹) qu'exposé à l'air en couche mince, le goudron vieillit surtout par évaporation, on aurait pu logiquement prendre la perte de poids par évaporation comme critère. Cette voie n'a pas été suivie jusqu'ici, mais l'Administration française a introduit dans ses cahiers de charges la notion de température de ramollissement superficiel : celle-ci est liée à la formation d'une pellicule qui, après un certain temps et pour une certaine température, se constitue à la surface des goudrons épandus en couche mince, tandis qu'elle reprend la forme liquide à une température plus haute. Encore s'ouvre-t-il une troisième voie pour formuler un pronostic sur la durée de service des goudrons pour route : elle consiste (²) à observer le

(¹) A. Léauté, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1729.

(²) R. Lacau et A. Léauté, *Rapport du Ministère des Travaux Publics à la Semaine internationale de la route* (1936).

dimensions et l'écartement des corps figurés que l'examen microscopique des goudrons fait apparaître au sein de leur liquide intergranulaire.

Il s'attache donc un réel intérêt à mettre en lumière les liens encore inconnus, qui unissent la vitesse d'évaporation des goudrons, leur température de ramollissement superficiel et la disposition de leurs éléments figurés. Cette dépendance ne saurait être élucidée que par une étude à la fois théorique et expérimentale du mécanisme que met en jeu l'évaporation des goudrons.

L'étude théorique de l'évaporation d'un goudron, c'est-à-dire d'un liquide complexe contenant des corps figurés qui baignent dans une phase continue, ne peut toutefois porter que sur un modèle reflétant la structure moyenne. J'ai assimilé une nappe de goudron épandue sur un substratum imperméable à la superposition de strates ayant une hauteur constante $2l$, égale à l'écartement moyen des corps figurés; celui-ci est de l'ordre du millième de millimètre. Les corps figurés ne participent pas à l'évaporation et forment, par la constance presque rigoureuse de leur écartement, une ossature fixe. Entre eux, dans chaque strate, animées de mouvements thermiques, les molécules du liquide interstitiel sont en nombre variable selon la strate considérée; leur nombre $n$ par unité de volume, qui est fonction de la hauteur $z$, diminue quand on s'approche de la surface libre, au voisinage de laquelle la phase continue se trouve en l'état d'un liquide de moins en moins condensé.

Chaque strate reçoit des molécules des deux strates contiguës et leur en cède; mais ces échanges sont gênés par les corps figurés, contre lesquels bute le mouvement vertical de certaines molécules. Au contraire, dans les limites d'une strate, les mouvements verticaux ne sont pas perturbés. Mon hypothèse de base a consisté à admettre que le nombre $n$ reste constant dans une strate et varie d'une strate à l'autre.

Le nombre de molécules qui, en une seconde, traversent, de bas en haut, chaque centimètre carré d'un plan horizontal, de cote $z$, peut être tenu pour proportionnel à la densité de la strate d'où ces molécules proviennent et on l'exprime par le produit $\beta(n - l\partial n/\partial z)$, l'axe des $z$ étant orienté en sens inverse de la pesanteur; pareillement, on donne la forme $\beta(n + l\partial n/\partial z)$ au nombre de molécules qui traversent de haut en bas la même surface dans le même temps. Le rapport $\eta$ du nombre $n$ à sa valeur initiale $n_0$, indépendante de $z$, satisfait à l'équation

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \beta l \frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2}.$$

On introduit donc une fonction holomorphe $\pi(w)$ d'une variable complexe $w$, et l'on pose

$$\eta = \frac{1}{2\pi i}\int e^{\theta w^2}\left(1 - \frac{2e^{\tau w}}{\pi(w)}\right)\frac{dw}{w};$$

l'intégrale est prise le long d'une circonférence entourant les zéros de $\pi(w)$

sans passer par aucun d'eux et l'on écrit abréviativement,

$$\tau = \frac{1}{2}\frac{z}{z_0}, \qquad \theta = \frac{\beta l}{4 z_0^2} t,$$

$z_0$ étant la hauteur de la nappe.

Il faut ensuite écrire que le goudron est épandu sur un support imperméable. On l'exprime en égalant le flux entrant au flux sortant; cette condition est remplie si $\pi(w)_0 = \pi(-w)_0$.

A la surface supérieure, on ne retient que le cas où l'air est renouvelé assez activement pour que sa teneur en molécules du liquide intergranulaire reste négligeable; la nullité du flux entrant de haut en bas dans le goudron exige que :

$$\pi(w) = e^{\frac{w}{2}}\left(\frac{h}{2\pi} w + 1\right) + e^{-\frac{w}{2}}\left(-\frac{h}{2\pi} w + 1\right),$$

en écrivant abréviativement $h$ pour $\pi(l/z_0)$.

L'intégrale par laquelle on a exprimé $\eta$ permet de suivre tout le processus de l'évaporation.

ÉLECTRONIQUE. — *Emploi des radio-éléments pour l'étude des cathodes à oxydes.* Note de MM. **Jean Debiesse, Jean Challansonnet** et **Georges Neyret**, présentée par M. Camille Gutton.

Au cours de recherches sur le fonctionnement des cathodes à oxydes [1], nous avons été amenés à irradier des cathodes nues de nickel, à un flux de neutrons. Ces cathodes deviennent plus ou moins radioactives, selon la composition des alliages de nickel, et sont génératrices de rayonnements $\beta$ et $\gamma$. Dix jours après l'irradiation, l'activité de la plupart des cathodes est devenue petite, tandis qu'elle a une valeur déterminée importante pour quelques autres, provenant d'un même alliage de nickel. Après 180 jours, l'activité de ces cathodes a toujours la même valeur. Il faut attribuer cette propriété à un constituant spécifique de l'alliage de nickel, constituant que nous avons recherché. Cet alliage présente la composition suivante en pourcentage :

| Ni. | Co. | Mg. | Cu. | Fe. | Mn. | Si. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 98,65 | 0,7 | 0,3 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,035 |

Étudié à la chambre de C. T. R. Wilson, il manifeste l'existence

de $\gamma$ d'énergie variant de 1,1 à 1,4 MeV;

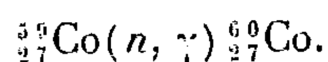
de $\bar{\beta}$ d'énergie variant de 130 à 700 MeV;

de quelques $\overset{+}{\beta}$.

---

[1] Jacqueline Beydon, L. Beaudoin, J. Challansonnet et J. Debiesse, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 353-354.

Dissous en solution chlorhydrique, il est possible de localiser l'activité de cet alliage de nickel dans la portion séparée à l'α-nitroso β-naphtol qui doit contenir le cobalt. Ainsi l'activité de cet alliage doit pouvoir être attribuée au $^{60}_{27}Co$ de période 5,3ans, qui provient de la réaction



$$^{59}_{27}Co(n, \gamma)\,^{60}_{27}Co.$$

Le $^{60}_{27}Co$ se transforme ensuite par émission d'un β(0,308MeV) suivi de deux rayons γ(1,17 et 1,33MeV) émis en cascade et légèrement convertis([2]). Nous avons cherché à vérifier ce résultat en l'utilisant pour un dosage quantitatif du cobalt dans les alliages de nickel.

Nous avons préparé par frittage une gamme d'alliages de nickel et de cobalt à partir de poudres de ces métaux purs. Ces pseudo-alliages ont des compositions en cobalt très voisines des chiffres respectifs suivants : 0, 0,5, 1, 2 et 5 %.

Nous avons soumis pendant 7 jours, à l'irradiation de la pile de Chatillon, ces divers alliages.

Étudiés au compteur de Geiger-Müller (compteur cloche) dans les mêmes conditions, ces divers échantillons ont des activités relatives, égales à 0, 0,56, 1, 2 et 4,7.

Ainsi le cobalt est bien responsable de l'activité du nickel.

Nous avons cherché à utiliser ces résultats pour un dosage quantitatif du cobalt contenu dans les nickels ([3]).

La formule

$$I = \varepsilon n \sigma f \frac{T_B}{T},$$

avec I, nombre de désintégrations par seconde; ε, coefficient d'efficacité 80/100; $n$, nombre d'atomes; σ, section efficace; $f$, flux des neutrons; $T_B/T$ = temps d'irradiation/période, permet de calculer l'activité théorique.

Partant d'une plaquette de nickel de $2^g$, contenant 0,5 % de cobalt (dosage chimique) irradié deux semaines à un flux de $6.10^9$ neutrons/sec/cm² :

$$I = \frac{80}{100}\left(\frac{0,5\times 2\times 6.10^{23}}{100\times 60}\right)(30.10^{-24})(6.10^{9})\left(\frac{2}{260}\right); \qquad I = 110\,400 \text{ coups/sec.}$$

Compte tenu de l'angle solide sous lequel est attaqué le compteur et de l'auto-absorption des β dans le nickel actif (épaisseur 500μ), la plaquette de nickel au cobalt doit présenter une activité β calculée de 70 coups/sec, or nous avons mesuré expérimentalement 58 coups/sec.

Ayant étudié un nickel contenant 0,29 % de cobalt (analyse chimique),

([2]) M. Duquesne, G. Kayas et G.-A. Renard, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 693.

([3]) C. O. Muelhause et G. E. Thomas, *Emploi de la pile atomique pour les analyses chimiques*, (*Nucléonics*, 1950).

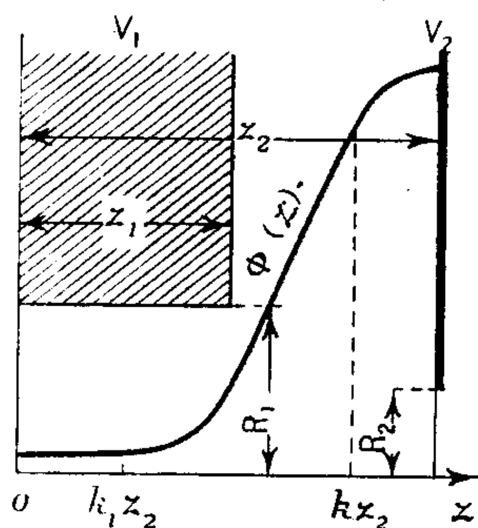
nous avons retrouvé sensiblement le même résultat (0,28 %) en utilisant les mesures d'activité de ce nickel après irradiation aux neutrons. La même technique permet de mettre en évidence la présence de $0^{\mu g},5$ de cobalt en mesurant l'extrait sec d'une dissolution d'un alliage de nickel dans l'acide chlorhydrique.

*En conclusion*, il est possible de préparer des cathodes émettant un rayonnement $\beta$ et $\gamma$ (période 5 ans) en irradiant aux neutrons des cathodes au Co. Cette activité permet un dosage qualitatif et quantitatif du cobalt dans les alliages de nickel. La méthode est extrêmement sensible.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie de la lentille électrostatique indépendante à électrode centrale épaisse.* Note (*) de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous donnons ici une extension de la théorie établie précédemment ([1]), ([2]) pour la lentille à électrodes minces.

I. *Distribution du potentiel sur l'axe.* — Soient (*fig.* 1) $2z_1$ l'épaisseur de l'électrode centrale et $z_2$ la distance des électrodes extérieures au plan de symétrie; les autres notations sont celles de ([1]). Pour déterminer la distribution




du potentiel sur l'axe nous allons remplacer notre lentille par un système composé de quatre électrodes minces : les deux électrodes extérieures et les faces externes de l'électrode centrale. Nous supposerons encore que le potentiel sur l'axe résulte d'une association linéaire des potentiels produits par chaque électrode, considérée séparément. On a donc dans ces conditions

$$\Phi(z) = a + b\left[(z+z_2)\,\mathrm{arctg}\frac{z+z_2}{R_2} + (z-z_2)\,\mathrm{arctg}\frac{z-z_2}{R_2} - (z+z_1)\,\mathrm{arctg}\frac{z+z_1}{R_1} - (z-z_1)\,\mathrm{arctg}\frac{z-z_1}{R_1}\right]. \tag{1}$$

(*) Séance du 15 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1311-1313.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1262-1264.

Des raisonnements analogues à ceux exposés dans notre premier travail permettent de calculer $a$ et $b$. On trouve notamment pour les éléments du paramètre caractéristique de la lentille $x = \Phi(o)/\Phi(z_2)$ (dans le cas, pratiquement général, où $z_2 - z_1 > 3R_2$)

$$\Phi(o) = V_1 + (V_2 - V_1)\frac{2R_1 - \pi z_1 + 2z_1 \operatorname{arctg}\frac{z_1}{R_1}}{2R_1 - \pi z_1 + (z, R)} \tag{2}$$

et

$$\Phi(z_2) = V_1 + (V_2 - V_1)\left[1 - \frac{R_2}{2R_1 - \pi z_1 + (z, R)}\right], \tag{3}$$

avec

$$(z, R) = (z_1 + z_2)\operatorname{arctg}\frac{z_1 + z_2}{R_1} + (z_2 - z_1)\operatorname{arctg}\frac{z_2 - z_1}{R_1}.$$

Nous avons vérifié l'accord entre la théorie précédente et l'expérience;

*a*. par application numérique de la relation (2) aux lentilles épaisses mesurées par H. Bruck ([3]);

*b*. par la détermination du rapport de blocage $(V_1/V_2)_{bl}$ résultant de la condition de passage en miroir $\Phi(o) = o$. $(V_1/V_2)_{bl}$, directement mesurable sur la lentille est en bon accord avec les prévisions de la formule (2) qui fournit

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)_{bl} = -\frac{2R_1 + 2z_1 \operatorname{arctg}\frac{z_1}{R_1} - \pi z_1}{(z, R) - 2z_1 \operatorname{arctg}\frac{z_1}{R_1}}. \tag{4}$$

II. *Trajectoires gaussiennes*. — Nous représenterons ici le potentiel sur l'axe par une droite centrale, deux paraboles intermédiaires et deux paraboles extérieures.

Les équations des trajectoires de Gauss, initialement parallèles à l'axe, s'écrivent dès lors dans les cinq régions définies

$$\begin{cases} r_1 = r_0 \operatorname{ch}\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{arc\,sin}\beta(z + z_2)\right], \\ r_2 = A\cos\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{arc\,sh}\alpha(z + k_1 z_2) - \varphi\right], \\ r_3 = Cz + D, \\ r_4 = A_1\cos\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{arc\,sh}\alpha(z - k_1 z_2) - \varphi_1\right], \\ r_5 = B^{ch}_{sh}\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{arc\,sin}\beta(z - z_2) - \psi\right] \end{cases} \tag{5}$$

avec

$$\alpha = \frac{1}{z_2}\sqrt{\frac{1}{(1 - k_1)(k - k_1)}}\sqrt{\frac{1 - x}{x}} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{1}{z_2}\sqrt{\frac{1}{(1 - k_1)(1 - k)}}\sqrt{1 - x}. \tag{6}$$

---

([3]) *Cahiers de Physique*, 1944, p. 15-28.

La continuité de la trajectoire et de sa dérivée permet de calculer de proche en proche les coefficients A, $\varphi$, C, D, $A_1$, $\varphi_1$, B et $\psi$, nécessaires à la détermination des

III. *Propriétés optiques de la lentille.* — Posons encore

$$(7)\qquad \begin{cases} \lambda = \sqrt{\dfrac{k-k_1}{1-k}}, & \alpha_0 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha(k-k_1)\, z_2, \\ \beta_0 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sin} \beta(1-k)\, z_2, & \operatorname{tg} \gamma_0 = \lambda \operatorname{th} \beta_0. \end{cases}$$

On trouve pour la distance focale, tous calculs faits

$$(8)\qquad \boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2},}$$

avec

$$(9)\qquad \frac{1}{f_1} = \frac{\beta}{\lambda\sqrt{2}} (\operatorname{ch}^2\beta_0 + \lambda^2 \operatorname{sh} \beta_0) \sin 2(\alpha_0 - \gamma_0),$$

$$(10)\qquad \frac{1}{f_2} = -\frac{\alpha\beta k_1 z_2}{\lambda} \cos^2\alpha_0 \operatorname{ch}^2\beta_0 (\operatorname{tg}\alpha_0 - \operatorname{tg}\gamma_0)^2.$$

Ainsi, la lentille indépendante à électrode centrale épaisse peut être considérée comme un système de deux lentilles minces accolées. Le terme $1/f_1$ correspond au pouvoir convergent de la lentille mince et possède une structure oscillatoire. Le terme $1/f_2$ qui représente la contribution du paramètre *épaisseur* est toujours négatif.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Grilles supports en fils d'araignée pour Microscopie électronique.* Note (*) de MM. **Henri Dessens** et **Charles Fert**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Il est possible d'utiliser, en Microscopie électronique et en Diffraction électronique, des grilles en fils d'araignée pour examiner, sans film support, de très fines particules.

Le diamètre de tels fils est parfois inférieur à 100 Å; leur emploi améliore les conditions de détection et d'examen de très petites particules.

Nous nous proposons de décrire une technique qui pourra venir en aide à tous ceux qui étudient de très petites particules à l'aide du microscope électronique.

1. *Préparation des grilles en fils d'araignée.* — Nous décrirons la technique de préparation que nous avons appliquée à une porte-grille ayant la forme d'une capsule cylindrique percée d'un trou de 0,5 à $1^{mm}$ pour le passage du

(*) Séance du 5 février 1951.

faisceau électronique (*fig.* 1). Il est facile d'adapter cette technique à d'autres types de portes-grilles.

La capsule est fixée à l'extrémité d'un fil de cuivre *l* coudé de manière qu'il soit facile de faire tourner à la main la capsule autour de $z'z$ (*fig.* 2).

L'araignée, d'abord posée sur la capsule, descend en filant. En tournant autour de $z'z$, on enroule alors le fil *f* sur la capsule (*fig.* 1).

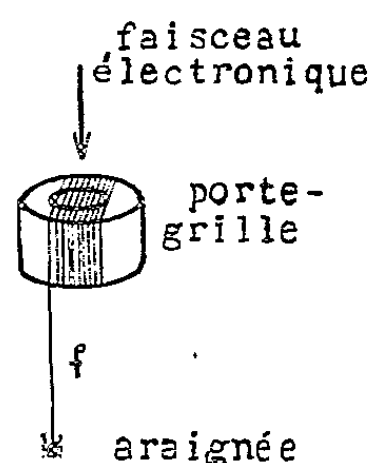


Fig. 1.

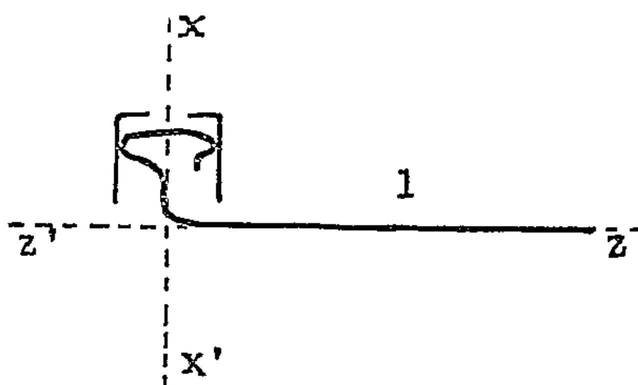


Fig. 2.

Pour obtenir des fils fins, on pose l'araignée sur le réseau obtenu, et on l'oblige à s'y promener. Elle abandonne alors des fils qui, n'étant plus des fils de sécurité, destinés à la supporter, sont beaucoup plus fins (*fig.* 3).

Le fil métallique *l* est alors enlevé. Le porte-grille peut être pris avec des pinces par sa surface latérale sans dommage pour le réseau de fils.

Les meilleures araignées sont les plus petites « meioneta fuscipalpis ». Elles permettent d'obtenir des grilles de fils très propres dont le diamètre est de l'ordre de 500 Å, les fils fins disposés dans la deuxième phase de l'opération ayant un diamètre de l'ordre de 50 à 200 Å.

2. *Fixation des particules.* — Pour étudier des particules en suspension dans l'air (brouillard, nuage, fumée, etc.), on aspire l'aérosol à travers la grille de fils d'araignée. Un dispositif simple permet de contrôler les conditions (débit, volume total aspiré, etc.) de cette opération. Les particules les plus fines, qu'il serait difficile de fixer ou d'observer sur les supports habituels, sont captées par les fils.

Dans certains cas, il est nécessaire de mettre les particules à étudier en suspension ou en solution dans un liquide volatil. Le liquide est dispersé en gouttelettes qui sont aspirées à travers le réseau. Après évaporation des gouttelettes captées, les résidus sont examinés au microscope électronique.

3. *Comportement des préparations.* — 1° Aucun dommage n'a été constaté au au cours de la mise sous vide de ces grilles, malgré l'emploi d'un appareil dans lequel le passage de la pression atmosphérique à la pression de travail, dans le corps entier du microscope, se fait en moins d'une minute.

2° Quelques précautions doivent être prises au cours de l'exposition au faisceau électronique, en particulier pour les grossissements élevés qui exigent

de fortes densités du courant électronique dans le plan de l'objet. Les préparations portant peu de particules déposées sur des fils très fins sont plus résistantes que celles qui supportent de nombreuses particules.

Cette résistance est augmentée par la métallisation des fils. Celle-ci ne présente aucune difficulté en utilisant un appareil d'évaporation sous vide. Elle peut être effectuée avant ou après le dépôt des particules.

4. *Exemples d'observations* :

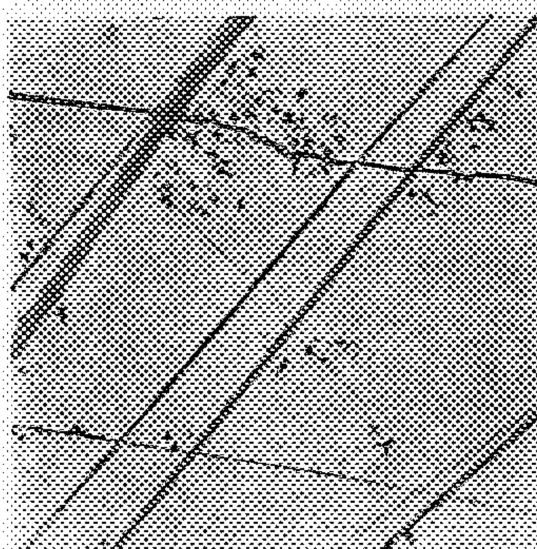


Fig. 3. × 6000.

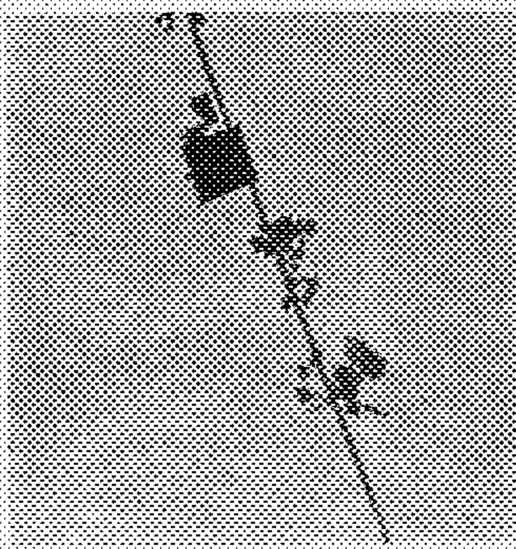


Fig. 4. × 10000.

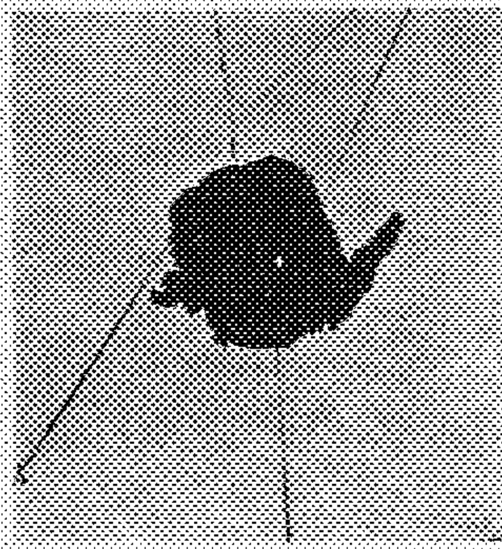


Fig. 5. × 10000.

Fig. 3. — Elle représente, à faible grossissement des cristaux d'oxyde de zinc déposés sur fils métallisés. On distingue aisément les fils de sécurité, et les fils fins déposés dans la deuxième phase décrite plus haut.

Fig. 4. — Cristaux d'oxyde de magnésium.

Fig. 5. — Résidu provenant de la coalescence de plusieurs gouttelettes de nuage captées au sommet du Puy de Dôme. La même méthode permet évidemment de monter les microcristaux pour examen par diffraction électronique. Elle évite la diffusion des électrons par le film support.

MICROSCOPIE. — *Sur l'étude des états de surface des tissus au moyen de répliques.* Note de MM. Jean-Jacques Trillat et Michel Besse, présentée par M. Maurice de Broglie.

Peu de méthodes permettent l'examen sûr et rapide de la structure superficielle des tissus industriels. L'examen microscopique en éclairage rasant se heurte à de graves difficultés, et ne permet qu'un enregistrement photographique diffus à cause des réflexions parasites; l'emploi d'empreintes en polystyrol (utilisées aussi en microscopie électronique) ne présente qu'un aspect trop superficiel des détails, étant donné la faible viscosité de cette matière, et de plus nécessite de porter l'échantillon à une température excessive (130° à 150°).

Nous avons cherché à réaliser, par une technique *non destructive*, des répliques transparentes riches en détails et susceptibles d'être détachées facilement du tissu ; le meilleur résultat s'obtient avec des solutions de gélatine dans l'eau de concentrations convenables.

Deux facteurs conditionnent la réussite d'une telle réplique : 1° la durée du séchage qui dépend à la fois de la concentration du mélange eau + gélatine et de la profondeur de l'empreinte désirée (*voir* courbe, *fig.* 1); 2° la température de la couche, à l'instant du contact avec l'échantillon, qui détermine la viscosité du mélange.

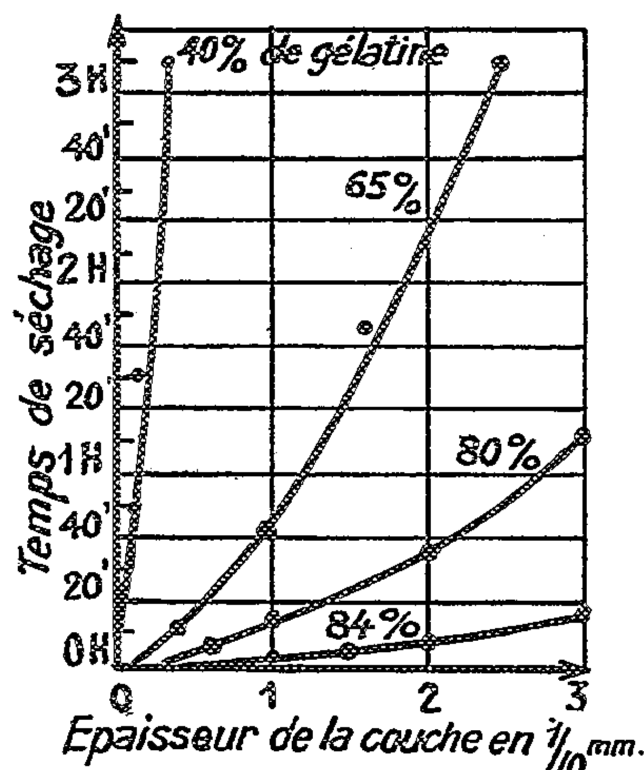



Fig. 1.

Pratiquement, il suffit de partir d'un mélange à 45 parties de gélatine et 55 parties d'eau additionné de traces de thymol pour éviter le développement ultérieur des bactéries. On étale ensuite sur une lame de microscope un volume de solution proportionné à la profondeur des détails à reproduire; l'opération s'effectue sur une platine chauffée à 80° et a pour double but d'obtenir une épaisseur uniforme et d'évaporer une partie de l'eau. On refroidit ensuite la plaque jusqu'à 50° et l'on dépose enfin l'échantillon à la surface de la gélatine; après solidification, il se détache aisément, sans donner lieu à arrachements; on procède alors à l'examen microscopique et éventuellement à la microphotographie. La finesse des détails observés s'accentue avec l'emploi d'un dispositif à contraste de phase.

Il est ainsi possible d'obtenir de beaux clichés avec les tissus les plus variés, de déterminer leur contexture, de mesurer le degré de torsion des fils et d'identifier la nature de la fibre; les clichés 1, 2 et 3 (*fig.* 2) donnent des exemples des résultats obtenus (cliché 1, échantillon de nylon tissé en sergé de 3; cliché 2, sergé de 6 en rayonne viscose, face endroit altérée par l'usure; cliché 3, face opposée du même tissu). (Grossissement 25.)

Le temps de séchage pouvant être choisi aussi court que l'on veut, l'échantillon peut être saisi dans un état transitoire, par exemple soumis à une traction. Cette méthode paraît susceptible d'apporter à l'Industrie textile des éléments d'information intéressants; elle se caractérise par sa simplicité, son

très faible prix de revient et la netteté des résultats obtenus; elle permet d'étudier un tissu terminé sans le détruire ni le détériorer, et sous la profondeur désirée. Nous avons obtenu ainsi un grand nombre de résultats, qui seront publiés dans un autre Recueil.

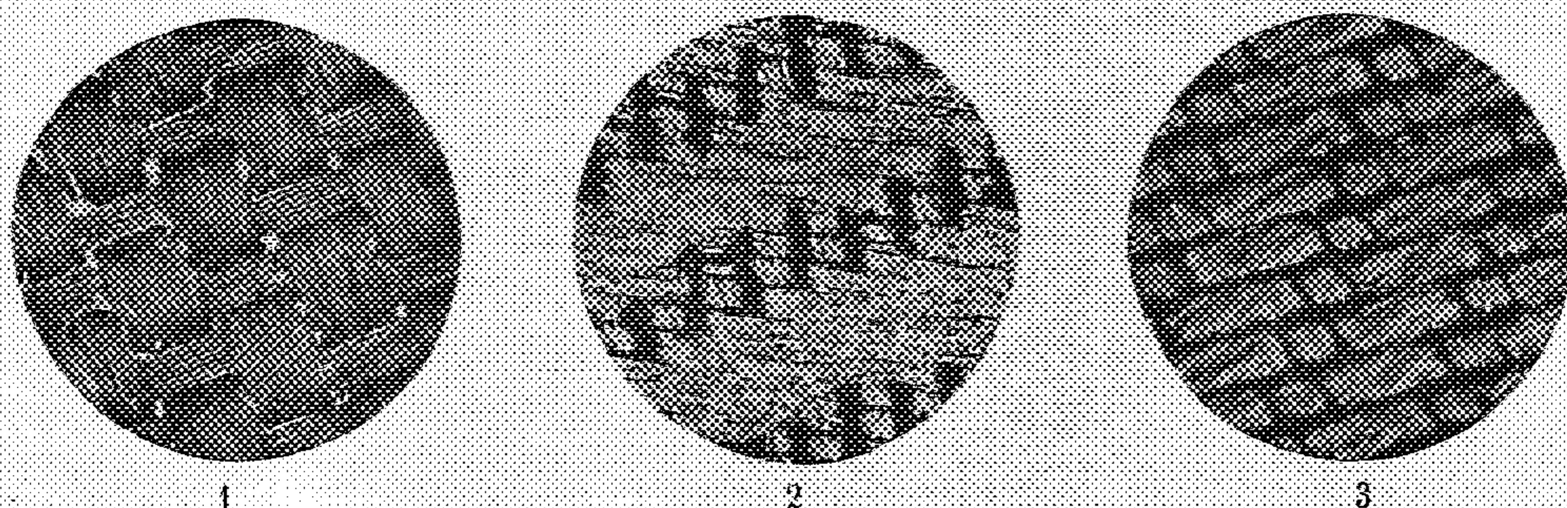



Fig. 2.

Enfin, la méthode s'applique aisément à l'étude des papiers, ainsi qu'à l'examen des surfaces métalliques usinées ou polies; dans ce dernier cas, elle donne une image plus fine et plus détaillée que par les procédés métallographiques habituels.

RAYONNEMENT. — *Sur un radiomètre à grande sensibilité.* Note (*) de M. ANTOINE MERLAND et M^lle SUZANNE LÉVÊQUE, présentée par M. Gaston Dupouy.

La sensibilité d'un radiomètre Crookes-Nichols a été multipliée par 30 grâce à l'adjonction de forces d'attractions électrostatiques sur les ailes. Ces forces rendent instable l'équilibre de l'équipage mobile et la rotation de cet équipage a lieu pour une quantité d'énergie lumineuse reçue par une aile, beaucoup plus petite qu'en l'absence de dispositif électrique.

Pour mesurer de très petits déplacements de l'aile d'un radiomètre de Nichols, à fil de torsion F en argent, nous avons d'abord essayé d'appliquer la méthode, imaginée par Whiddington [1], qui consiste à déterminer par une méthode de battements la petite variation de capacité du condensateur C (*fig.* 1) quand l'aile voisine L, métallisée, subit un petit déplacement. Nous avons été arrêtés dans cette voie par les forces d'attraction entre armatures et aile, forces qui, dans le dispositif électrique employé, étaient du même ordre de grandeur que les forces radiométriques à mesurer.

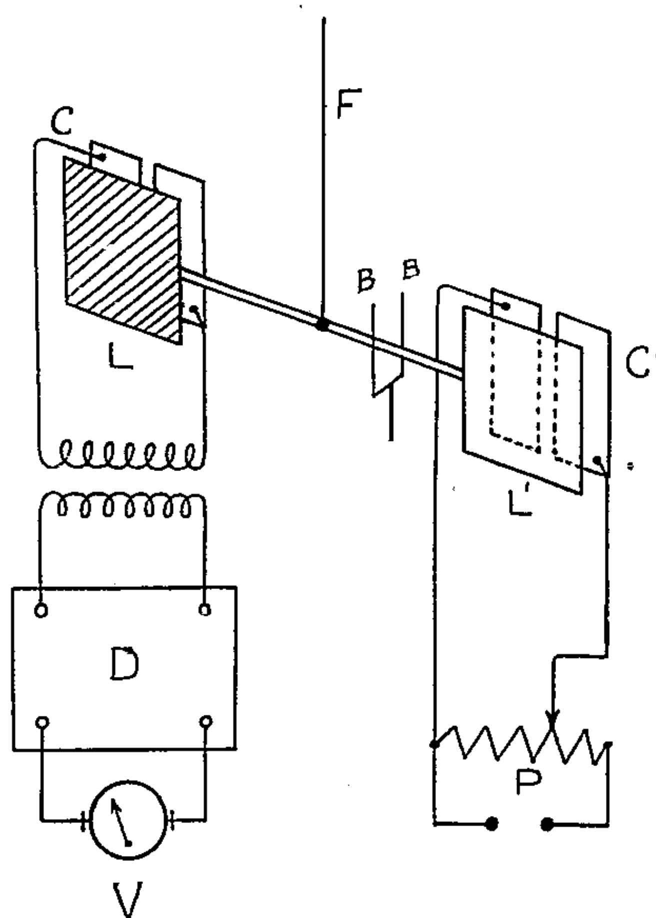
Nous avons tourné la difficulté, déjà signalée par Whiddington et Long [2]

(*) Séance du 5 février 1951.

[1] *Phil. Mag.*, 40, 1920, p. 634.

[2] *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 113.

au sujet de leur microbalance, en opérant de la manière suivante. Un deuxième condensateur C′, analogue à C, était réalisé avec l'autre aile L′ du radiomètre, et un potentiomètre P permettait d'équilibrer les forces d'attraction sur L et sur L′. L'équilibre étant instable, une petite fourchette BB′ permettait de l'obtenir sans trop de tâtonnements.




L'équilibre obtenu, l'expérience consistait à placer devant l'appareil, à une distance convenable, une lampe d'intensité lumineuse connue, masquée par un diaphragme iris d'abord fermé. On agissait progressivement sur la commande, graduée, de l'ouverture de ce diaphragme jusqu'à ce que la lumière reçue par l'aile noircie du radiomètre déclenche la rotation de l'équipage, rotation qu'on observait au moyen du voltmètre V d'un discriminateur D lié au circuit oscillant du condensateur C. On déterminait ainsi la puissance minimum nécessaire au fonctionnement de l'appareil.

Pour mesurer l'intensité d'une source lumineuse quelconque, il suffisait alors de la placer à la même distance du radiomètre que la lampe étalon, devant le même diaphragme.

Quand l'ouverture progressive de ce diaphragme entraînait la rotation de l'équipage radiométrique, le flux lumineux reçu avait la valeur minimum précédemment déterminée et la lecture de la graduation du diaphragme faisait connaître la fraction du flux total émis par la lampe dans la direction du radiomètre. Nous avons pu déterminer ainsi l'intensité d'une lampe électrique de 60 bougies à 1 % près.

La plus petite variation de flux décelable correspondait à $2,8.10^{-6}$ lumen, ou, pour la source donnée, à $7.10^{-10}$ W/mm². La sensibilité $d\alpha/d\varphi$, où $\alpha$ repré-

sente l'angle de rotation de l'équipage et $\varphi$ le flux lumineux reçu, est 30 fois plus grande qu'en l'absence de dispositif électrique. Elle atteint 974 radians par lumen.

Les chiffres cités sont du même ordre de grandeur que ceux publiés par Clark Jones ([3]) pour les meilleurs récepteurs de radiations : $5.10^{-9}$ à $3.10^{-10}$ W/mm$^2$ pour les bolomètres de Baird.

Mais notre appareil n'a pas encore atteint la sensibilité maximum qu'on peut obtenir avec le dispositif décrit. Nous travaillons à augmenter cette sensibilité par un meilleur ajustement des circuits électriques.

([3]) *Journal of the Optical Society of America*, **37**, 1947, p. 879.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Sur l'émission lumineuse accompagnant l'excitation électrique des gaz rares. — Cas de l'hélium.* Note (*) de M. **Michel Bayet**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'on a récemment ([1]) tenté d'expliquer le maximum de l' « afterglow » qui suit l'excitation, par des impulsions U.H.F. (3000 MHz) d'une durée de 8 microsecondes ($\mu$s) répétées périodiquement, de l'hélium enfermé dans une cavité résonnante sous des pressions de 10 à 27$^{mm}$ de mercure, par le mécanisme suivant : les ions monoatomiques $He^+$ présents dans la « décharge » à la fin de l'excitation peuvent disparaître de deux façons, soit par recombinaison directe avec les électrons, soit en formant, par choc triple avec deux atomes neutres, un ion diatomique $H_2^+$, qui à son tour se recombinera avec un électron pour donner la molécule instable $He_2$ ([2]). L'on observe en effet l'émission du spectre de bandes de l'hélium, peu intense durant l'excitation, mais devenant rapidement prépondérant dans l'afterglow. Si l'émission lumineuse est supposée proportionnelle au nombre d'ions qui se recombinent, le calcul, basé sur des hypothèses *ad hoc*, montre qu'elle présente effectivement un maximum, après un temps qui dépend de la composition du gaz à l'instant où cesse l'excitation.

Il me paraît toutefois indispensable de signaler les faits suivants : d'une part, l'on a proposé un autre mode de formation de $He_2^+$, qui ne fait pas intervenir l'un des produits de l'ionisation de la molécule monoatomique, mais deux de ces atomes, l'un à l'état fondamental, l'autre excité sur son niveau métastable ([3]). D'autre part, utilisant le dispositif indiqué dans une précé-

(*) Séance du 5 février 1951.

([1]) Johnson, Mc Clure et Holt, *Phys. Rev.*, **80**, 1950, p. 376.

([2]) C'est le mécanisme suggéré par Herman (*Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2016), à la différence que ce dernier suppose qu'il suffit d'un choc simple avec un seul atome à l'état fondamental.

([3]) Mc Callum et Wiss, *Nature*, **142**, 1938, p. 252; Arnot, *Nature*, **142**, 1938, p. 536; Arnot et Mc Ewen, *Proc. Roy. Soc.* A, **166**, 1938, p. 543.

dente Note (¹), qui m'avait permis de signaler l'existence d'un maximum dans l'afterglow du néon, dont le spectre ne comprend que les raies de la molécule monoatomique, j'ai moi-même étudié l'hélium, dans 4 tubes où la pression de ce gaz était respectivement : 19; 7; 1, 5 et $0^{mm},6$. L'excitation est sensiblement moins intense que dans le dispositif américain, et ne dure que 2 μs. L'émission lumineuse comporte un spectre de bandes intense dans le deuxième, et surtout dans le premier tube, mais *uniquement le spectre de raies* dans les deux derniers. Néanmoins *tous ces tubes* présentent un maximum dans leur afterglow, bien plus rapproché (moins de 10 μs) que dans le cas des Américains (60 à 1000 μs); sa position dépend d'ailleurs beaucoup de l'excitation pour les deux premiers tubes, moins pour les autres, où il se produit, pour le quatrième, au bout d'un temps environ double de celui qui correspond au troisième (3 à 4 μs), pour une excitation sensiblement égale.

Dans ces conditions, il me semble indispensable de faire intervenir l'explication que j'ai proposée pour le néon, c'est-à-dire l'augmentation du coefficient de recombinaison lorsque la vitesse des électrons décroît, et qui doit exister, tant pour la recombinaison de la molécule monoatomique que pour celle de la molécule diatomique. Naturellement, la présence simultanée des deux phénomènes complique encore l'interprétation des résultats expérimentaux.

J'ajoute en outre que la forme des courbes donnant l'intensité lumineuse en fonction du temps est très fortement affectée par la présence dans le gaz d'impuretés susceptibles de former des ions négatifs par capture des électrons, ce qui est d'ailleurs facilement prévisible. La moindre trace d'oxygène ou d'oxyde de carbone se manifeste par un spectre de bandes intense et la suppression du maximum de l'afterglow : à partir de la fin de l'excitation, l'intensité lumineuse décroît exponentiellement. Par contre, l'émission lumineuse d'une veilleuse à néon commerciale, qui renferme également un peu d'argon et d'azote, comporte comme celle de chacun de ses composants, un maximum dans son afterglow, ce qui prouve bien qu'aucun de ces gaz n'est susceptible de fixer les électrons.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur un nouveau phénomène observé lors de l'excitation des corps phosphorescents à plusieurs activateurs*. Note (*) de M. **Boris Prégel**, présentée par M. Camille Gutton.

Précédemment, nous avons déterminé le caractère du mécanisme de la luminescence d'un corps phosphorescent à plusieurs activateurs métalliques, nous

(¹) M. Bayet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2016.

(*) Séance du 5 février 1951.

avons ensuite indiqué la méthode de séparation des spectres dans les proches couches extérieures de tels corps, ce qui nous a permis de mettre en évidence la régularité et l'homogénéité de la structure moléculaire des nappes supérieures des couches phosphorescentes (1).

Faisant suite à nos recherches et d'après toute une série d'expériences nouvelles, nous avons constaté un phénomène nouveau qui paraît avoir une grande importance pour l'étude générale des phénomènes de fluorescence et de phosphorescence.

En nous référant aux modes opératoires et aux appareils utilisés lors de nos Notes précédentes (2), nous décrirons ici ce phénomène qui apparaît avec évidence pour les bandes spectrales des rayons X, supérieures à 5000 Å. En agissant sur les échantillons phosphorescents décrits dans nos Notes précédentes, avec les rayons X très pénétrants jusqu'à saturation complète, nous avons observé que non seulement une petite partie des rayons X incidents se trouve éparpillée dans les directions différentes, mais qu'un électroscope sensible accuse en même temps une certaine libération d'électrons. Il se produit donc les phénomènes complexes suivants : absorption par la matière phosphorescente de l'énergie du rayonnement électromagnétique de fréquence déterminée qui se transforme ensuite immédiatement en une petite quantité d'énergie électromagnétique éparpillée dans toutes les directions voisines avec une fréquence plus faible, en une énergie d'émission de la lumière accumulée qui sera éventuellement restituée en suivant les lois du déclin phosphorescent, et en une certaine quantité d'énergie corpusculaire restituée par la matière phosphorescente sous forme des *électrons libres*. En principe, il s'agit de l'effet Compton généralisé aux matières légères, suivi d'une transformation de l'énergie électromagnétique en émission d'électrons à l'image de l'effet photoélectrique.

Les calculs permettent de conclure que la partie de l'énergie électromagnétique des rayons X incidents, transformée en électrons, est sensiblement de 0,7 % de sa valeur totale; l'émission des électrons est proportionnelle au temps d'application des rayons X (produits par les rayons cathodiques à 150 kV), indépendamment du temps correspondant au régime d'établissement de saturation.

Les rayons X incidents ont été choisis avec des longueurs d'onde sensiblement égales à 0,1 Å et des fréquences d'ordre $\nu = 3.10^{19}$; les faisceaux des rayons X diffusés par réflexion comportaient des longueurs d'onde d'ordre 1-10 Å, avec des fréquences correspondantes $\nu$ variables de $3.10^{17}$ à $3.10^{18}$. Les indications de l'électroscope ont été de quelques dizaines de

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 898.

(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 489; **231**, 1950, p. 898; **232**, 1951, p. 320.

volts; l'appareil utilisé est un nouveau type d'électroscope électrostatique à cadre mobile, très sensible.

Afin d'éviter des effets secondaires dus à la possibilité d'une émission de *photo-électrons* par les disques en platine, disques supports de la poudre phosphorescente, des précautions ont été prises pour neutraliser ces effets secondaires, en mettant ces disques en contact avec des charges positives. Les mesures à l'électroscope ont été faites par différence entre cette charge positive de base et les électrons émis par la matière phosphorescente, c'est-à-dire par la décharge en fonction du temps du système chargé positivement. On peut aussi relever ces mesures avec une précision suffisante sans emploi de cette précaution. Les pigments phosphorescents accusent également des libérations d'électrons lorsqu'ils sont excités par les rayons X dans une atmosphère à pression normale ou dans un vide poussé jusqu' à $10^{-7}$ mm de mercure; dans ces derniers cas les pigments phosphorescents ont été abandonnés à eux-mêmes dans des récipients spéciaux où ils subissaient l'action des rayons X.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'optique ionique des spectromètres de masse à simple déflexion magnétique.* Note (*) de MM. **Charles Cassignol** et **Guy Nief**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. Vauthier a récemment consacré une publication [1] à l'optique ionique des sources de spectromètres de masse. Il ressort de son étude, et c'est également notre pensée, que la façon habituelle de définir la résolution d'un spectromètre de masse est systématiquement pessimiste.

Les aberrations géométriques d'une source de type courant sont tellement importantes que la figure d'aberration qu'elle donne est pratiquement confondue, en position et grandeur, avec la dernière fente. Ceci conduit à définir la largeur d'un signal comme étant la somme de trois quantités : la largeur de l'image de la fente de la source donnée par le champ magnétique, la largeur de la fente du collecteur, et un terme d'aberration supplémentaire dû au champ magnétique. On calcule la résolution en comparant la largeur d'un signal à la distance de deux signaux voisins. Dans la plupart des cas de la pratique, les paramètres physiques de la source et du faisceau interviennent à un ordre de grandeur notablement inférieur.

Ceci revient à faire la somme arithmétique des différentes aberrations. Or, on peut compenser l'une par l'autre dans une grande mesure. Certains appareils sont corrigés de l'aberration magnétique [2], mais l'ensemble du problème n'a pas encore été envisagé.

---

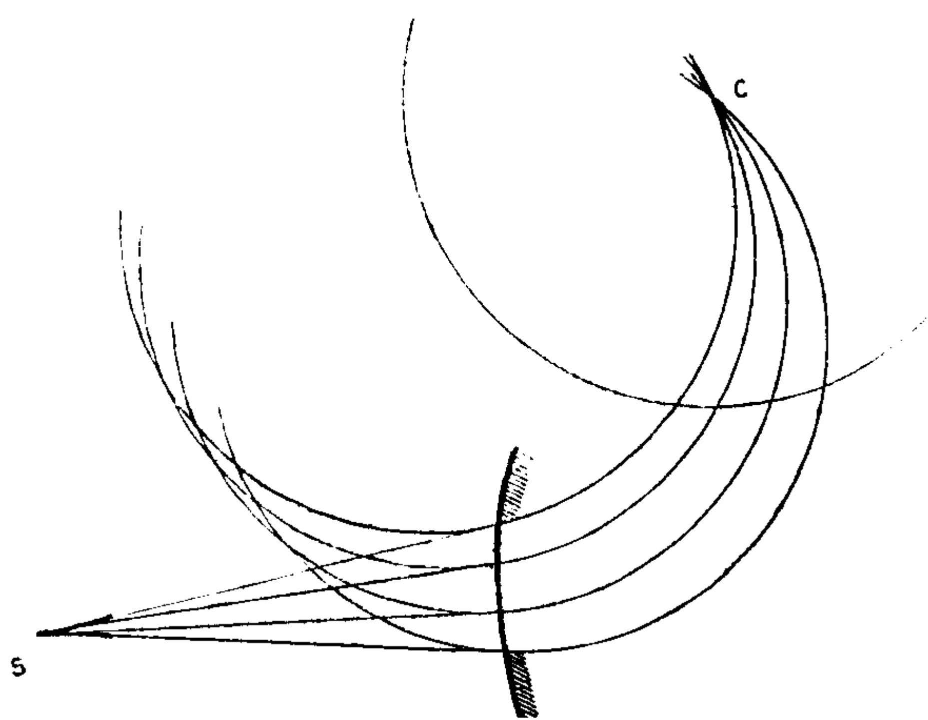
(*) Séance du 6 décembre 1950.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 764-765.

(2) Spighel, *J. Phys.*, 1949, p. 207 et suiv.

Le problème est théoriquement soluble. Soit une source ayant une caustique d'aberration S, et soit un spectromètre de masse dont le collecteur C est, pour fixer les idées, dans le champ magnétique. Nous nous proposons de déterminer la frontière du champ magnétique de façon que tous les rayons d'un faisceau homogène issu de la source convergent sur le collecteur.

Dans le champ magnétique, les trajectoires sont des cercles ayant un même rayon R. Sur la figure une telle famille est tracée, et l'on voit facilement la solution de notre problème : la frontière idéale du champ magnétique est le lieu des points de contact avec cette famille de cercles des tangentes communes à ces cercles et à la caustique S.




En pratique, la frontière réelle du champ n'est pas confondue avec la frontière idéale. Par ailleurs, la détermination de la caustique d'une source est une opération délicate. Il est donc avantageux de procéder d'une façon empirique. L'un de nous décrira dans une publication plus détaillée une méthode effectivement employée.

Cette détermination est facilitée par une circonstance qui ne se rencontre pas en optique lumineuse. Dans notre cas, une erreur de $\varepsilon$ sur la frontière entraîne une aberration transversale de l'ordre de $\varepsilon$ (en optique lumineuse elle serait de l'ordre de $\sqrt{\varepsilon f}$). Ceci veut dire qu'il suffit d'usiner les pièces polaires avec une précision de l'ordre de celle qui est utilisée dans l'assemblage du collecteur et de la source.

Les avantages que l'on peut retirer de cette correction sont de différents ordres. On pourra dissocier les questions de résolution et de luminosité, alors que dans les systèmes actuels, l'une de ces qualités ne peut être obtenue qu'au détriment de l'autre.

On pourra utiliser des sources beaucoup plus ouvertes qui, en plus de leur luminosité accrue, seront moins sujettes aux phénomènes parasites de discrimination de masse et d'énergie dus aux diaphragmes.

Par contre, on sera peut-être gêné par les phénomènes de focalisation dite transversale ([3]), phénomènes que nous n'avons pas décelés avec les fentes fines que nous avons utilisées jusqu'à maintenant.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de* $^{109}$Cd *à la chambre de Wilson*. Note (*) de MM. **Bertrand Dreyfus**, **John Keene Major**, et **Pierre Radvanyi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La désintégration par capture K de $^{109}$Cd a été étudiée avec une chambre de Wilson. Nos mesures sur les électrons de conversion et un rayonnement gamma sont en accord avec certains résultats antérieurs, mais la méthode de la chambre de Wilson ne paraît pas très avantageuse pour des déterminations précises de cette nature.

Le $^{109}$Cd de longue période [470([1]), 330([2]), ou 158([3]) jours] étudié par divers auteurs ([4]), ([5]) décroît par capture K vers un état métastable de $^{109}$Ag. D'après ces auteurs, cet état excité a une période de 39,2 secondes, et revient à l'état fondamental en émettant un rayonnement gamma de 89 keV converti à 95 %, les taux de conversion relatifs étant $\alpha_K/\alpha_L = 1,01$ et $\alpha_K/(\alpha_M + \alpha_N) = 6,1$ ([3]).

Ces études avaient été faites avec des compteurs ou un spectrographe $\beta$; nous avons décidé d'étudier le $^{109}$Cd avec la chambre de Wilson à pression variable construite par F. Joliot ([6]). Le $^{109}$Cd a été obtenu en irradiant une feuille d'argent avec les deutons de 6,8 meV du cyclotron du Collège de France. Après la séparation chimique du cadmium de l'argent et un temps suffisamment long pour laisser décroître les périodes courtes, une goutte de produit actif, déposée sur une lamelle de mica de 0,6 mg/cm², a été introduite dans la chambre.

La capture K, qui se manifeste au Wilson par des photoélectrons dus aux rayons X caractéristiques, n'a pu être observée, parce que l'air de la chambre absorbait trop peu les photons de 22 keV de l'argent.

L'énergie disponible pour la transition $^{109}$Cd $\rightarrow$ $^{109}$Ag serait juste insuffisante pour permettre l'émission de positons ([5]), ([7]). Pour un total de 853 électrons

---

([3]) Bertein, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 766-767.

(*) Séance du 5 février 1951.

([1]) J. R. Gum et M. L. Pool, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 315-317.

([2]) H. Bradt, P. C. Gugelot, O. Huber, H. Medicus, P. Preiswerk et P. Scherrer, *Helvetica Physica Acta*, 20, 1947, p. 153-165.

([3]) A. C. Helmholz, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 160.

([4]) A. C. Helmholz, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 982.

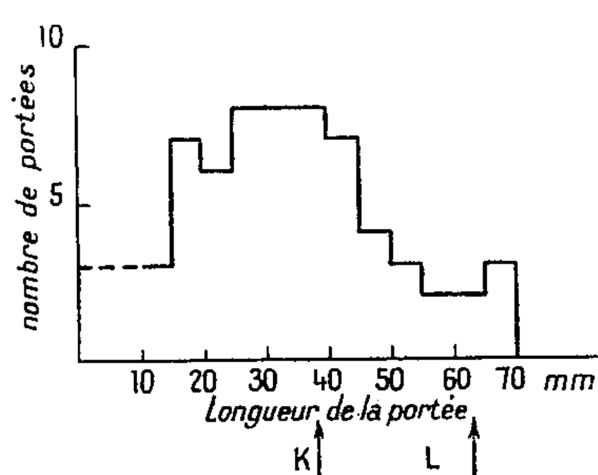
([5]) R. S. Krishnan, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 36, 1940, p. 500.

([6]) *J. Phys. Rad.*, 5, 1934, p. 216-218.

([7]) H. Bradt, P. C. Gugelot, O. Huber, H. Medicus, P. Preiswerk et P. Scherrer, *Helvetica Physica Acta*, 18, 1945, p. 351-368.

provenant de la source, nous n'avons observé qu'une trajectoire présentant la courbure d'une particule positive, mais il s'agit peut-être d'un électron Compton venant en sens inverse.

Nous avons observé une douzaine d'électrons plus énergiques, provenant surtout des parois de la chambre, qui doivent être des électrons Compton correspondant à un rayonnement gamma d'environ 800 keV. Helmholz ([3]) signale un tel rayonnement pour $^{109}$Cd, tandis que Bradt et al. ([2]) ne l'ont pas observé.




En mesurant les portées des trajectoires au stéréocomparateur de Pülfrich et en appliquant la méthode portée-parcours ([8]), nous avons essayé de séparer les raies des électrons de conversion K et L émis par $^{109}$Ag*. La figure donne une statistique portant sur 61 portées de trajectoires (valeurs ramenées aux conditions normales), et suggère deux raies d'énergies d'environ 59 et 87 keV. Les deux flèches indiquent les portées moyennes (39 et 63$^{mm}$) qui correspondraient aux énergies des électrons de conversion K et L (63,5 et 85,2 keV), telles qu'elles ont été mesurées par Bradt et al. ([2]). Une statistique plus complète permettrait de préciser ces deux raies, mais la méthode de mesure portée-parcours au stéréocomparateur est plus laborieuse et moins précise que d'autres méthodes actuelles.

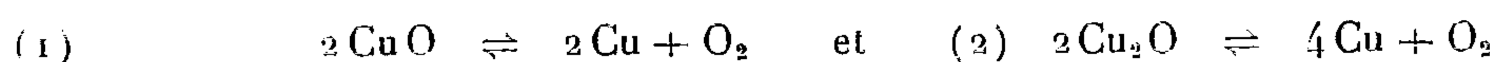
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés thermodynamiques standard des oxydes de cuivre.* Note de MM. **Pierre Chiche** et **Maurice Dode**, presentée par M. Frédéric Joliot.

Les chaleurs de formation des oxydes de cuivre sont très difficiles à atteindre, aussi bien par voie calorimétrique que par l'intermédiaire des réactions équilibrées où interviennent ces oxydes. En effet, d'une part le cuivre ne brûle pas dans l'oxygène, d'autre part la tension de dissociation du $Cu_2O$ n'atteint 1 mm Hg qu'à 1200° C, température à laquelle il fond et où l'équi-

([8]) T. S. Tsiang, C. Marty et B. Dreyfus, *J. Phys. Rad.*, 8, 1947, p. 269-275.

libre devient bivariant. Aussi ne faut-il pas être trop surpris de l'étalement des valeurs déjà proposées : de 33 000 à 38 500 calories pour le $CuO$ et de 38 400 à 43 000 pour le $Cu_2O$. Par ailleurs, l'entropie standard du $Cu_2O$ comporte encore une imprécision de $\pm$ 1,5 cal/mol.

Nous avons essayé d'atteindre ces grandeurs par l'étude directe de la dissociation des oxydes de cuivre en se plaçant dans des conditions telles que les deux réactions



$$(1)\qquad 2CuO \rightleftharpoons 2Cu + O_2 \qquad \text{et} \qquad (2)\quad 2Cu_2O \rightleftharpoons 4Cu + O_2$$

soient toutes deux possibles et fournissent des pressions d'équilibre relativement importantes. Il suffisait pour cela de provoquer une diminution du potentiel chimique du cuivre, ce qui pouvait se faire par dissolution de celui-ci dans un constituant inerte, tel que l'or, avec lequel le cuivre forme une solution solide continue.

Si l'on désigne alors par $a$ l'activité du cuivre dans l'alliage, les deux équilibres précédant seront régis par les relations :

$$(3)\qquad K_1 = P_1 a^2$$

et

$$(4)\qquad K_2 = P_2 a^4,$$

en sorte que pour $a$ petit, la pression d'équilibre $p_1$ pourra être supérieure à la tension de dissociation du $CuO$ en $Cu_2O$; alors, ce sera l'oxyde $CuO$ qui sera stable en présence de cuivre. L'activité du cuivre dans l'alliage augmentant, il arrivera un moment où l'on aura simultanément les deux oxydes et l'alliage, la pression étant alors la pression d'équilibre $CuO$, $Cu_2O$; au delà, l'oxyde stable sera le $Cu_2O$ et la pression évoluera suivant la relation (4).

Une fois connues les activités en fonction de la composition, ce qui peut s'atteindre par des mesures potentiométriques sur les piles (Cuivre, $CuCl$ fondu, alliage), la mesure des pressions d'équilibres en fonction de la composition fournira les constantes $K_1$ et $K_2$ des réactions d'oxydation du cuivre.

L'étude de la dissociation a été effectuée en partant d'un mélange intime de $CuO$ soigneusement grillé et d'or pulvérulent obtenu par précipitation. Ce mélange était débarrassé de toute trace d'eau par un chauffage de quelques jours à 400°, sous le vide d'une pompe à diffusion; on introduisait ensuite de l'oxygène sous la pression atmosphérique, afin de réoxyder le cuivre qui aurait pu s'être formé lors du chauffage sous vide. On extrayait alors l'oxygène par petites fractions, en suivant avec soin l'évolution ultérieure de la pression. Tant que du $CuO$ n'a pas été dissocié, cette pression ne varie pas du tout; elle augmente au contraire dès que la dissociation a commencé; on arrive ainsi à fixer de façon précise la pression de début de dissociation et ceci permet de calculer ensuite la composition de l'alliage Cu, Au formé simplement d'après le volume d'oxygène dégagé. Il faut naturellement tenir compte non seulement

de l'oxygène recueilli mais aussi de celui présent dans l'appareil. Les pressions étaient mesurées soit avec un manomètre à mercure, soit avec une jauge de Mac-Leod; la température de l'ampoule contenant le mélange CuO, Au était maintenue constante au demi-degré près par un régulateur à dilatation. Enfin, afin d'éliminer toute erreur pouvant provenir de la porosité du quartz, l'ampoule était entourée d'une gaine dans laquelle on faisait régner une pression d'oxygène égale à celle de l'oxygène dans l'ampoule.

L'expérience a pleinement vérifié les considérations théoriques et nous indiquons à titre d'exemple quelques-unes des pressions observées, en fonction du titre en cuivre N de l'alliage, pour la température de 870° C :

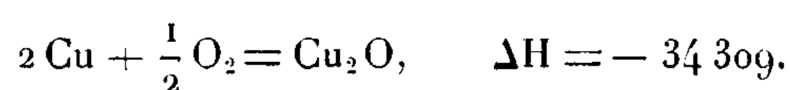
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N.......... | 0,028 | 0,052 | 0,108 | 0,164 | | 0,177 | 0,221 | 0,264 | 0,281 |
| *a*.......... | 0,013 | 0,027 | 0,075 | 0,120 | | 0,130 | 0,170 | 0,213 | 0,227 |
| *p*.(mm Hg) . | 518 | 120,5 | 15,9 | 6,3 | | 3,76 | 1,34 | 0,56 | 0,45 |
| $K_1 . 10^2$..... | 8,76 | 8,78 | 8,96 | 9,06 | $K_2 . 10^3$. | 1.07 | 1,12 | 1,16 | 1,20 |

Ces recherches nous ont conduits aux valeurs suivantes des constantes $K_1$ et $K_2$ aux différentes températures :

| T° C......... | 738. | 785. | 830. | 870. | 883. |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_1 . 10^3$......... | 1,31 | 7,61 | 28,1 | 89,3 | 130 |
| $K_2 . 10^5$......... | 0,98 | 6,85 | 30,5 | 114 | 189 |

Compte tenu des chaleurs spécifiques des constituants ([1]), on en déduit les valeurs suivantes pour les chaleurs de formation standard des oxydes de cuivre :

$$Cu + \frac{1}{2} O_2 = CuO, \qquad \Delta H = -34\,271;$$



$$2\,Cu + \frac{1}{2} O_2 = Cu_2O, \qquad \Delta H = -34\,309.$$

Ces deux valeurs sont nettement inférieures à celles qui sont actuellement admises (CuO 37100 et $Cu_2O$ 39840). Mais il est remarquable qu'elles fournissent pour la chaleur de dissociation du CuO en $Cu_2O$ une valeur extrêmement voisine (68 466) de la valeur expérimentale déduite de l'étude particulièrement soignée faite par Roberts et Smyth ([2]) de l'équilibre en question (68 720). Il en est certes de même avec les valeurs du Bureau of Standard, mais l'origine de la chaleur de formation du $Cu_2O$ n'y est pas indiquée, et il semble bien qu'elle a précisément été choisie pour être conforme aux mesures de Roberts et Smyth. Les valeurs que nous proposons en sont au contraire absolument indépendantes.

---

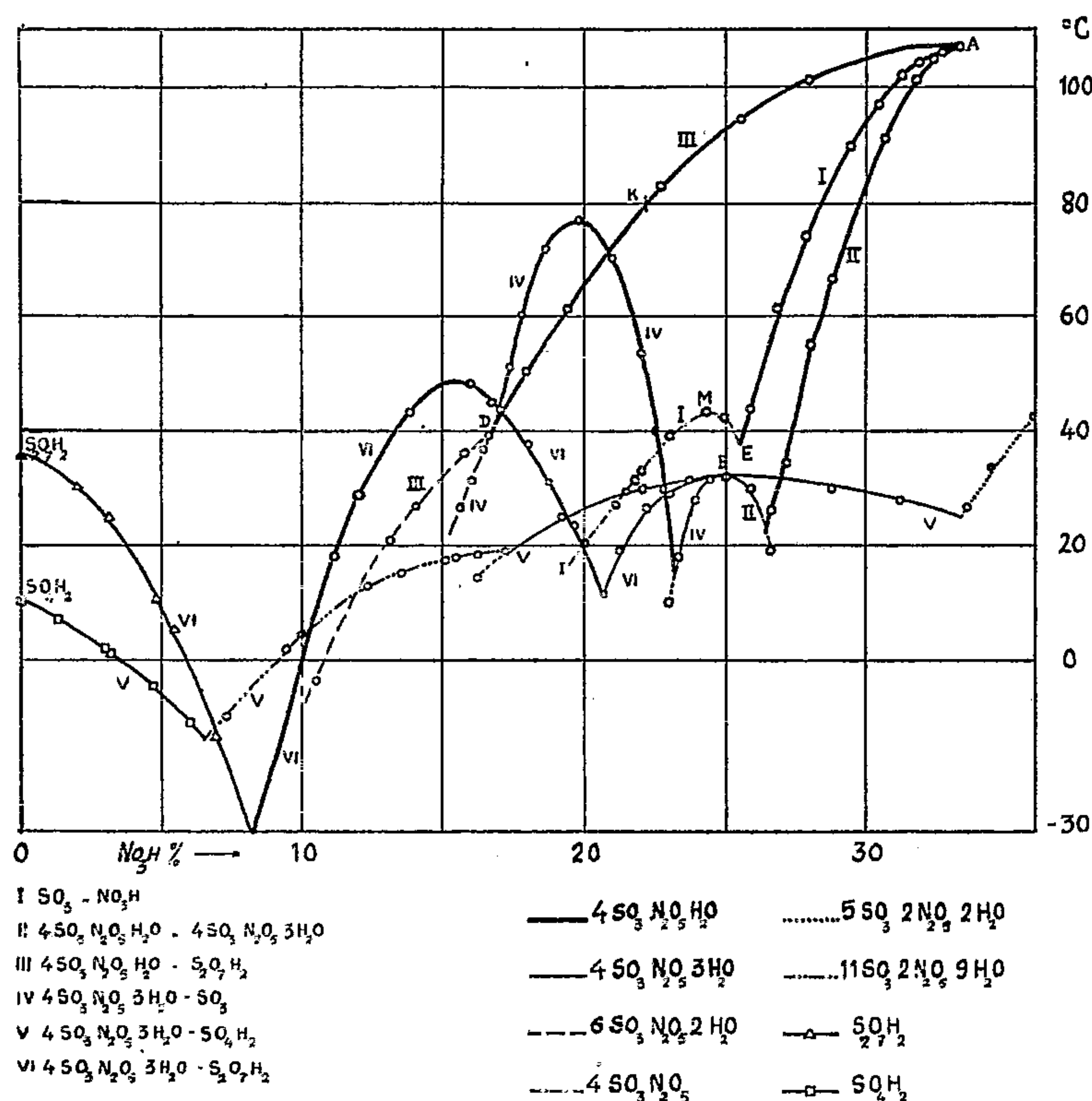
([1]) K. K. KELLEY, *Bureau of Mines Bull.*, 1937, p. 406.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 1061.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques complexes des anhydrides sulfurique et azotique.* Note de M. **Roger Pascard**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit un procédé de préparation de mélanges sulfonitriques de composition exactement connue, ainsi que la méthode utilisée pour en déterminer la température de fusion. Nous pouvons maintenant donner une vue d'ensemble du diagramme ternaire $SO_3 - NO_3H - H_2O$ dans la région riche en $SO_3$.

L'étude de ce système a été ramenée à celle d'un certain nombre de mélanges binaires convenablement choisis et, sur la figure, on a porté leurs températures de fusion en fonction du pourcentage moléculaire en $NO_3H$.




On met ainsi immédiatement en évidence deux composés définis, correspondant aux deux seuls maxima absolus de la figure ($SO_4H_2 - SO_3 - S_2O_7H_2$ exceptés)

(A) $4SO_3N_2O_5H_2O$ fondant à 107°,

et

(B) $4SO_3N_2O_53H_2O$ fondant à 32°.

---

([1]) M. Dode et R. Pascard, *Compte rendus*, 229, 1949, p. 1144.

Malheureusement, lorsque la combinaison qui se dépose subit une fusion péritectique, ou lorsqu'elle se situe en dehors du système binaire étudié, sa formule ne peut plus se déduire du simple examen du diagramme. Il faut alors isoler les cristaux de leur liqueur mère, qui est en général très visqueuse, puis procéder à leur analyse.

Nous avons réussi à obtenir des cristaux parfaitement secs en soumettant le mélange pâteux à la centrifugation dans un petit tube séparé en deux compartiments par une pastille de verre fritté, celle-ci étant simplement maintenue par un second tube plus court qui coulisse à l'intérieur du premier. La centrifugation terminée, on laisse s'écouler le liquide et, à l'aide d'un poussoir, on extrait la « carotte » de solide. La rapidité du procédé permet l'extraction de composés dissociables à la température ordinaire. Nous avons eu recours à cette méthode dans deux cas :

*a*. Les diagrammes $4SO_3N_2O_5H_2O—S_2O_7H_2$ et $4SO_3N_2O_53H_2O—SO_3$ présentent chacun un point de transition, très voisin du point d'intersection D des deux courbes III et IV et, vu l'échelle réduite, ces trois points se trouvent confondus en un seul D(F 40°, $SO_3$, 74,30; $NO_3H$, 16,70; $H_2O$, 16,64). Il est alors évident que sur les portions en tirets des courbes III et IV on est en présence de la même phase solide. La composition de celle-ci, déterminée par la méthode habituelle (nitromètre, $SO_4Ba$, acidité totale), qui est assez peu précise, conduit à la formule $6SO_3N_2O_52H_2O$ (trouvé : $SO_3$, 76,3; $N_2O_5$, 17,7; acidité en grammes de soude pour 100$^g$ de produit, 89,4; théorie : 76,9; 17,3; 89,7).

Cette composition fait partie du système binaire correspondant à la courbe III. Chauffés, ces cristaux subiront la transformation péritectique et le point de fusion du mélange obtenu devra se trouver sur cette courbe III, en K (80°). Or, les cristaux centrifugés, agités en tubes scellés fondent à 78°,75, ce qui correspond à la formule $6,04SO_3N_2O_5 2,02H_2O$. Il est probable que ce léger écart peut être attribué à quelque impureté et que les cristaux répondent bien à la formule $6SO_3N_2O_52H_2O$. Tous les essais effectués pour tenter d'atteindre leur température de fusion propre (métastable) ont échoué; la transformation péritectique se produit immanquablement à 40°.

*b*. Aux fortes teneurs en $SO_3$, le système $SO_3—NO_3H$ présente une nouvelle phase solide séparée du $4SO_3N_2O_5H_2O$ par un eutectique E($SO_3$, 74,30; $NO_3H$, 25,70; F 38°,5). Au point maximum M du liquidus correspondant (F 43°,5; $SO_3$, 75,0), la masse des cristaux présents dans le liquide est faible et il ne saurait s'agir d'un maximum absolu. L'analyse des cristaux semble indiquer la formule $4SO_3N_2O_5$ (trouvé : $SO_3$, 74,24; $N_2O_5$, 24,65; acidité, 92,5; théorie : 74,76; 25,23; 93,45). L'écart est assez important, mais d'une part la liqueur mère est extraordinairement visqueuse, d'autre part les cristaux en question réagissent plus violemment sur l'eau que tous les autres complexes sulfonotriques et il est possible que l'on ait eu des

pertes en anhydride au cours de la dissolution dans l'eau. Il nous paraît donc raisonnable d'admettre que l'on est bien en présence du composé anhydre de formule $4SO_3N_2O_5$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur les piles à dépolarisation par l'air. Interprétation de la polarisation dynamique.* Note (*) de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Armand Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La présente Note a pour but de montrer que l'assimilation du positif à un condensateur de capacité électrostatique C qui permet d'interpréter le phénomène de polarisation statique ([1]) permet également de rendre compte de la forme des courbes de polarisation dynamique ([2]) moyennant l'introduction d'une hypothèse supplémentaire.

La masse dépolarisante étant constituée par une infinité de grains de charbons juxtaposés, nous admettrons :

1° que chacun se comporte comme l'armature d'un condensateur élémentaire;

2° qu'il existe entre un grain et les grains voisins des résistances de contact devant lesquelles la résistance de l'électrolyte peut être considérée comme négligeable.

Si l'on suppose de plus que le milieu constituant le positif est homogène, celui-ci est alors défini par une capacité électrostatique spécifique (par unité de volume) $\Gamma$ et par une résistivité électrique $\rho$.

En écrivant que, pour un tel milieu, les charges électriques qui sortent d'un volume élémentaire, pendant le temps *dt*, proviennent de la décharge des condensateurs à l'intérieur de ce volume, on trouve que le potentiel électrique V doit satisfaire à l'équation générale

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}=\rho\Gamma\frac{\partial V}{\partial t}$$

qui est de la même forme que celle qui régit la propagation de la chaleur dans un solide homogène et isotrope.

La solution de cette équation dépend de la géométrie du système et des conditions aux limites pour $t=0$ et $t=\infty$. Dans le cas où l'on fait débiter, sur une résistance extérieure R, une pile plate ou une pile cylindrique de F. E. M. initiale $E_0$, le calcul montre que la tension aux bornes $V_t$, est donnée,

(*) Séance du 29 janvier 1951.

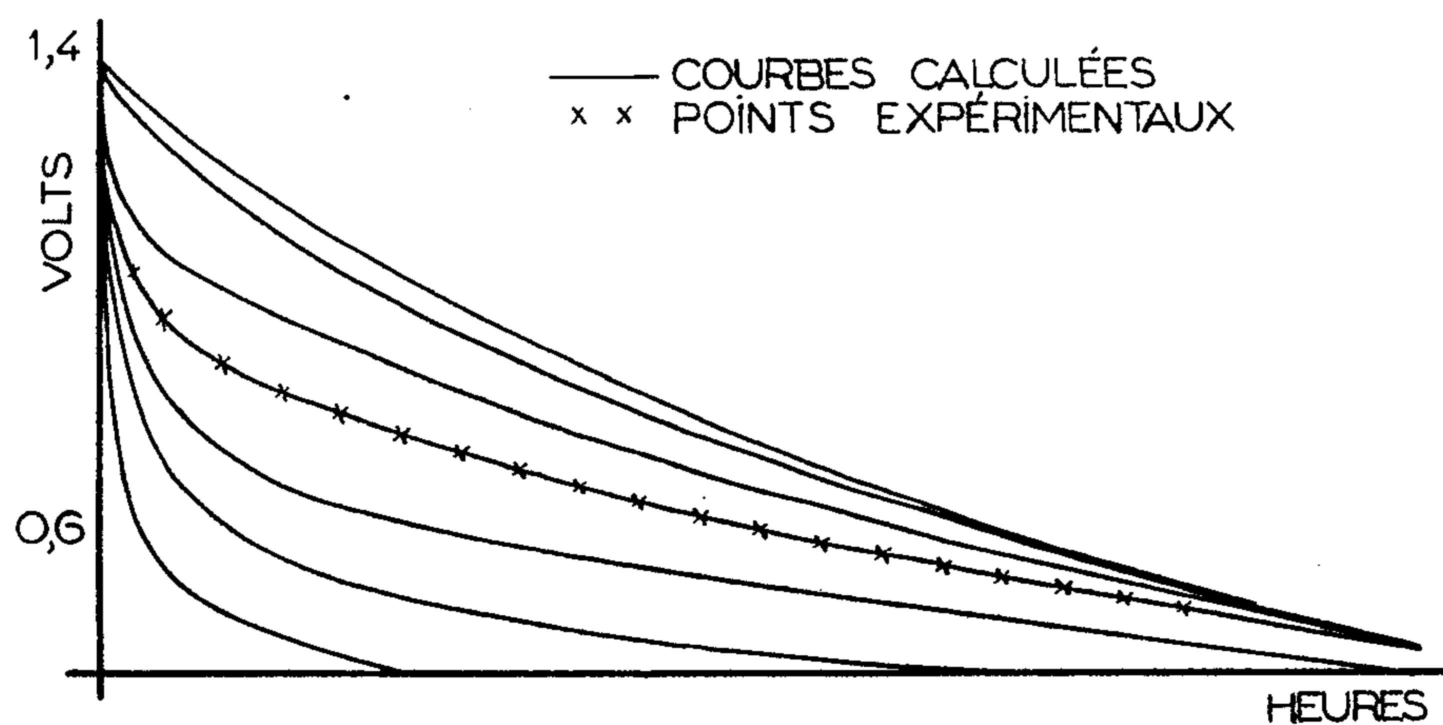
(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 511.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 511.

en fonction du temps, par une expression de la forme

$$V_b = E_0 \sum_{k=0}^{k=\infty} A_k e^{-\frac{l_k^2 t}{X^2 \rho \Gamma}},$$

où X est l'épaisseur de la masse dépolarisante, $A_k$ et $l_k$ des constantes dont les valeurs dépendent de $\rho$, de $\Gamma$, de R et de la géométrie du système. Connaissant l'expression des $A_k$ et des $l_k$, on peut tracer des réseaux de courbes qui donnent, pour un type de pile et pour une résistance extérieure R donnés, la variation théorique de la tension aux bornes $V_b$, en fonction du temps, pour chaque couple de valeurs de $\rho$ et de $\Gamma$. De tels réseaux ont été établis pour un certain nombre de types usuels de piles. La figure représente l'un de ceux-ci.




La comparaison des courbes obtenues montre que chacune est caractéristique d'une valeur de $\rho$ et d'une valeur de $\Gamma$ déterminées, donc de la capacité C du positif pour le type de pile considéré. En confrontant alors les courbes expérimentales avec les courbes théoriques des réseaux, on constate que :

1° elles sont semblables, la superposition pouvant être, dans certains cas, presque parfaite (*cf.* points expérimentaux coïncidant avec l'une des courbes théoriques);

2° la valeur de la capacité C que l'on en déduit pour le positif est voisine de celle qui résulte de la pente de la première portion rectiligne de la courbe de polarisation statique, l'écart ne dépassant pas, en général, $\pm 5\%$.

En définitive, tout se passe, lors de la polarisation d'une pile du type Leclanché, au chlorure d'ammonium, dans une atmosphère privée d'oxygène, comme si le positif était réellement constitué par une infinité de condensateurs élémentaires, reliés entre eux par des résistances de contact non négligeables et le schéma proposé fournit une interprétation simple du phénomène physique de « réarrangement » des charges électriques dans le positif de la pile.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formule de constitution des monoacides organiques normaux.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Si l'on calcule le volume molaire d'un composé organique, non en attribuant, comme l'a fait Kopp, un invariant à chaque atome, mais en considérant la molécule comme le résultat de l'addition d'atomes ($\underline{H}$ terminaux, Cl, Br, etc.), de groupements d'atomes ($CH_2$, CO, etc.) et de molécules entières ($H_2O$ dans les alcools et les acides, $AsH_3$ dans les arsines, CNH dans les nitriles, etc.) et dont le coefficient de dilatation est très sensiblement égal à celui que ces atomes et ces molécules ont à l'état libre, on trouve des valeurs souvent égales, à 1/1000 près, aux valeurs expérimentales ([1]).

Cette même loi d'additivité doit permettre d'obtenir le volume molaire des aldéhydes, cétones, acides et halogénures d'acides si l'on donne, aux groupements ($CH_2$) et (OH), les valeurs choisies pour les composés organiques déjà étudiés ([1]) et au volume du groupement CO, sa valeur tirée de l'étude de l'une de ces quatre familles de corps. Il semble tout naturel de choisir les cétones $\underline{H}-(CH_2)_n-CO-(CH_2)_{n'}-\underline{H}$ où le groupement carbonyle ne voisine qu'avec des groupements $CH_2$ dont le volume d'encombrement est bien défini.

Si l'on représente par V le volume molaire d'une cétone, par $v_{co}$ le volume d'encombrement du groupement carbonyle, on a

$$v_{co} = V - [(n + n')v_{CH_2} + 2v_H],$$

L'étude des cétones de $C_5$ à $C_{10}$ montre que $v_{co}$ est égal à $8^{cm^3},5$ à 0°C et à $8^{cm^3},0$ à 30°C ([2]).

Si, à partir de cette valeur, on calcule le volume molaire des aldéhydes $\underline{H}-(CH_2)_n-\overset{\overset{\displaystyle O}{|}}{C}-\underline{H}$ avec $V = 2v_H + nv_{CH_2} + v_{co}$, on obtient des valeurs égales, à quelques millièmes près, aux valeurs expérimentales. On peut donc conclure à l'identité physique des groupes carbonyle des cétones et des aldéhydes.

Mais en appliquant la même méthode au calcul du volume molaire des monoacides on trouve, en attribuant à un acide en $C_n$ la formule généralement

(*) Séance du 5 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1487.

([2]) Le coefficient de dilatation négatif du groupe CO ne doit pas surprendre outre mesure puisque, dans d'autres combinaisons, l'oxygène peut faire apparaître cette anomalie, ne serait-ce que dans l'eau.

admise : $\underline{H}-(CH_2)_{n-1}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$, une différence de 7 à $8^{cm^3}$ entre les valeurs calculées et observées.

De même si l'on calcule le volume molaire des halogénures d'acides en $C_n$ à partir de la formule $\underline{H}-(CH_2)_{n-1}-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-X$, on observe des différences de même ordre.

Il semble donc que, dans les acides, le groupement CO ne soit pas, du moins au point de vue arrangement spatial, identique au groupement carbonyle des aldéhydes et des cétones. Or, d'une part, comme l'a montré Pascal dans l'étude de la susceptibilité magnétique des aldéhydes et des acides, il y a incompatibilité entre les nombres qui expriment la valeur des termes correctifs $\lambda(CO)$ acides et cétoniques; d'autre part, la diffraction des rayons X révèle une symétrie entre les deux atomes d'oxygène des acides. Il semble donc qu'on puisse faire deux hypothèses :

ou l'un des atomes d'oxygène est ponté sur les deux atomes de carbone terminaux $-\underset{H}{\underset{|}{C}}\overset{\ulcorner O \urcorner}{\text{——}}\underset{H}{\underset{|}{C}}-OH$ et le volume d'encombrement du groupement $\left(-\underset{H}{\underset{|}{C}}\overset{\ulcorner O \urcorner}{\text{——}}\underset{H}{\underset{|}{C}}-\right)$ est égal à celui de deux groupements $CH_2\left(-\overset{H}{\overset{|}{\underset{H}{\underset{|}{C}}}}-\overset{H}{\overset{|}{\underset{H}{\underset{|}{C}}}}-\right)$.

(Le tableau montre que les résultats obtenus sont satisfaisants.)

| Corps. | $t$°C. | | $v$ observé. | ΔV. | V calculé. | ΔV. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_4H_8O_2$ ....... | 0 | – | 90,0 | 2,6 | 90,3 | 2,6 |
| | 30 | – | 92,6 | | 92,9 | |
| $C_8H_{16}O_2$ ....... | 0 | – | 155,7 | 2,7 | 155,5 | 2,6 |
| | 30 | – | 158,4 | | 158,1 | |
| $C_3H_7COBr$.... | 16 | $v_{Br}$. 24,8 | 106,6 | – | 106,7 | – |
| $C_8H_{17}COCl$.... | 0 | $v_{Cl}$. 21,5 | 184,0 | – | 183,5 | – |

ou bien, deux modes de distribution électronique sont possibles entre O et C, et les deux formes mésomériques peuvent être représentées par $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ (carbonyle cétonique; $v_0 = 8^{cm^3},5$) et par $-\left(\underset{|}{\overset{|}{O}}\right)-$ (carbonyle acide; $v_0 = 16^{cm^3},3$).

CATALYSE. — *Application des hydroborures alcalins à la préparation de catalyseurs d'hydrogénation.* Note (*) de MM. **Raymond Paul**, **Paul Buisson** et Mlle **Nicole Joseph**, transmise par M. Marcel Delépine.

Au cours de ses beaux travaux sur les hydrures de bore, Schlesinger a observé que si les hydroborures alcalins réduisaient à l'état métallique un certain nombre de sels (Ag, Hg, Bi, Sb, etc.), ils donnaient seulement avec les sels de nickel ou de cobalt, les borures correspondants [1].

Métaux et borures peuvent être obtenus ainsi sous une forme très divisée : nous nous sommes proposé de rechercher s'ils pouvaient agir comme catalyseurs dans les réactions d'hydrogénation, et de comparer leur activité éventuelle à celle d'un nickel Raney courant, suivant la technique déjà décrite par l'un de nous [2].

Nickel. — Dans $121^{cm^3}$ d'une solution aqueuse à 5 % de chlorure de nickel hexahydraté (correspondant à $1^g,5$ de Ni), on introduit, en agitant, $27^{cm^3}$ d'une solution à 10 % d'hydroborure de sodium $BH_4Na$. De l'hydrogène se dégage, et le précipité noir qui se forme est filtré, lavé à fond, puis conservé sous l'alcool absolu.

Que l'on remplace le chlorure de nickel par le sulfate, ou bien l'eau par le méthanol, les produits obtenus ont sensiblement la même composition. Leur teneur en bore (7,7 %) est un peu inférieure à celle qui correspond au borure pur $BNi_2$ (8,5 %). Ils se différencient du nickel Raney en ce qu'ils ne sont ni pyrophoriques, ni ferromagnétiques, et aussi par une vitesse d'attaque bien plus faible par l'acide chlorhydrique, ou le tri-iodure de potassium.

Nous avons constaté que de tels produits étaient de bons catalyseurs d'hydrogénation, leur activité étant cependant un peu plus faible que celle du nickel Raney. Mais si l'on remplace dans la préparation précédente le chlorure, ou le sulfate de nickel par l'*acétate*, on obtient un catalyseur sensiblement équivalent au nickel Raney, comme le montre le diagramme I.

Cobalt. — En opérant comme dans le cas du nickel, on obtient un précipité noir, magnétique, dont la teneur en bore (7,9 %) se rapproche de celle du borure de cobalt $BCo_2$ (8,5 %). Nettement moins actif que le catalyseur précédent, il permet cependant l'hydrogénation d'une solution de $16^g$ de safrol dans $80^{cm^3}$ d'éthanol, en 17 minutes sous $50^{atm}$ et à 60°.

Cuivre. — La faible teneur en bore (0,9 %) du précipité obtenu nous fait penser qu'il s'agit du métal, ou d'un hydrure. Sous $50^{atm}$ et à 90°, il nous a permis d'hydrogéner $16^g$ de safrol (+ $80^{cm^3}$ d'éthanol), en 30 minutes.

(*) Séance du 29 janvier 1951.

[1] Schlesinger, *U. S. P.*, 2.461.661, 1949.

[2] R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 13, 1946, p. 208.

CATALYSEURS COMPLEXES. — On sait combien l'activité d'un catalyseur peut être augmentée par addition de petites quantités de substances, possédant ou non une activité catalytique propre, et qui jouent alors le rôle de *promoteurs* (*activeurs*).

La technique que nous venons de décrire, déjà fort avantageuse en raison de la simplicité et de la rapidité de son exécution, est alors particulièrement intéressante pour la préparation de tels catalyseurs complexes.

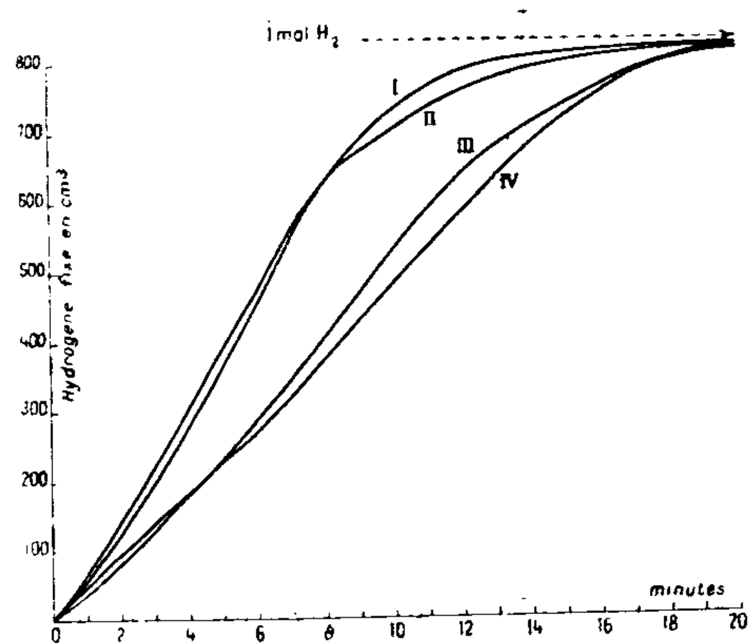


Diagramme 1.

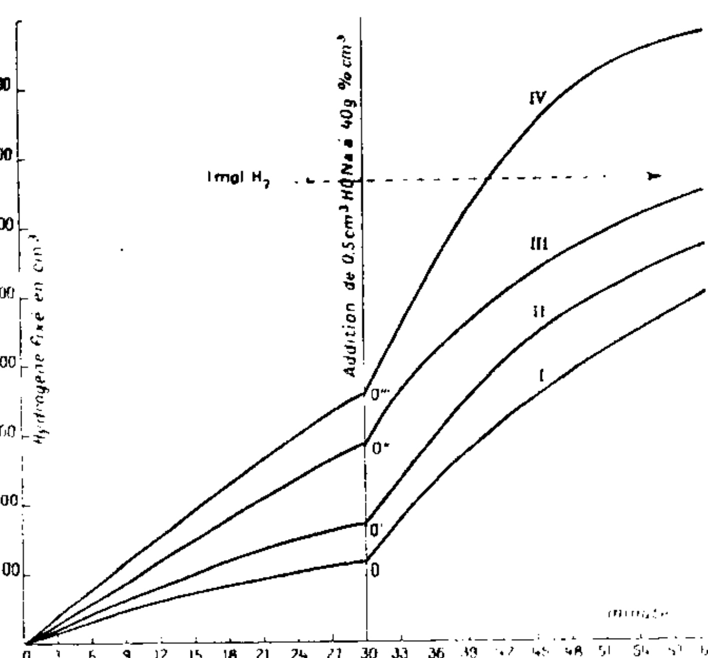


Diagramme 2.

Diagramme 1. — I, nickel Raney. Catalyseurs préparés à partir de : II, acétate de nickel; III, sulfate de nickel; IV, chlorure de nickel.
$20^{cm^3}$ solution à 30 % de safrol dans l'acétate d'éthyle; $20^{cm^3}$ ethanol; $1^g,5$ catalyseur.
(P = $760^{mm}$ Hg — T = 18°).

Diagramme 2. — I, nickel Raney; II, nickel à 2 % tungstène; III, nickel à 2 % molybdène; IV, nickel à 2 % chrome,
$20^{cm^3}$ solution de furfural à 14,4 % dans l'acétate d'étyle; $20^{cm^3}$ éthanol; $1^g,5$ catalyseur.
(P = $760^{mm}$ Hg — T = 190°).

*a*. *Nickel-chrome*. — Le catalyseur est obtenu comme il a été indiqué plus haut, mais cette fois à partir d'un mélange de $119^{cm^3}$ de solution à 5 % de $Cl_2Ni.6H_2O$ avec $2^{cm^3},5$ d'une solution de sulfate chromique à 1,2 % de chrome. Le précipité contient 5,3 % de bore et 2 % de chrome.

*b*. *Nickel-molybdène et nickel-tungstène*. — On les prépare de la même façon, mais en ajoutant à la solution du sel de nickel, du molybdate et du tungstate de sodium en quantité calculée pour que les rapports (en poids) Mo/Ni ou W/Ni soient de l'ordre de 0,02 environ.

Le diagramme II montre que *tous ces catalyseurs sont nettement plus actifs que le nickel Raney* pour l'hydrogénation du furfural; une addition d'hydroxyde de sodium, dont M. Delépine et A. Horeau [3] ont montré l'heureuse influence dans le cas du nickel Raney, exalte encore cette activité.

---

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 31.

*c. Cobalt-chrome et cobalt-tungstène.* — Ces deux catalyseurs complexes sont nettement plus actifs que le cobalt seul. Avec un produit à 2 % de Cr (ou de W), une solution de $16^g$ de safrol dans $80^{cm^3}$ d'éthanol a été hydrogénée en 17 minutes, sous $50^{atm}$, mais cette fois *à la température ordinaire* (*cf.* plus haut).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Influence d'ions étrangers sur le dosage colorimétrique du calcium à l'aide de la murexide.* Note de M[lle] **Hélène Ostertag** et M. **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

La présence d'ions alcalins et alcalino-terreux diminue la sensibilité de la réaction colorimétrique du calcium avec la murexide. Pour chaque ion il existe une concentration que nous appelons « *indifférente* » au-delà de laquelle il n'influe plus sur le dosage. Dans le cas d'un mélange il suffit qu'un des ions, de préférence $Na^+$ ou $Mg^{++}$, soit présent à la concentration indifférente pour que la perturbation apportée par les autres soit négligeable.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que le changement de teinte présenté par une solution de murexide après addition de faibles quantités de calcium permet le dosage colorimétrique de cet élément.

Des quantités croissantes de magnésium diminuent la sensibilité de la réaction colorée, mais au delà d'une certaine concentration des ions $Mg^{++}$, une nouvelle addition de magnésium reste sans effet. Le dosage du calcium devient ainsi possible en présence de quantités quelconques de magnésium.

En opérant de la façon indiquée précédemment, nous avons étudié l'influence des cations alcalins et alcalino-terreux sur le dosage. Nous avons constaté que leur comportement est analogue à celui présenté par le magnésium. Tous ces ions diminuent, à des titres différents, la sensibilité de la réaction colorée du calcium, mais dans tous les cas cette sensibilité reste suffisante pour permettre une détermination du calcium avec une excellente précision.

Nous allons passer en revue l'influence des différents cations étudiés.

*Alcalins.* — *Lithium et sodium.* — Leur influence est identique, elle devient inopérante lorsque leur concentration dans la solution à doser (colorant compris) est supérieure à 0,35 at.g/l, la sensibilité au calcium étant réduite de moitié.

*Potassium.* — Son action est plus importante, car sa concentration indifférente est de 1,4 at. g/l, accompagnée d'une diminution de sensibilité de 2/3.

*Ammonium.* — Les ions $NH_4^+$ sont plus gênants puisque leur concentration doit dépasser 4 at. g/l pour ne plus intervenir sur la réaction colorée, la sensibilité restant égale à celle observée avec le potassium. Il semble recommandable de les éliminer.

*Alcalino-terreux.* — *Magnésium.* — Rappelons que sa concentration indiffé-

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1304.

rente est de 0,6 at. g/l (ce qui en présence de $5^{mg}$ de calcium correspond à un rapport pondéral Mg/Ca = 40).

*Strontium.* — Tout comme le calcium, des quantités très faibles de strontium donnent un changement de teinte important avec la murexide, ce qui rend difficile le dosage de l'un à côté de l'autre. Par contre le dosage du strontium à l'aide du même réactif présente un intérêt certain, il fera l'objet d'une publication ultérieure.

*Baryum.* — Son influence ne se fait plus sentir pour des concentrations supérieures à 0,06 at. g/l, mais il réduit la sensibilité du dosage de calcium au sixième de sa valeur initiale.

*Aluminium et ions colorés.* — Les sels d'aluminium très hydrolysés, donc acides, décolorent rapidement la murexide. Al doit être préalablement éliminé, ainsi que les métaux donnant des ions colorés.

*Cas des mélanges.* — Nous avons vérifié que lorsqu'un des sels perturbateurs existe dans la solution à doser à la concentration indifférente l'addition d'un autre sel n'a plus d'effet.

C'est ainsi que la teinte d'une solution renfermant en $13^{cm^3}$ $5^{mg}$ de Ca et $200^{mg}$ de Mg, n'est plus modifiée par l'addition de $35^{mg}$ de potassium alors qu'en absence de Mg la même quantité de K aurait produit une diminution de sensibilité de l'ordre de 20 %

*Mode opératoire.* — Voici le mode opératoire déduit de cette étude qui a porté sur plus de 400 essais.

La solution à doser ne renfermant que des sels alcalins et alcalino-terreux, de préférence sous forme de nitrates, est ajustée au pH6. Lorsqu'elle est faiblement saline, on ajoute du nitrate de sodium ou de magnésium en quantité suffisante pour atteindre la concentration indifférente indiquée plus haut. $3^{cm^3}$ de la liqueur sont mélangés avec $10^{cm^3}$ d'une solution saturée de murexide dans l'eau distillée bouillie. On la compare au colorimètre, soit à une solution saline de même concentration mais exempte de calcium, soit à la solution du colorant pur. Dans le cas où la solution inconnue renferme des quantités notables de sels, on s'assure par un essai préliminaire que la concentration indifférente est atteinte.

MÉTALLURGIE. — *Sur l'hétérogénéité de la solution solide or-argent-cuivre dans un objet antique.* Note de M^me **Adrienne R. Weill**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Un objet égyptien antique en électrum a été analysé par deux méthodes non destructives : diffraction de rayons X en retour et mesure de densité. On a déterminé sa composition, constaté que l'alliage n'avait pas évolué et retrouvé des indications sur le façonnage.

L'application de méthodes physiques non destructives à l'analyse d'objets

archéologiques en électrum ([1]) permet d'obtenir d'une part des éléments d'information sur certains problèmes de métallurgie à l'ordre du jour, d'autre part des renseignements intéressants la composition et le mode de fabrication de l'objet.

Une étude préliminaire ([2]) nous avait amenée à poser certains de ces problèmes qui se sont éclaircis par de nouveaux examens systématiques.

La solution solide dans le système or-argent-cuivre présente une gamme de compositions voisines, de structure cristallographique cubique à faces centrées. L'hétérogénéité est très accentuée dans les alliages riches en or (plus de 70 % en poids). Ceux-ci sont pratiquement impossibles à homogénéiser dans le cas où la teneur en argent est de l'ordre de 20 %. D'après l'étude de Masing et Kloiber ([3]), l'évolution de ces alliages est d'une extrême lenteur aux températures élevées, et plus encore au-dessous de 400°C. On ne connaît donc pas exactement la limite de solubilité du diagramme ternaire à l'équilibre.

Les caractéristiques observées sur des échantillons préparés spécialement et analysés aux rayons X sous forme de bâtonnets déformés avant revenu ([3]) ont été retrouvées lors de l'examen en rayons X (méthode de retour) d'un bijou égyptien en électrum appartenant au Musée du Louvre et datant du Nouvel Empire.

Les diagrammes de rayons X en retour (réflexions 511-333 avec la radiation du cuivre, réflexion 222 avec la radiation du chrome) montrent toujours des anneaux complexes. On observe cependant de notables différences suivant l'endroit examiné, tant au point de vue de la proportion des phases, que de leur composition ou de leur cristallisation. L'anneau extérieur, de plus grand paramètre, est bien résolu en $\alpha_1$ et $\alpha_2$. La mesure du paramètre donne 4,072 K.U.X. ($\pm$0,001), soit une valeur voisine de celle des alliages or-argent. La seconde phase donne un anneau très flou, plus ou moins surchargé de taches parfois petites et nombreuses, parfois plus fortes, plus rares et moins nettes (*fig.* 1 et 2). La mesure du paramètre est peu précise, malgré les calibrages obtenus avec une substance étalon convenable (poudre de molybdène), elle varie de 4,040 à 4,050 K. U. X. ($\pm$0,002) d'un point à un autre, ce qui correspond, pour cette phase, à une teneur en cuivre au plus égale à 3 %.

Étant donné que l'or et l'argent ont des paramètres voisins, la mesure de la maille ne donne que la teneur en cuivre. Mais comme celle-ci est faible, on peut évaluer la proportion or-argent par la mesure de la densité.

---

([1]) Terme appliqué par les Anciens aux alliages à base d'or et contenant au moins 20% d'argent et quelques pour-cent de cuivre.

([2]) A. R. Weill, *Communication faite le* 18 *octobre* 1950 *aux Journées d'automne de la Société française de Métallurgie.*

([3]) G. Masing et K. Kloiber, *Zeitschrift für Metallkunde*, 1940, p. 125.

Celle-ci a été mesurée à nouveau en prenant les précautions exigées par la forme de l'objet, elle s'établit à 15,2. On peut alors fixer approximativement la composition globale de l'objet, malgré les hétérogénéités qu'il présente, à 69 % d'or, 28 % d'argent (à 2 ou 3 % près), avec au plus 3 % de cuivre, à 1 % près, et en négligeant les impuretés éventuelles.

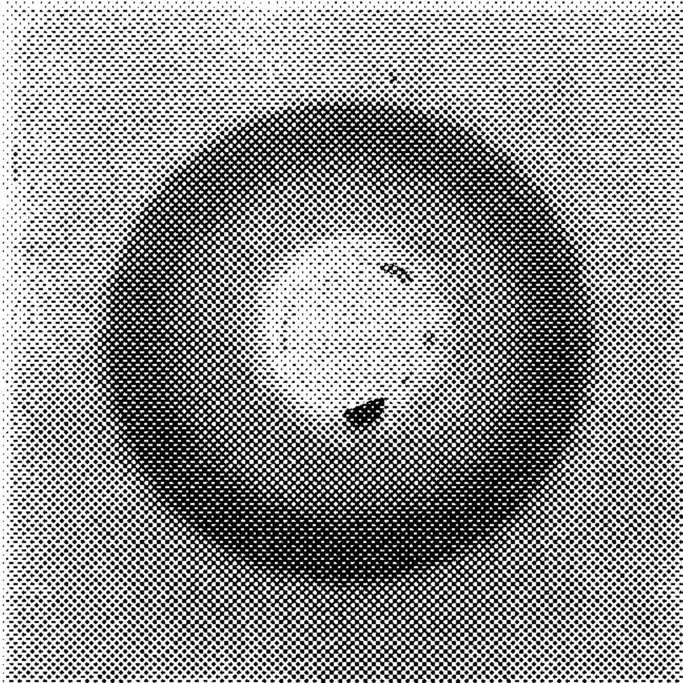


Fig. 1.

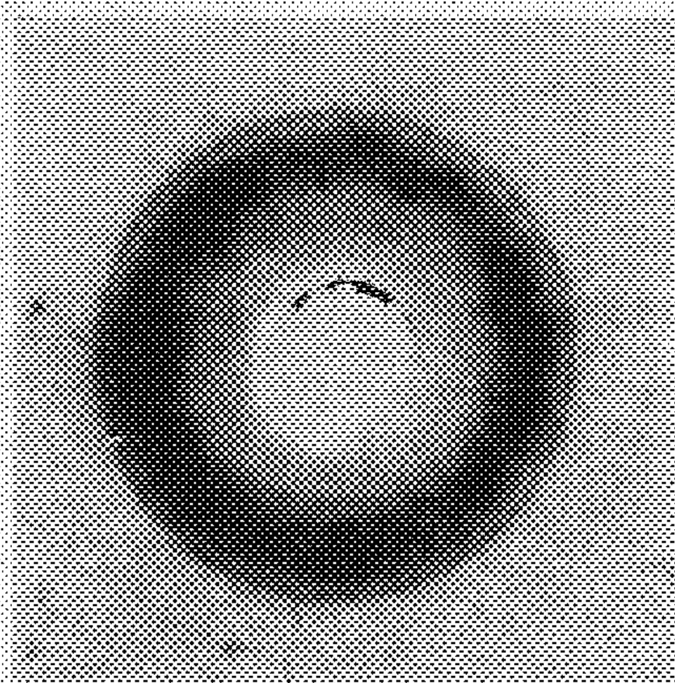


Fig. 2.

Fig. 1. — Cliché pris sur l'une des faces latérales du bijou. La phase riche en cuivre (anneau intérieur) est très diffuse. (Radiation du cuivre.)

Fig. 2. — Cliché pris sur l'autre face latérale du même objet. La phase riche en cuivre contient de gros cristaux, paramètre moyen plus petit que dans le cas de la figure 1. (Radiation du cuivre.)

D'autre part l'examen des nombreux clichés exécutés révèle certaines hétérogénéités qui peuvent s'interpréter en tenant compte du mode de façonnage de l'objet (soudures, percements de trous, etc.). D'autres au contraire sont inhérentes à la nature de la solution solide de cet alliage. Il est remarquable que celles-ci subsistent après plus de 40 siècles. Étant donné que les observations de Masing et Kloiber sur des échantillons de compositions voisines sont comparables à celles faites ici, on peut en conclure que, dans l'ensemble, cette solution solide complexe n'a vraisemblablement pas évolué depuis l'époque où l'objet a été fabriqué.

On peut donc, par des examens strictement non destructifs, déterminer approximativement le titre des objets archéologiques à base d'or. La méthode pourrait également s'étendre à d'autres systèmes. Jusqu'ici nous ne l'avons appliquée qu'à des bijoux antiques dont la composition ou la technique de fabrication ont pu être reconnues.

Une étude plus détaillée de ces questions sera publiée par ailleurs, elle comprendra l'analyse de plusieurs objets égyptiens et romains.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Contribution à la théorie des matières colorantes du type triphénylméthyle.* Note (*) de M. **Camille Sandorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le radical triphénylméthyle est-il doté d'un système unique de 19 électrons mobiles qui s'étend à tout le radical ?

La répulsion « stérique » entre les hydrogènes en positions ortho par rapport au carbone central ne permettrait pas à la molécule de revêtir une structure plane ([1]). Par contre l'énergie de résonance ([7]), ([8]) liée à la structure plane est considérable et peut en grande partie compenser la répulsion stérique, rendant l'énergie du radical plus basse ([2]).

Nous avons évalué le diagramme moléculaire des ordres de liaison et des valences libres (la constante étant $= 1,732$) du triphénylméthyle plan par la méthode usuelle des orbitales moléculaires et à l'aide de la théorie des groupes. (Ce corps appartient au groupe $D_{3h}$) ([3]) (*fig.* 1.) Les charges sont partout égales à l'unité.

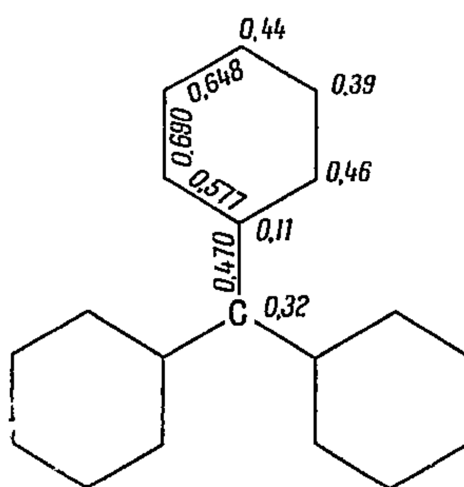



Fig. 1.

On remarquera la valence libre du carbone central qui est très élevée pour un carbone lié à trois autres carbones.

C'est également le carbone central qui porte les charges les plus importantes chez les ions-radicaux positif et négatif du triphénylméthyle.

Le fait que le triphénylméthyle n'est pas loin de la planéité et que par conséquent un système unique d'électrons mobiles se forme en lui, est bien illustré par son spectre d'absorption ([4]).

---

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) M. Szwarc, *The Labile Molecule* (*Discussions of the Faraday Society*, 1947, p. 39).

([2]) *Voir* H. B. Klevens et J. R. Platt, *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1714.

([3]) *Voir* par exemple : C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy Soc.*, A, **191**, 1947, p. 39.

([4]) L. C. Anderson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 1673.

Les longueurs d'onde des bandes qu'on y trouve (environ 5000 et 3400 Å) ne s'expliquent pas par l'absorption d'une partie seulement du corps.

Le triphénylméthylcarbinol (I) est incolore (*fig.* 2). (Les points marquent les électrons $\pi$.) Ici, à cause de la présence de l'hydroxyle sur le carbone central, ce dernier prendra l'hybridation tétraédrique et agira comme isolateur.

M^me^ P. Ramart-Lucas (5) a comparé les spectres d'absorption de la benzaurine (II) en solutions neutre, acide et basique. On est frappé par la similitude des courbes en solutions acide et basique qui diffèrent totalement de la courbe en solution neutre. M^me^ Ramart-Lucas l'interprète en admettant que les orbitales électroniques du carbone central ont des formes différentes dans chacun de ces cas.

On pourrait peut-être aller plus loin.

La courbe de la solution neutre est tout à fait semblable à celle de la fuchsone (III) et M^me^ Ramart-Lucas a constaté que l'apparition d'un tel spectre est toujours liée à la présence d'un noyau quinonique.

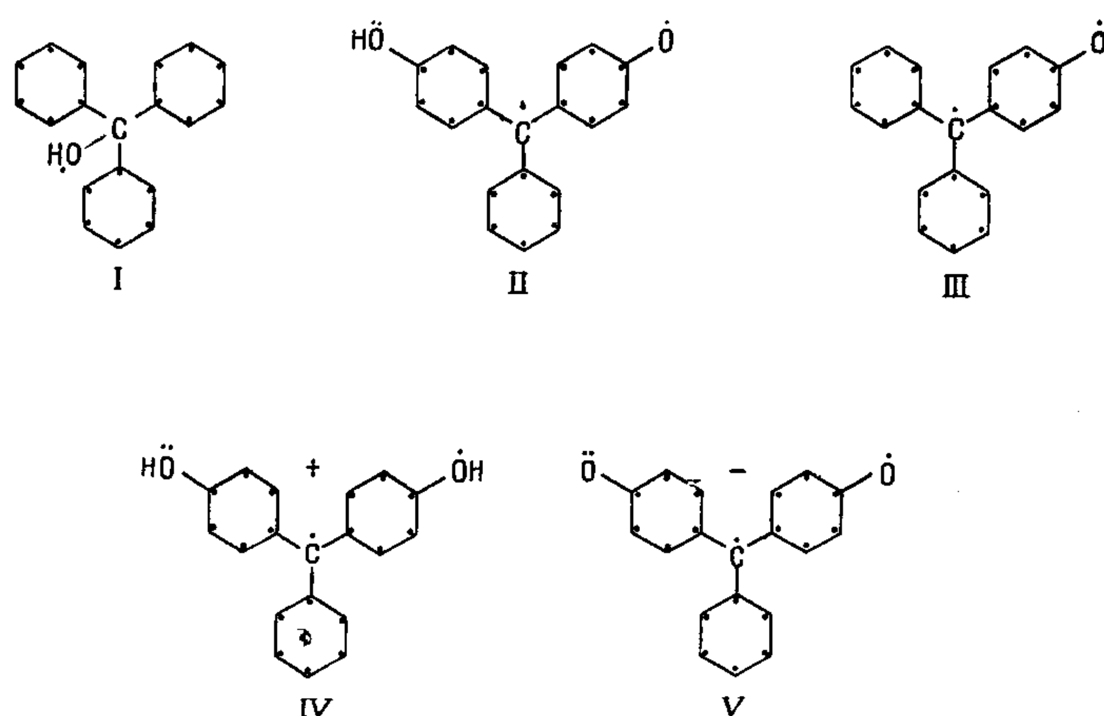



Fig. 2.

Selon les notions de la méthode des orbitales moléculaires il convient d'assigner aux oxygènes un terme Coulombien ($\alpha$) plus élevé que celui des carbones. En dehors de cela, et c'est l'essentiel, la liaison C = O aura une intégrale de résonance ($\beta$) nettement plus élevée que les liaisons C = C et C — OH. Ceci entraîne la « fixation » (6) de la liaison C = O qui aura un

(5) *Communication faite au Congrès de la Victoire, Société pour l'avancement des Sciences*, octobre 1945.

(6) C. A. Coulson, *Trans. Faraday Soc.*, **42**, 1946, p. 106 et *The Labile Molecule*, 1947, p. 9.

(7) L. Pauling et G. W. Wheland, *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 362.

(8) G. W. Wheland, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **40**, 1940, p. 77.

ordre de liaison très élevé. Partant, l'ordre de liaison entre le carbone central et son voisin dans le noyau qui contient la liaison C = O sera également grand, ce qui donne un noyau quinonique qui interagira peu sur le reste du squelette.

Tout sera changé en solutions acide ou basique. En solution acide (IV), l'oxygène quinonique qui porte une charge négative attire un proton et le corps deviendra un ion positif. En solution basique assez forte (V), par contre, l'hydroxyle perdra son proton et le corps deviendra un ion négatif. Dans les deux cas le corps sera symétrique, la charge se répartissant selon les électronégativités des divers atomes. Il y aura une résonance équitable à travers le carbone central et le système des électrons $\pi$ s'étendra à tout le corps.

L'ion positif a le même squelette et le même nombre d'électrons $\pi$ que l'ion négatif; il n'y a donc pas de raison pour que leurs spectres diffèrent d'une manière essentielle : c'est là l'explication de la similitude de leurs courbes d'absorption.

Il est clair que pour que les courbes en solutions acide et basique soient similaires il faut que le triphénylméthyle porte un = O et un — OH en positions analogues.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Méthode de calcul approché en orbitales moléculaires.* Note de M. **Claude Vroelant**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le calcul des énergies en orbitales moléculaires par la méthode L. C. A. O. demande la résolution de déterminants séculaires qui deviennent rapidement très compliqués. La présente Note a pour but d'obtenir de façon approchée l'énergie totale des électrons de façon relativement rapide.

Les déterminants séculaires en orbitales moléculaires L. C. A. O. n'ont que les termes diagonaux qui comprennent W, si l'on néglige les intégrales de recouvrement. Nous pouvons relativement facilement calculer les coefficients des termes de plus haut degré en W et souvent également les termes de plus bas degré [1].

Soit

$$W^n + A_1 W^{n-1} + \ldots + A_i W^{n-i} + \ldots + A_n = 0, \tag{1}$$

dont les racines sont $W_j$.

Très fréquemment, toutes les orbitales correspondant à $W_j$ négatif sont entièrement occupées et toutes les orbites correspondant à $W_j > 0$ sont inoccupées.

Dans ce cas, on peut calculer l'énergie à partir de la somme des racines $\sum_j W_j$

[1] Samuel, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1236.

et la somme de leurs valeurs absolues $\sum_j |W_j|$; cette énergie prend la valeur $\sum_j W_j - \sum_j |W_j|$ et $\sum_j W_j = -A_1$.

On peut calculer $\sum_j |W_j|$ de façon approchée connaissant $\sum_j W_j^2$, $\sum_j W_j^4$, $\sum_j W_j^6$, ... et $|\Pi W_j|$. En effet, on peut dans un certain intervalle remplacer $|W|$ par un polynome en $W^2$, $W^4$, $W^6$, ... et $\log|W|$. Par exemple, dans l'intervalle (0, 1),

$$|W| \sim \frac{1}{315}(9 \log|W| + 114 + 288 W^2 - 90 W^4),$$

avec un écart quadratique moyen égal à 0,007.

Dans chaque cas particulier, une telle expression s'obtient par la méthode des moindres carrés.

$\sum_j |W_j|$ peut alors s'exprimer par le même polynome en $\sum_j W_j^2$, $\sum_j W_j^4$, $\sum_j W_j^6$, ... et $\sum_j \log|W_j| = \log\left|\prod_j W_j\right|$.

On sait que les racines $W_j$ sont comprises dans un certain intervalle que l'on peut définir dans chaque cas ([2]). On peut d'autre part exprimer $\sum_j W_j^2$, ... en fonction des fonctions symétriques des racines, qui sont elles-mêmes de la forme $(-1)^p A_p$, et $\left|\prod_j W_j\right| = |A_n|$.

On a donc dans ce cas une méthode complète de calcul.

Nous avons explicité de façon complète le cas où chaque atome possède une intégrale coulombienne $\alpha_i$ et chaque liaison une intégrale d'échange $\beta_j$.

On obtient indice de liaison et charge par dérivation par rapport à $\alpha_i$ ou $\beta_j$.

On peut également tenir compte dans ce calcul des intégrales de recouvrement S; les calculs sont très simples si les S sont proportionnels aux $\beta$, faisant intervenir $\gamma$; un peu plus compliqués dans le cas contraire.

On pourrait également utiliser deux autres procédés d'approximation.

Ayant calculé les sommes $S_n = \sum_j W^n_j$ on peut supposer que les $W_j$ sont répartis au hasard en tenant compte de cette relation. On pourrait alors calculer $\overline{W_j}$ et la dispersion.

On peut également calculer les premiers coefficients de l'équation qui admet pour racines la somme de $n/2$ racines $W_j$ de (1). On doit chercher la

([2]) COULSON, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 46, 1950, p. 202.

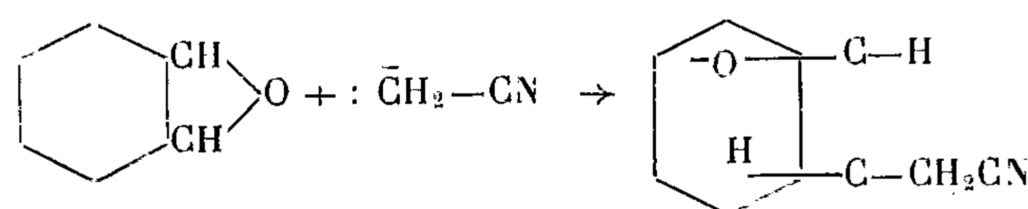
plus grande en valeur absolue de ses racines négatives, et pour ce calcul on peut négliger les termes dont la puissance n'est pas grande. Ces procédés nous ont semblé moins intéressants.

Nous donnerons dans une prochaine Note les résultats de l'application de cette méthode aux électrons Π des hydrocarbures polyéthyléniques conjugués ou aromatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques cyanhydrines alicycliques et certains de leurs dérivés.* Note de (*) M. **Max Mousseron** et M^lle **Magdeleine Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action de quelques nitriles sur l'époxy-1.2 cyclohexane, en présence d'amidure de sodium, a permis d'atteindre diverses cyanhydrines *trans*, conduisant aux acides-alcools et aux amino-alcools correspondants. L'étude de l'(aminoéthyl)-2 cyclohexanol *trans* a été réalisée; la désamination nitreuse conduit à un dérivé furannique par cyclisation alors que les homologues inférieurs fournissent des produits carbonylés (1).

La solution benzénique d'époxycyclohexane ($0^{mol},5$) et d'acétonitrile ($0^{mol},7$) est portée à l'ébullition; l'amidure de sodium ($0^{mol},7$) est additionné peu à peu sous agitation; la réaction est terminée en 4 heures; on reprend par l'eau, on distille le solvant; on sépare par distillation le (méthylcyano)-2 cyclohexanol, $E_5$ 130° N % 10,0, donnant par hydratation l'acide cyclohexanol-2 acétique *trans* F 106° (2).




Les rendements sont améliorés en utilisant l'amidure de sodium préparé au moment de la réaction (3).

Cette étude a été étendue à d'autres nitriles; ainsi la réaction du propionitrile avec l'époxycyclohexane conduit au (méthyl-$2_1$ cyanométhyl)-2 cyclohexanol-1, $E_5$ 140°, fusible vers 20°, donnant par hydratation le (méthyl-$2_1$ éthyloique)-2 cyclohexanol F 90°. En utilisant le cyanure de benzyle, on isole le (phényl-$2_1$ cyanométhyl)-2 cyclohexanol (I) $E_{0,06}$ 165° donnant le (phényl-$2_1$ éthyloique)-2 cyclohexanol F 160°.

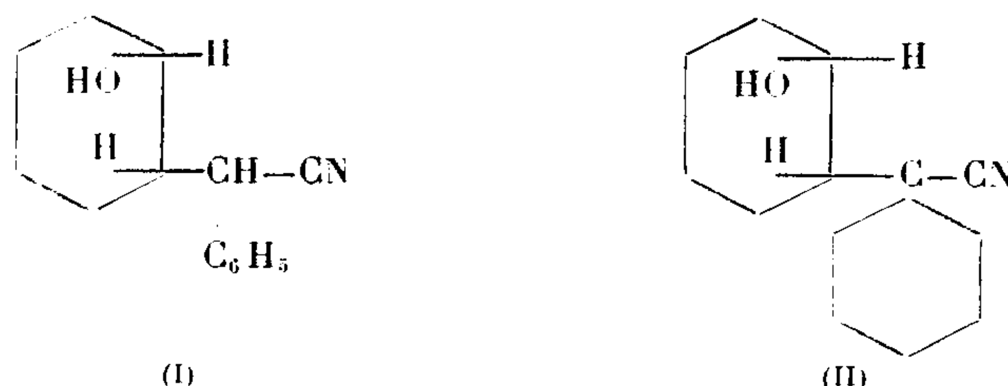
(*) Séance du 5 février 1951.

(1) M. Godchot et M. Mousseron, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2000; M. Mousseron et R. Jacquier, *ibid.*, **229**, 1949, p. 216.

(2) M. Newmann, et C. Vander Werf, *J. Amer. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 235.

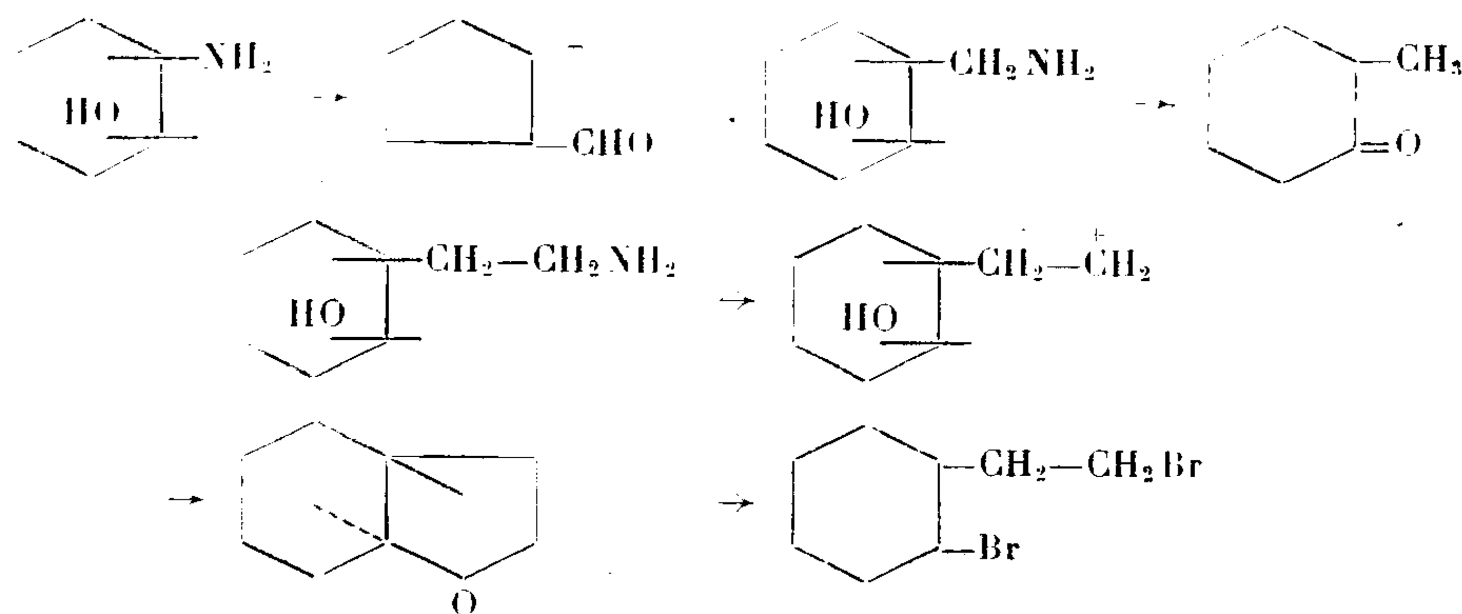
(3) C. Tilford, L. Doerle, V. Campen et R. Shelton, *ibid.*, **71**, 1949, p. 1705.

L'action du cyanocyclohexane sur l'époxycyclohexane donne le cyano-1 (oxy-2' cyclohexyl)-1 cyclohexane (II), $E_5$ 160°, F 89-90°, N % 6,7.




(*Aminoéthyl*)-2 *cyclohexanol trans.* — Il a été obtenu par hydrogénation alcool-sodium du (méthylcyano)-2 cyclohexanol, F 65°, $E_{24}$ 142°, N % 10,6, chlorhydrate, F 106-107°, donnant un complexe cuivrique instable. L'addition de nitrite de sodium à froid et en milieu faiblement acide conduit à l'éthylol-2 cyclohexanol-1, F 99-100° et à une certaine proportion d'un composé ne présentant pas de caractères carbonylés (absence de semicarbazone, oxime, dinitrophénylhydrazone, hydrogénation catalytique au nickel, platine nulle, réaction de Zerevitinoff négative), $E_{24}$ 64°, $d_{25}$ 0,956, $n_D^{25}$ 1,4640, C % 76,50, H % 11,40.

Nous avons pensé rapprocher cette désamination nitreuse de celles déjà observées dans le cas des amino-2 cyclohexanol ([4]) et des aminométhyl-2 cyclohexanol *cis* et *trans* ([4]), qui donnent à côté des diols correspondants des dérivés carbonylés :




L'hexahydrocoumaranne obtenu par cyclisation, lors de la désamination nitreuse, traité par l'acide bromhydrique en milieu acétique à 120° durant trois heures ([5]) conduit en effet à un dérivé dibromé, $E_4$ 100°, $d_{25}$ 1,615, $n_D^{25}$ 1,510, Br % 58,8.

(4) M. Moussebon, J. Jullien et F. Winternitz, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1909.
(5) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1061.

MINÉRALOGIE. — *Sur la répartition de l'uranium et du thorium dans le granite de Quintin en Bretagne et particulièrement sur l'allanite thorifère de ce granite.* Note rectificative de M. **André Demay**, transmise par M. Charles Mauguin.

Dans une Note récente ([1]) j'ai indiqué les résultats des recherches que j'ai poursuivies sur certains minéraux radioactifs du granite de Quintin.

Dans le paragraphe de cette Note relatif au spectre d'absorption des trois minéraux de la plaque mince 336, qui contiennent 0,5 à 1,2 % de Th, il y a lieu de remplacer « yttrium » par « groupe de l'yttrium ».

D'autre part, à la fin de la Note j'avais indiqué une évaluation de la proportion du Th des allanites par rapport au Th total du granite. Les pourcentages doivent être rectifiés comme suit. Pour plus de clarté, je reproduis ici le texte des quatre derniers alinéas, avec les chiffres rectifiés :

L'étude des plaques minces m'a permis d'établir que l'allanite tient une place appréciable dans le granite : 11 sections pour 18 plaques, avec une surface qui est environ 1/1000 de la surface totale du granite dans ces plaques, à peu près 1/800 en poids.

Un calcul facile permet cependant de constater que les allanites ne contiennent pas plus de 60 % du thorium total du granite.

D'après les autoradiographies, la répartition du thorium dans les allanites est statistiquement à peu près uniforme, mais discrète, avec concentration dans des centres de rayonnement, probablement cristaux ultra-microscopiques de thorite ou groupements de quelques atomes de Th (R. Coppens).

En résumé 50 à 60 % du thorium du granite se trouvent contenus dans les cristaux d'allanite, dont la plus grande dimension varie de $0^{mm},4$ à $1^{mm}$. 40 à 50 % du thorium et probablement près de 100 % de l'uranium sont contenus dans des inclusions bien plus petites, dont j'indiquerai ultérieurement ce que nous savons de leurs dimensions et de leur nature minéralogique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Interprétation du point de transition du chlorure d'ammonium à* T = 235°,2 K. Note (*) de MM. **Yves Ayant** et **Michel Soutif**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude de la résonance des protons de l'ion $NH_4^+$ du chlorure d'ammonium à basse température et à la température ordinaire tant sur une poudre cristalline que sur un monocristal. Interprétation des résultats par l'apparition au point de transition d'une rotation de l'ion $NH_4^+$ autour d'un axe ternaire NH.

1. *Structure du cristal.* — La structure du cristal $NH_4Cl$ est celle du cube centré (figure). La distance N-H est égale à 1,025 Å ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 338.

(*) Séance du 5 février 1951.

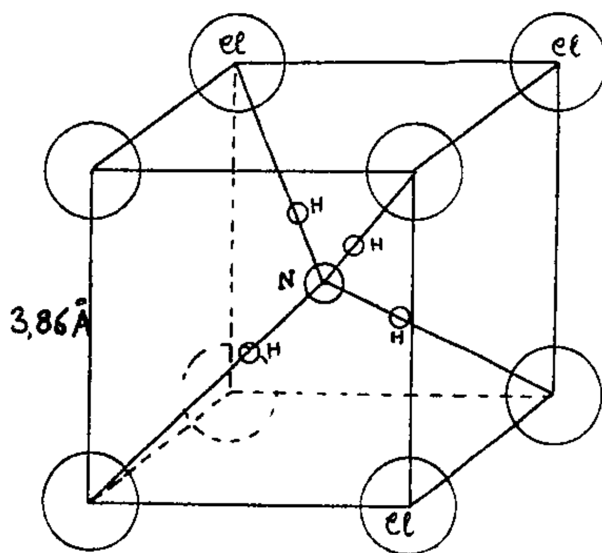
([1]) H. S. Gutowsky, G. B. Kistianowsky, G. E. Pake et E. M. Purcell, *Journ. of Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 972.

Les études des propriété physiques de $NH_4Cl$ ont mis en évidence l'existence d'un point de transition $\lambda$ à $T_\lambda = 235°,2$ K. Diverses explications ont été proposées :

*a*. Hypothèse de Menzies et Mills ([2]), reprise récemment par Wagner et Hornig ([3]) : pour $T < T_\lambda$ les tétraèdres $NH_4$ sont tous parallèles. Pour $T > T_\lambda$ ils sont au hasard parallèles et antiparallèles.

*b*. Hypothèse de Pauling ([4]) : au-dessus du point de transition apparaît une rotation isotrope des ions $NH_4$ autour de N.

*c*. Hypothèse de Bauer ([5]) : au-dessus du point de transition apparaît une rotation autour d'un quelconque axe ternaire N-H-Cl.




2. *Calcul du second moment des protons de* $NH_4$ *de part et d'autre de* $T_\lambda$. — Nous avons confronté les mesures expérimentales du second moment $\Delta H_2^2$ avec le résultat théorique que l'on peut déduire de la formule de J. H. Van Vleck ([6])

$$\Delta H_2^2 = \frac{3}{2}\,\frac{i(i+1)}{N}\,\gamma^2\hbar^2 \sum_{j>i} r_{ij}^{-6}\,(3\cos^2\theta_{ij} - 1)^2$$

dans laquelle $r_{ij}$ représente la distance entre deux protons, et $\theta_{ij}$ l'angle de chaque direction H-H avec le champ magnétique continu magnétisant.

Cette formule (dans laquelle nous négligeons les interactions H-N et H-Cl très faibles) n'est valable que pour un modèle rigide. On peut admettre qu'il en est ainsi à la température du point triple de l'azote ($T = 63°$ K).

*Mesures à basse température*. — On peut en outre remarquer que $\Delta H_2^2$ peut être considéré comme la somme de deux termes : $(\Delta H_2^2)_{H-H}$ relatif aux interactions entre protons d'un *même* ion ; $(\Delta H_2^2)_{H-H'}$, relatif aux interactions entre protons d'ions *différents*.

---

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, 148 A, 1935, p. 407.

([3]) *Rev. of Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 296.

([4]) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 430.

([5]) *Cahiers de Physique*, 21, 1943, p. 7.

([6]) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1168.

Nous avons étudié successivement une poudre cristalline et un monocristal (aimablement confié par M. le Professeur J.-P. Mathieu) placé de telle sorte que le champ continu $H_0$ et le champ haute fréquence $H_1$ soient dirigés suivant deux axes. Les résultats sont :

| | | $(\Delta H_2^2)_{H-H}$. | $(\Delta H_2^2)_{H-H'}$. | $\Delta H_2^2$ total. | $\Delta H_2^2$ expérimental. |
|---|---|---|---|---|---|
| T = 63°K | poudre..... | 48,3 | 4,2 | 54,4 | 51 |
| | monocristal. | 31 | 10,8 | 41,8 | 35 |

L'accord entre la théorie et l'expérience est satisfaisant.

*Mesure à la température ambiante.* — A 300° K, au-dessus de $T_\lambda$, il est nécessaire de modifier le résultat de Van Vleck en tenant compte des mouvements et de remplacer $r_{ij}^{-6}(3\cos^2\theta_{ij}-1)^2$ par $|\langle\overline{r_{ij}(t)^{-3}(3\cos^2\theta_{ij}(t)-1)}\rangle_i|^2$.

Dans l'hypothèse *a*, il n'y a pas de mouvements, seules changent les quantités $(\Delta H_2^2)_{H-H'}$, la variation étant de l'ordre de 0,2 gauss². Le point de transition ne doit pas être décelable par la résonance nucléaire, ce qui est contraire à l'expérience.

Dans l'hypothèse *b*, on voit aisément que le monocristal à température ordinaire doit donner le même terme $(\Delta H_2^2)_{H-H}$ que la poudre à basse température d'où un $(\Delta H_2^2)_{\text{cristal}} = 58,3$ gauss² en contradiction flagrante avec l'expérience. Dans l'hypothèse *c*, les résultats théoriques et expérimentaux sont :

| | | $(\Delta H_2^2)_{H-H}$. | $(\Delta H_2^2)_{H-H'}$. | $\Delta H_2^2$ total. | $\Delta H_2^2$ expérimental. |
|---|---|---|---|---|---|
| T = 300° K | poudre.......... | 12 | 4 | 16 | 17,5 |
| | monocristal...... | 0 | 10 | 10 | 12 |

L'accord est excellent.

3. *Anisotropie du monocristal de* $ClNH_4$ *à la température* T = 300°K. — Si l'on rapporte le champ $H_0$ aux axes quaternaires du cristal par les angles $\theta$, $\varphi$, $\Delta H^2$ apparaît comme une somme d'harmoniques sphériques d'ordre 0, 2, 4 qui doit être invariante dans le groupe du cube. Ceci livre la forme de sa dépendance angulaire :

$$\Delta H^2 = \alpha + \beta(35\cos^4\theta - 30\cos^2\theta + 3 + 5\sin^4\theta\cos4\Phi).$$

On évalue $\alpha$ et $\beta$ à partir des deux valeurs particulières poudre et monocristal. Expérimentalement nous pouvons faire tourner le monocristal de telle sorte que $\theta = \pi/2$, $\Phi$ variant (le champ HF : $H_1$ reste toujours parallèle à un axe quaternaire du cristal). On constate une nette anisotropie qui peut s'exprimer par le résultat expérimental

$$\Delta H_2^2 = 11 \pm 1 - (4,5 \pm 0,5)\cos4\varphi.$$

Dans l'hypothèse de Bauer

$$\Delta H_2^2 = 12,5 - 4,5\cos4\varphi,$$

pour un modèle rigide

$$\Delta H_2^s = 57,5 + 7,5 \cos 4\varphi,$$

ici encore l'hypothèse de la rotation ternaire est pleinement justifiée.

4. *Conclusion.* — L'étude indépendante du point de transition et de l'anisotropie d'un monocristal conduit à la même interprétation du point $\lambda$ du chlorure d'ammonium : apparition d'une rotation de l'ion $NH_4$ autour d'un axe ternaire N-H.

GÉOLOGIE. — *La gerbe d'éclats tectoniques des Mischabel* (*Valais*). Note de M. **Frédéric Hermann**, présentée par M. Paul Fallot.

Dès 1909, j'ai reconnu des contacts mécaniques entre roches identiques dans le Val d'Anniviers ([1]). J'en ai depuis observé ou décrit un grand nombre ([2]) dont : *l'éventail de Rhêmes,* paquet de lames renversées sur le pli en retour du Val Savarenche; la généralité, en France, en Italie et en Suisse, de la structure de la *Nappe des Schistes lustrés* en écailles charriées, envahies à l'arrière par l'intrusion de masses simiques, migrées le long des surfaces listriques avec des lambeaux de Gneiss et de Trias; enfin, j'interprète la structure du massif de la Vanoise par des écailles subverticales admettant entre elles des restes de Mésozoïque (Haut vallon et environs du col de Chavière).

Résultat provisoire, l'esquisse ci-jointe transforme le classique *Pli en retour des Mischabel* en *une gerbe d'éclats, exprimés obliquement de la profondeur, amoncelés sur l'empilement sub-horizontal des grandes lames listriques de la Nappe du Grand Saint-Bernard.*

Chacune des fractures visibles dans les parois rocheuses a été l'objet d'observations répétées de plusieurs stations, sous plusieurs angles et éclairages. Les raccords sous les glaciers, parfois évidents, ne sont pas dessinés en général. Les prolongements sous le Quaternaire provoquent des sillons faciles à suivre mais approximatifs.

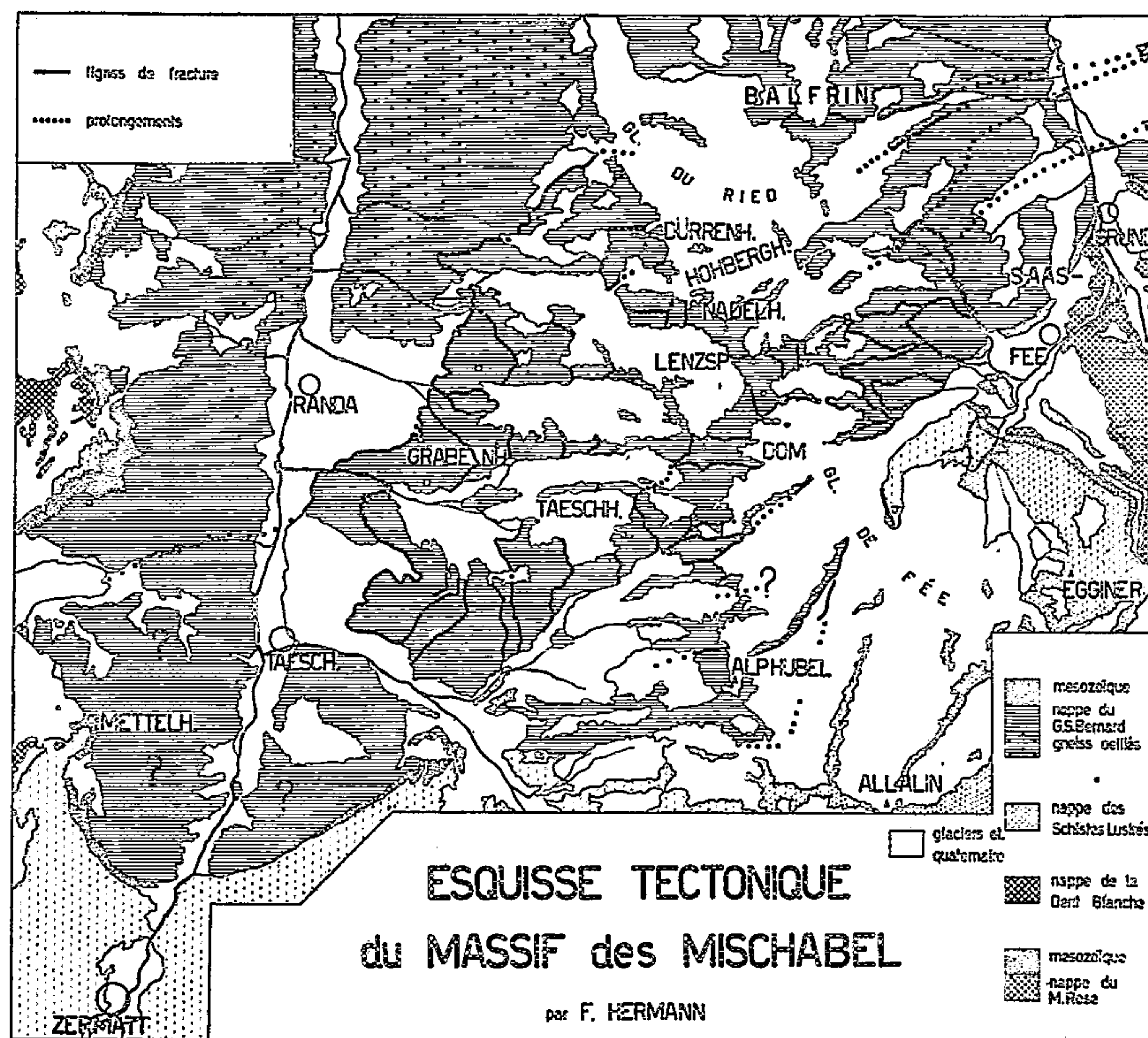
On remarquera, sur la figure, les éclats répétés en feuilles d'artichaut, dressés presque à la verticale, surtout dans le versant de Saas et ceux, en forme de sabot, sur celui de Zermatt. Ils se couchent peu à peu sur la nappe sub-horizontale, découpent en tous sens les structures parallèles présumées et

---

([1]) *Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes Pennines, Thèse,* Lyon, 1913.

([2]) *Mem. Istit. Geol. Univ. Padova,* 7, 1927, deux stéréogrammes sans texte; 7, 1928, p. 1 à 18; 8, 1928, p. 1 à 80; *Carta Geologica delle Alpi Nord-occidentali* 1/200 000, Milan-Bâle, 1938, avec notice explicative.

remplacent par leur *gerbe* l'illusoire « pli en retour des Mischabel » ([3]). La partie la plus méridionale de celui-ci, dans les pentes du Mettelhorn et celles qui leur font face, semble offrir des complications analogues. Il est possible que l'apparence de courbure que l'on a pu voir sur les coupes courantes ou en descendant du Gornergrat, et que l'on ne verrait guère normalement au sens de poussée, se décompose en écailles et qu'il n'existe pas de pli.




(Éch. 1 : 150 000).

L'allure de l'ensemble de la *gerbe* rappelle un S dont la longue branche centrale pointerait au Nord et Nord-Nord-Est, tournerait dans le glacier du Ried et de là, vers le Nord-Est et le Fletschhorn (flèches de la figure) puis, contournant le front de la nappe du Mont-Rose vers le Sud-Est et le Laquintal irait s'éteindre au Nord de Bognanco (Ossola). Tout cela forme non pas un synclinal renversé, mais une simple demi-cuvette ouverte au Sud-Ouest, la

---

([3]) A. Güller (*Ecl. geol. Helvet.*, 40, 1947, p. 39-161) conçoit un *lambeau de l'Alphubel* délimité seulement à l'Ouest, où il décrit des restes de couverture mésozoïque, des contacts répétés avec les gneiss là-même et sous le Mittelhorn, et aussi des gneiss à la Langfluh. J'y ai distingué plusieurs éclats.

nappe du Mont-Rose n'étant nulle part sous-charriée et n'entrant en contact avec celle du Saint-Bernard qu'entre les environs de Saas-Fée et l'arête Fletschhorn-Weissmies. (A l'observation morphologique, sur toute cette arête et le versant de Saas correspondant, la seule ligne qui semble pouvoir marquer ce contact offre le tracé Schwarzmies-Thalweg sous la cabane Weissmies-Fletschjoch-Toit des roches vertes du Laquintal.)

Il semble, quant à l'ascension latérale vers l'Est de la nappe du Saint-Bernard proprement dite, que, comme celle du Mont-Rose dont une légère descente du Gornergrat au Thalweg de Saas est un fait évident, elle soit à peu près nulle sur cette transversale, un violent redressement se produisant de là vers l'Ossola.

A l'Ouest de Zermatt, sur plus de 50$^{km}$ latéralement, les parties arrière de la nappe du Saint-Bernard disparaissent sous celle des schistes lustrés, elle-même laminée sous le poids de la nappe de la Dent Blanche. Ce fait interdit d'imaginer des continuités latérales dans cette direction, notamment avec le pli en retour du Valsavarenche, pli véritable et de structure exactement opposée. Il est logique, d'après les faits constatables, de concevoir que la masse de la nappe du Saint-Bernard ait été totalement refoulée devant l'avancée, en traîneau, de masses plus internes tendant à rider devant elles son arrière, en arc concave débordant.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'origine par déferrification des gneiss hololeucocrates de la Grande Kabylie (Algérie).* Note de M. JEAN THIÉBAUT, présentée par M. Charles Jacob.

En Grande Kabylie, on trouve, interstratifiées dans des gneiss œillés à biotite, des bandes blanches d'une roche désignée jusqu'ici par le nom de « granulite gneissique ». La présente Note montre que ces roches résultent de la transformation tardive de gneiss normaux par déferrification de la biotite, et par enrichissement en feldspath potassique.

Les noyaux anticlinaux du massif cristallophyllien de la Grande Kabylie sont constitués, pour une grande partie, par des gneiss du type « embréchite » (1). Cette formation contient, par endroits, des ensembles de strates où les roches ont un faciès de teinte anormalement sombre, alternant avec des bandes entièrement blanches.

Nous avons étudié un tel complexe sur les excellents affleurements des gorges de l'Oued Aïssi, à une centaine de mètres au Nord du pont de Tahrourt. Les bandes blanches ne dépassent pas ici quelques mètres d'épaisseur et leur passage aux bandes sombres se fait par une zone de transition d'une vingtaine de mètres.

(1) J. THIÉBAUT, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 972.

L'examen microscopique et l'étude chimique de ces roches montrent les particularités suivantes :

*a. Gneiss normal.* — On donnera ici, à titre de comparaison, les caractères d'un gneiss normal pris en dehors des zones où se manifestent les caractères étudiés. Il s'agit d'embréchites typiques, à microcline perthitique, albite, myrmékite, biotite et muscovite. Ce dernier minéral n'est que peu abondant.

*b. Gneiss sombre.* — On a affaire alors à des embréchites, à première vue analogues. Cependant le microcline y est partiellement albitisé, et l'albite qui s'y joint est plus purement sodique ($An^{5-8}$). Les micas sont représentés par de la biotite et de la muscovite associées en quantités à peu près égales. Ce dernier minéral s'est formé par déferrification de la biotite ainsi que le montre l'aspect des lamelles contenant notamment en assez grande abondance des grains d'hématite retenus entre les clivages. L'hématite forme en outre de nombreux amas aux alentours de ces micas.

*c. Gneiss de transition.* — La roche diffère de la précédente en ce que le microline n'est pas albitisé et par l'absence de la biotite. La muscovite reste souillée de grains d'hématite, mais la pigmentation ferrugineuse a disparu du fond de la roche.

*d. Gneiss blanc.* — Le seul feldspath est ici le microcline pur. L'albite a complètement disparu. La muscovite est désormais limpide et purgée de ses grains d'hématite.

L'analyse chimique traduit quantitativement ces caractères de la manière suivante :

*b = gneiss sombre; c = gneiss de transition; d = gneiss blanc.*

| | *b.* | *c.* | *d.* |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 68,9 | 73,5 | 78,2 |
| $Al_2O_3$ | 12,7 | 15,7 | 13,2 |
| $Fe_2O_3$ | 9,1 | 1,0 | 0,1 |
| $CaO$ | 1,6 | 0,8 | 1,2 |
| $MgO$ | 2,8 | 1,9 | 0,8 |
| $Na_2O$ | 1,8 | 2,7 | 0,2 |
| $K_2O$ | 2,6 | 3,2 | 4,9 |
| $P_2O_5$ | 0,7 | 0,6 | 0,9 |
| $H_2O$ | 0,2 | 0,2 | 0,1 |

De ces données, on peut conclure semble-t-il que les gneiss sombres et les gneiss blancs tiennent leur caractère d'un même phénomène de métasomatose tardive, ayant affecté les embréchites normales. Ces modifications atteignent le maximum d'intensité dans les gneiss blancs, dont on peut dire plus exactement qu'ils ont été *blanchis* par transformation de la biotite en muscovite, avec expulsion du fer hors de la roche. Dans la zone de transition, on retrouve ce même phénomène incomplètement développé. Enfin dans les zones sombres, il y a eu accumulation du fer chassé des zones blanches. Ce mouvement du fer s'accompagne d'une mobilisation alcaline, se traduisant par un enrichissement en potassium des gneiss blancs, et en sodium des gneiss de transition et des gneiss sombres.

La connaissance de ce phénomène permet de comprendre à l'échelle régionale, la genèse des vastes formations de gneiss blancs, connus par ailleurs

en Grande Kabylie sous le nom de « gneiss granulitiques » [2]. En effet, l'étude de ces gneiss nous a permis d'y retrouver la trace de modifications secondaires analogues à celles ici décrites.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *L'ontogénie du phloème intraxylémien dans la tige de* Lebrunia bushaie *Staner* (*Guttifères*). Note (*) de M. **Albert Duchaigne**, présentée par M. Paul Becquerel.

Le phloème intraxylémien de *Lebrunia* correspond au type *Thunbergia* décrit par Chodat et Roulet; c'est un liber surnuméraire centrifuge très précoce et riche en méats; il provient du bord cambial interne qui donne indifféremment naissance à du bois et à du liber.

L'arbre que Staner a appelé *Lebrunia bushaie* est une nouvelle espèce africaine particulièrement intéressante dont les graines volumineuses fournissent une huile très appréciée au Congo belge [1]. Normand a découvert l'existence de cordons libériens inclus dans son bois, mais, s'étant adressé à du matériel d'herbier, il n'a pu se prononcer sur leur origine [2]; aussi avons-nous entrepris l'étude ontogénique du bois de *Lebrunia* afin de résoudre ce problème.

Le phloème intraxylémien ou liber intraligneux, appelé phloème interxylémien par de nombreux auteurs, constitue d'ailleurs l'un des sujets les plus délicats de l'anatomie, car son origine n'est pas encore connue avec certitude dans la plupart des cas comme vient de le montrer Mullenders [3].

Dans la jeune tige de *Lebrunia* la formation de liber intraligneux suit de près celle des premiers vaisseaux. Ceux-ci apparaissent d'abord aux deux extrémités du grand axe, puis suivant le petit axe du cylindre conducteur elliptique; mais on ne peut pas parler de faisceaux distincts, car il y a toujours continuité du cambium et du méristème apparemment vasculaire. Entre ces groupes de premiers vaisseaux et à proximité de la moelle s'individualisent rapidement de quatre à huit îlots de méristème caractérisés par de minuscules méats (*fig.* 1), puis par le cloisonnement de certaines cellules dans des directions variées; en général, une cellule-mère donne deux ou trois éléments qui évoluent en tubes criblés et cellules compagnes; les méats grandissent et les cellules qui ne se cloisonnent pas demeurent parenchymateuses. Il se constitue ainsi une huitaine de fascicules criblés surnuméraires centrifuges très précoces (*fig.* 2). La différenciation de leurs tubes criblés les plus externes est à peine achevée

(2) Feuilles de Dra-el-Mizan et Fort National, 1/50000e.

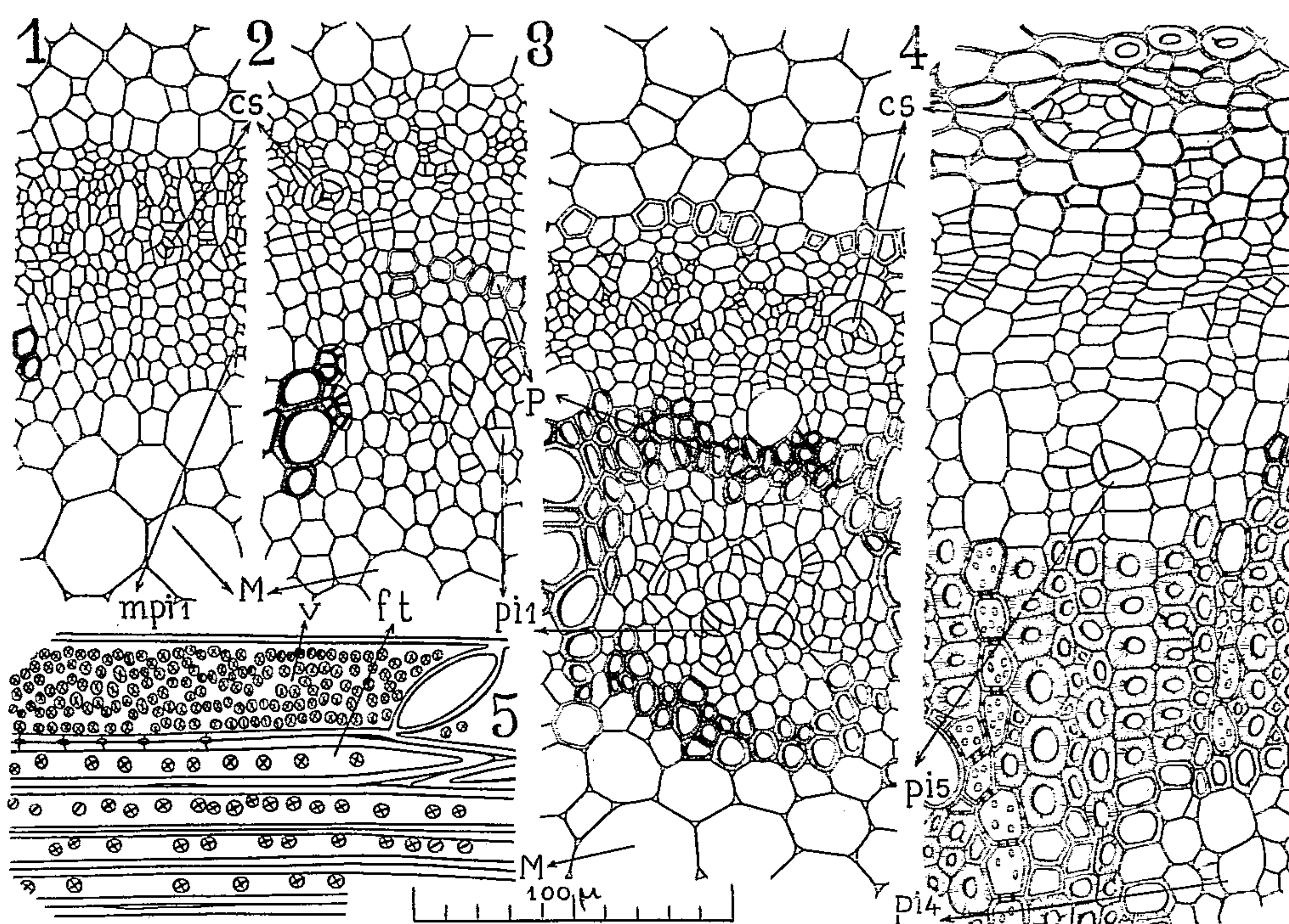
(*) Séance du 5 février 1951.

(1) P. Staner, *Bull. Jardin bot. Bruxelles*, 13, 1934, p. 105.

(2) D. Normand, *Bull. Soc. bot.*, 93, 1946, p. 245.

(3) *La Cellule*, 51, 1947, p. 7.

que déjà quelques cellules commencent à se lignifier au-dessus de chaque fascicule. La lignification peut débuter en un point médian ou latéralement, mais elle progresse toujours tangentiellement et ne comporte pas de recloisonnements cellulaires; elle réalise, selon l'expression habituelle, un pont ligneux qui finit par s'unir aux bandes vasculaires radiales; la différenciation du cambium est redevenue normale, momentanément. Un peu plus tard le bord périmédullaire se lignifie à son tour; l'îlot libérien est alors entièrement inclus dans le bois (*fig.* 3). Ce mode de formation correspond donc au type *Thunbergia* décrit par Chodat et Roulet, très différent du type *Strychnos*.




*Lebrunia bushaie.* — 1, 2, 3, ontogénie d'un des premiers fascicules libériens intraligneux, *pi* 1, de la tige; 4, tige âgée; 5, bois longitudinalement; *m. p. i.* 1, méristème d'un premier fascicule; P, pont ligneux; M, moelle; *c. s.*, canal sécréteur; *p. i.* 4, *p. i.* 5, 4ᵉ et 5ᵉ fascicules suivant un même rayon: *v*, vaisseau ponctué; *f. t.*, fibre trachéide.

Alors que le développement centrifuge du bois se poursuit indéfiniment, l'activité centripète du cambium s'arrête au contraire dès l'apparition des premiers vaisseaux, mais de nouveaux fascicules libériens centrifuges s'ajoutent aux précédents et s'observent dans tous les secteurs du cylindre ligneux (*fig.* 4). Ils se forment toujours de la même façon : recloisonnement de certaines cellules d'un îlot cambial centrifuge méatique, différenciation criblée puis pont ligneux.

Ce phloème diffère du liber normal centripète par l'absence de canaux

sécréteurs et la présence de nombreux méats. Ces méats, de formation précoce, corroborent les observations de Martens et Pigneur qui s'élèvent contre la conception améatique classique du liber ([4]). Enfin, le bois qui entoure chaque îlot comporte des fibres trachéides (*fig.* 5) dont les caractères primitifs n'ont pas encore été signalés; elles ressemblent davantage à des trachéides qu'aux fibres trachéides typiques décrites par Jeffrey; elles ont en effet des ponctuations aréolées du type cycadéen dont les fentes atteignent à peine le pourtour de l'aréole et qui rappellent par conséquent les fibres découvertes par Lemesle chez les Apocarpées archaïques ([5]).

Ainsi le cambium de *Lebrunia* perd rapidement son activité bifaciale et le méristème centrifuge qu'il produit donne indifféremment naissance à du bois et à du liber contrairement à la potentialité normale d'un tel méristème.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les « masses chromatiques » signalées dans le cytoplasme de l'oosphère des Mnium.* Note ([*]) de M. **Claude Hamant**, présentée par M. Raoul Combes.

Il existe dans le cytoplasme de l'oosphère des sept espèces de Mnium qui ont été étudiées des nucléoles cytoplasmiques, émis plus ou moins précocement par le nucléole du noyau, dont ils gardent les caractères de colorabilité, et qui sont susceptibles de croissance et de fragmentation. Ces formations paraissent liées au gamète femelle fonctionnel.

Dans un travail sur *Mnium cuspidatum*, G. M. Holferty ([1]) a, le premier, signalé la présence, dans le cytoplasme de l'oosphère, de masses chromatiques (*mass of chromatin*) au nombre de 1 à 3. Puis J. Pottier ([2]) observe des phénomènes identiques chez *M. punctatum* et chez *M. undulatum*; G. S. Bryan ([3]) figure des *cytoplasmic bodies* chez *M. medium*. J'ai personnellement contrôlé toutes ces observations et je les ai étendues à *M. affine*, *M. hornum* et *M. rostratum*. Ces formations se rencontrent donc d'une manière constante dans le cytoplasme de l'oosphère de sept espèces de *Mnium*, et il n'est pas interdit de penser qu'elles constituent une originalité cytologique de ce genre. Mais il importe de remarquer, dès l'abord, que l'expression de *masses chromatiques*, créée par Holferty et reprise par Pottier ne peut être conservée. Ces masses, en effet, ne renferment pas d'acide thymonucléique et elles ne se colorent pas par la

([4]) *La Cellule*, 51, 1947, p. 186.
([5]) R. Lemesle, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 195.

([*]) Séance du 8 janvier 1951.
([1]) *Botanical Gazette*, 37, 1904, p. 106-126.
([2]) *Comptes rendus*, 173, p. 445 et 463.
([3]) *Botanical Gazette*, 84, 1927, p. 89-101.

réaction de Feulgen; elles présentent, par contre, une troublante identité d'aspect et de colorabilité avec le nucléole, qui leur donnerait naissance à la faveur d'une fragmentation, hypothèse émise par Holferty et reprise par Pottier. Des formations analogues ont été décrites dans les cellules animales([1]) sous le nom de nucléoles cytoplasmiques, terme qui me paraît pouvoir être également adopté ici.

Les nucléoles cytoplasmiques ne sont pas exclusivement localisés dans l'oosphère, et l'on peut les rencontrer aussi dans les diverses cellules de la rangée axiale, fait qui doit être mis en relation avec le moment où ils sont expulsés dans le cytoplasme. Sous ce rapport, deux catégories se dégagent des comparaisons réalisées :

1° le nucléole apparaît précocement dans la cellule centrale; on pourra donc le rencontrer dans la cellule ventrale, dans la cellule primaire du canal et dans les cellules qui en sont issues. Un certain hasard préside à cette distribution, car le nucléole cytoplasmique ne se divise pas d'une façon régulière. Dans ce cas, qui est celui de *M. undulatum*, des nucléoles cytoplasmiques se rencontrent dans une ou dans plusieurs cellules du canal du col, dans la cellule ventrale, puis dans l'oosphère et dans la cellule canal du ventre.

2° le nucléole cytoplasmique se forme en premier lieu dans la cellule ventrale et il ne se rencontre que dans les deux cellules qui en sont issues, ou uniquement dans l'une des deux, qui est alors l'oosphère fonctionnelle. C'est le cas de *M. affine*, *M. medium*, *M. cuspidatum* et *M. punctatum*. *M. hornum* et *M. rostratum* offrent souvent un cas extrême avec l'apparition du nucléole cytoplasmique dans l'oosphère seulement. Son existence dans les cellules de la paroi du col archégonial, signalée par Pottier, est très douteuse et se trouve infirmée par mes observations.

Les nucléoles cytoplasmiques proviennent du nucléole du noyau. Chez *M. rostratum*, le nucléole du noyau de l'oosphère se rapproche de la membrane nucléaire qu'il déforme en hernie et crève, puis il se vide d'une partie de sa substance, sous la forme d'un nuage qui ne se mélange pas au cytoplasme et qui se rassemble ensuite en globule. Celui-ci atteint rapidement, puis dépasse le volume du nucléole. Chez *M. undulatum*, le nucléole du noyau de la cellule centrale ou d'une des cellules qui en sont issues, s'étrangle en 8, ou se lobe en trèfle, rarement en mûre; on observe ensuite le ou les nucléoles cytoplasmiques appliqués à l'extérieur de la membrane nucléaire, puis ils s'en écartent, et ils subissent, comme dans le premier cas, une importante augmentation de volume, qui leur fait dépasser la taille du nucléole nucléaire. Ce sont, au début, des granules denses, sphériques, de 1$^{\mu}$,5 de diamètre, dont la colorabilité est identique à celle du nucléole; ils s'étranglent ensuite en 8, dont les deux moitiés se séparent, ou restent unies, ce qui explique leur

([1]) Nouvel, *Les Dicyémides* (*Arch. de Biol.*, 58, 1947, p. 57-220).

répartition capricieuse dans les cellules-filles. Dans l'oosphère mûre, le nucléole cytoplasmique se présente fréquemment sous l'aspect de sphères égales ou inégales, de 4-5$\mu$ de diamètre en moyenne, isolées ou accolées par 2-3; le centre en est moins dense et plus faiblement colorable que la zone périphérique. Les réactions de coloration sont les mêmes que celles du nucléole, même à maturité, mais la colorabilité du nucléole cytoplasmique diminue à mesure qu'il croît, comme si son contenu initial, se diluait. Il est habituellement cerné par une auréole cytoplasmique claire.

Les nucléoles cytoplasmiques sont liés au gamète femelle, dans le genre *Mnium*. Ils sont présents dans toutes les cellules fécondables : oosphère normale, oosphère surnuméraire quand elle existe, oosphère des organes androgynes (*M. medium*, *M. rostratum*). Ils persistent après la fécondation, mais ils ne se fragmentent plus, et leur répartition dans les cellules de l'embryon est fonction de l'endroit où ils se trouvent au moment des cloisonnements; on les observe donc, après la première division du zygote, soit dans la cellule supérieure, soit dans la cellule inférieure. Ils sont discernables encore durant quelques divisions, puis ils se résorbent dans le cytoplasme.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques hybrides d'*Iris. I. *Hybrides diploïdes et triploïdes* Pogoniris *grands*. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des anomalies de la méiose sont signalées chez quelques hybrides diploïdes et triploïdes d'*Iris Pogoniris* grands; et la plupart d'entre elles peuvent être rapportées à des changements de structure chromosomiques (translocations, inversions par exemple). Apparus spontanément ou sous l'action des conditions de milieu (température, etc.) de tels changements ont une importance certaine comme facteurs d'évolution.

C'est dans le but de vérifier certaines généalogies chez les Iris des Jardins (*Pogoniris* grands) que quelques hybrides ont été réalisés puis étudiés au point de vue méiotique. Les premiers résultats obtenus font l'objet de la présente Note.

Entre *Pogoniris* grands diploïdes ($n=12$) : *pallida, variegata, imbricata* et *Perrieri* (*nom. nud.*) (¹) nous avons obtenu les combinaisons suivantes : *variegata* × *Perrieri*, *pallida* × *variegata*, *pallida* × *Perrieri*, *imbricata* × *pallida* et les hybrides inverses; tous sont à $2n=24$.

A la méiose de l'*I. variegata* × *Perrieri*, $n=12$ existe dans les 9/10 des cellules examinées, un trivalent a été observé dans deux cellules et des univalents (0—2) dans huit cellules, soit, en moyenne, par cellule : 0,3 univalents,

(¹) C'est l'*I. aphylla* de l'Arcluraz (*Ann. Sci. Nat.*, **16**, 1934, p. 283-284).

11,8 bivalents, 0,04 trivalents, c'est-à-dire 23,7 éléments conjugués pour 11,8 configurations chromosomiques.

Chez l'*I. pallida* × *variegata*, $n = 12$ n'est plus présent que dans une seule cellule et dans les autres des univalents (0 — 5), des bivalents (6 — 12) et dans les 9/10 des cellules des trivalents (0 — 3) sont présents; en outre un tétravalent a été trouvé dans deux cellules et un pentavalent dans une autre, soit en moyenne, par cellule : 2,6 univalents, 8,4 bivalents, 1,4 trivalents, 0,04 tétravalents et 0,02 pentavalents, c'est-à-dire 21,2 chromosomes conjugués pour 9,8 configurations. Les *I. pallida* × *Perrieri* et *imbricata* × *pallida* ont un comportement à peu près identique.

Entre *Pogoniris* grands diploïdes et tétraploïdes ($n = 24$ : *Cypriana, macrantha, Ricardi* et *aphylla*) nous avons obtenu quatre hydrides : *macrantha* × *imbricata, aphylla* × *pallida, Cypriana* × *variegata* et *pallida* × *macrantha* tous triploïdes à $2n = 36$. En outre, l'étude de la méiose de l'*I. Ricardi* × *pallida* = × *Mlle Schwartz* (Denis) a été reprise sur un matériel plus abondant ([2]). De nombreux trivalents (0 — 9) associés à des bivalents (3 — 13) à des univalents (3 — 13) et à quelques rares tétravalents (0 — 1) caractérisent l'ensemble de ces hybrides. Ainsi, pour les *I. macrantha* × *imbricata* et × *Mlle Schwartz* on trouve respectivement en moyenne, par cellule : 9,0 et 7,3 univalents, 9,3 et 7,7 bivalents, 2,8 et 4,4 trivalents et 0,03 tétravalents, c'est-à-dire 27,0 et 28,7 éléments conjugués pour 12,1 configurations. Les trois autres hybrides ont un comportement intermédiaire entre ces deux extrêmes. La somme des configurations bivalentes et trivalentes dépasse souvent 12 (jusqu'à 57 % des cellules chez l'*I. pallida* × *macrantha*) et atteint même 15 dans une cellule de l'*I. aphylla* × *pallida*.

Un pont de chromatine relie assez souvent les masses anaphasiques des divisions I et II de l'*I. macrantha* × *imbricata* et des quatre hybrides diploïdes étudiés.

Ces examens méiotiques montrent que parmi les hybrides diploïdes, seul l'*I. variegata* × *Perrieri* a une méiose très proche de la normale; les génômes des parents devant être presque entièrement homologues. Par contre, les trois autres hybrides ont un comportement tout différent et inattendu par suite du nombre élevé de trivalents et l'existence de quelques tétravalents et pentavalents; soit exactement l'association chromosomique déjà découverte pour la conjugaison d'une autre garniture diploïde *Pogoniris* chez l'*I. pallida* × *Leichmac* ([3]). Malgré la série polyploïde multiple de quatre qui caractérise les *Pogoniris*, on sait, par le comportement généralement asyndétique des chromosomes *pallida* chez les *Pogoevansia, Pogocyclus* et *Pogoregelia* (*loc. cit.*),

---

([3]) *Bull. Biol. France et Belg.*, **66**, 1932, p. 255-444.

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1544.

que les *Pogoniris* grands à $n = 12$ ne sont pas autopolyploïdes et que ce n'est pas à l'autopolyploïdie que doit être attribuée la formation presque régulière de trivalents à la méiose de la plupart de leurs hybrides, mais bien plutôt à des changements de structure d'ordre chromosomique : translocations simples ou réciproques, par exemple.

De même, chez les hybrides triploïdes la présence de quelques tétravalents et l'existence fréquente de cellules à 13, 14 et 15 configurations, au lieu de 12, laissent entrevoir que ces triploïdes ne sont pas seulement des hybrides « numériques » mais aussi des hybrides « structuraux ». Il est donc probable que des modifications de structure sont aussi intervenues pour différencier les génômes des espèces tétraploïdes, ce qui pourrait permettre d'expliquer certaines associations polyvalentes complexes (hexavalentes ou octovalentes) difficiles à interpréter avec exactitude chez des hybrides *Pogoniris* tétraploïdes [4].

Un autre type de modifications « structurales » existe encore chez la plupart de ces hybrides, y compris l'*I. variegata* × *Perrieri*, puisque les plantes qui présentent des ponts de chromatine (probablement accompagnés de fragments) aux anaphases des divisions I et II sont le plus souvent interprétées comme hétérozygotes pour quelques inversions entre chromosomes homologues.

Signalons enfin que ces diverses anomalies méiotiques entraînent une certaine stérilité : le pollen des triploïdes ne renferme que 40-65 % de grains bien conformés, celui des hybrides diploïdes de 20 à 40 %, alors que l'*I. variegata* × *Perrieri*, à méiose à peine altérée, en renferme 85 à 90 %.

PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION. — *Mécanisme glycostatique de la régulation de la nutrition. I. Mécanisme à court terme.* Note de M. **Jean Mayer**, présentée par M. André Mayer.

Une série d'expériences, utilisant le Rat, le Chien, la Souris et l'Homme comme sujets a montré que l'ajustement à court terme des entrées aux sorties énergétiques est réglée par les variations de la glycémie, tandis que le mécanisme de correction à long terme est sous la dépendance du taux du glycogène hépatique.

La question de la régulation de l'appétit est l'un des plus anciens problèmes de la physiologie. Posé clairement pour la première fois par Haller [1], elle a progressé pendant les deux derniers siècles sur plusieurs points sans recevoir jusqu'ici une réponse définitive. Trois avances récentes doivent être men-

---

([4]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1158.

([1]) *Fames et Sitis, Elementa Physiologiæ*, **6**, 1776, p. 185.

tionnées : le rôle des contractions gastriques dans la genèse de la faim (Carlson) ([2]); l'indication du rôle de l'hypothalamus dans la régulation de l'appétit que montre la provocation d'hyperphagie par certaines lésions de l'hypothalamus ([3]); et les travaux de André Mayer et de ses collaborateurs sur les caractéristiques de la régulation ([4]). Ces travaux ont montré que la nutrition est un phénomène réglé et que cette régulation est assurée par deux mécanismes : un mécanisme d'ajustement des entrées aux sorties, à court terme; et un mécanisme de correction par compensations successives, opérant sur des périodes de plusieurs jours; ces deux mécanismes étant caractérisés par leur précision, leur sensibilité et leur fidélité propres. Les expériences que nous allons résumer ici ont trait au côté biochimique du problème et permettent d'interpréter l'existence des deux mécanismes régulateurs.

Dans cette Note nous étudierons le *mécanisme d'ajustement à court terme*.

Ce mécanisme repose sur les variations de la glycémie.

Des expériences faites sur des chiens, des rats, et sur des hommes soumis à des injections intraveineuses ont permis d'établir que tout facteur tendant à augmenter le taux de la glycémie a pour effet de diminuer l'ingestion d'aliments fournisseurs d'énergie et réciproquement. Par exemple, des ingestions de glucose et de fructose diminuent l'appétit bien au delà de l'équivalent calorique du sucre administré. Ce fait a été établi d'abord par la comparaison de l'ingestion volontaire étudiée dans des groupes de 60 rats recevant par injection intraveineuse, les uns un ou deux grammes par jour de glucose et les autres (témoins) recevant un volume identique de solution isotonique de chlorure de sodium. Il a été étendu à des hommes, volontaires hospitalisés, recevant des injections de glucose couvrant le quart de leurs besoins caloriques théoriques et chez qui tout désir alimentaire fut aboli.

D'un autre côté, chez le Rat, le Chien ou l'Homme, tout agent diminuant le taux de la glycémie entraîne une augmentation de l'ingestion d'aliments énergétiques. Par exemple, l'insuline, employée à doses suffisamment petites pour ne pas diminuer le taux de la glycémie au delà de la valeur caractéristique du jeûne, augmente de façon significative l'ingestion calorique.

L'exercice musculaire augmente immédiatement la consommation énergétique si sa durée et son intensité sont suffisantes pour provoquer une chute relative de la glycémie.

Par contre, les agents dont l'administration n'est pas suivie de variations de la glycémie comme le sucrose, même donné à doses considérables, ne modifient

---

([2]) *The Control of Hunger in Health and Disease*, Chicago, 1916.

([3]) J. R. Brobeck, *Phys. Rev.*, 26, 1946, p. 541.

([4]) A. Gasnier et A. Mayer, *Ann. Phys.*, 15, 1939, p. 146, 157, 186, 195, 210; Chevillard, Gasnier et A. Mayer, *Ann. Phys.*, 15, 1939, p. 271.

pas la consommation énergétique. Ce fait a été vérifié sur plusieurs espèces animales et sur l'Homme.

Deux faits doivent être notés. D'une part, le facteur essentiel de la régulation est constitué, non par le taux absolu de la glycémie, mais par les variations de la glycémie au cours de la journée. Ceci a pu être montré par l'étude d'animaux présentant des degrés divers de diabète, par exemple. D'autre part l'organisme s'adapte après quelques jours à un nouveau taux de glycémie. Chez le Rat traité par l'insuline à faible dose, cette adaptation se constate après une semaine. Si le traitement est interrompu à ce moment, il se produit une chute de l'appétit, coïncidant avec la montée du taux de glycémie.

La glycémie paraît agir sur une zone particulièrement réceptive de l'hypothalamus, probablement en causant indirectement des variations de l'état électrique des tissus, par l'intermédiaire de variations du taux de phosphorylation.

ZOOLOGIE. — *Morphogenèse des colonies du Bryozoaire* Bugula neritina *L.* Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

*Bugula neritina*, Bryozoaire très commun dans le Vieux-Port de Marseille, forme normalement des colonies arborescentes sans aviculaires, à ramification régulièrement dichotomique, dont les branches portent des zoïdes disposés sur deux rangées parallèles, les zoïdes de la rangée droite alternant régulièrement avec ceux de la rangée gauche. Les zoïdes sont *asymétriques :* il en existe deux types, droit et gauche, correspondant aux deux rangées d'un rameau. Tous les zoïdes d'une colonie ont la même orientation dorso-ventrale.

1. Les colonies s'accroissent normalement par les extrémités des rameaux. A chaque extrémité, on trouve deux bourgeons inégaux : le plus petit prolonge le dernier zoïde complètement différencié; le plus développé prolonge, sur l'autre file, l'avant-dernier zoïde formé. Chaque zoïde engendre un bourgeon de même asymétrie.

Lors de la ramification dichotomique d'une branche, le zoïde terminal droit fournit deux bourgeons, l'un droit, l'autre gauche, origines des deux files de zoïdes de la branche droite de la ramification. Le zoïde terminal gauche engendre de la même façon les deux files de la branche gauche.

2. Dans une touffe isolée en culture, les zoécies basales en dégénérescence peuvent produire de nouveaux rameaux qu'on peut qualifier d'*adventifs*. Un bourgeon en massue sort par l'ouverture de la zoécie et engendre bientôt de nouveaux zoïdes (un tous les deux jours à 15°). Les premiers zoïdes ainsi formés sont disposés sur une seule rangée. Ce type de bourgeonnement simple produit d'une à quatre zoécies. Puis la disposition normale sur deux files en

alternance réapparaît, le dernier des zoïdes isolés engendrant deux bourgeons inégaux.

Tous les zoïdes de la file simple sont de même asymétrie (droite ou gauche) que le zoïde qui a produit le rameau adventif. Cette conservation de l'asymétrie dans le bourgeonnement est d'autant plus remarquable que la face ventrale des rameaux adventifs ne coïncide généralement pas avec celle du rameau d'origine.

Le passage de la disposition sur une file à la disposition sur deux files dans les rameaux adventifs est analogue à celui qu'on observe dans chaque file de zoïdes d'une branche subissant la ramification dichotomique normale.

3. La section transversale d'un rameau d'une colonie hors de la zone terminale de bourgeonnement est rarement suivie de régénération. On peut observer cependant deux types de « *régénération* » :

*a*. La régénération peut s'effectuer simultanément à partir des deux zoécies intéressées par la section. Elle produit deux files de zoécies qui se raccordent exactement avec les parties anciennes du rameau : on peut parler, dans ce cas, d'une véritable régénération de la colonie dans son ensemble.

*b*. Plus fréquemment, une seule des zoécies sectionnées est l'origine d'une régénération : elle produit un bourgeon en massue, qui sort par l'ouverture de la zoécie, ou par l'extrémité du rameau et évolue ensuite exactement de la même façon qu'un rameau adventif.

L'accroissement des rameaux normaux, celui des rameaux adventifs et des rameaux de régénération, sont ainsi soumis aux mêmes règles : 1° *lorsqu'un zoïde n'engendre qu'un bourgeon, celui-ci est de même asymétrie que lui;* 2° *lorsqu'il en engendre deux simultanément, ceux-ci diffèrent par leur asymétrie et leur taille et le plus avancé est celui dont l'asymétrie est opposée à celle du zoïde bourgeonnant.*

4. Pour voir si le fait pour un zoïde de ne fournir qu'un bourgeon, alors qu'il possède la potentialité d'en donner deux, résulte d'une *inhibition* exercée par le bourgeon de l'autre file, j'ai lésé les bourgeons terminaux en voie de différenciation sur des rameaux adventifs à deux files de zoïdes. Lorsque l'intervention arrête le développement de l'un des bourgeons terminaux, l'autre évolue à la façon d'un bourgeon adventif à zoïde isolé unique : il donne un zoïde isolé conforme à son asymétrie présomptive, puis deux bourgeons inégaux qui rétablissent la disposition normale sur deux files. L'expérience confirme donc la notion d'une libération, sous l'influence de l'isolement, des potentialités de bourgeonnement maxima. Elle conduit à admettre l'existence d'une inhibition mutuelle entre les deux files parallèles de zoïdes dans la croissance d'un rameau normal. Il ne semble pas cependant qu'un isolement anatomique des deux files intervienne pour déterminer la ramification dichotome normale.

En définitive, la morphogenèse coloniale, chez *Bugula neritina*, paraît déterminée, dans le bourgeonnement simple comme dans le bourgeonnement double, par les interactions qui s'exercent à l'intérieur du groupe des trois zoïdes terminaux du rameau. Les zoïdes de cette *triade*, bien qu'ébauchés simultanément, sont à trois états de développement différents; le plus développé et le plus jeune sont de même asymétrie; le bourgeon de taille intermédiaire est, par son asymétrie et sa situation, opposé aux deux autres. Les relations entre les zoïdes de cette triade ne sont pas sans analogie avec celles qui lient les composants d'une *formation triple*.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Observations sur le cycle évolutif de* Rhynchites cœruleus *de Geer* (Col. Curculion). Note de M^me **Gilberte Guennelon-Aubanel**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le cycle évolutif de *Rhynchites cœruleus* de Geër est généralement complexe et variable dans la nature, car une proportion plus au moins grande des larves peuvent subir une diapause, ou un arrêt évolutif d'anhydrobiose, selon les conditions auxquelles elles sont soumises.

Nos connaissances sur le cycle évolutif du Charançon *Rhynchites cœruleus* s'appuient sur des renseignements contradictoires, relevés par A. Balachowsky et L. Mesnil (1). Certains auteurs pensent que la nymphose et l'apparition des imagos ont lieu l'année même de la ponte et du développement larvaire; d'autres indiquent, au contraire, que la métamorphose ne se produit que l'année suivante.

La ponte a lieu dans la nature, de la fin avril au début juillet, dans les jeunes pousses d'arbres fruitiers. Les rameaux contenant les œufs, sectionnés par les femelles, tombent sur le sol, et les larves les minent pour y accomplir leur développement.

Nous avons cherché à connaître la période pendant laquelle s'accomplit le développement, de l'œuf à l'adulte, dans un certain nombre de conditions écologiques : nous avons recueilli des rameaux contenant des œufs et contrôlé l'apparition des imagos après la nymphose, sans manipuler les rameaux et les larves qu'ils pouvaient contenir.

Les rameaux ont été groupés à la surface de pots de terre répartis dans les trois situations suivantes d'un verger :

*Série* I. — Pontes placées parmi un herbage touffu, sous l'ombrage d'un arbre de feuillage dense.

*Série* II. — Pontes déposées sur le sol nu d'un emplacement dépourvu d'ombre.

*Série* III. — Pontes placées sous un toit-abri, sur un sol ne recevant jamais d'eau.

(1) *Insectes nuisibles aux plantes cultivées*, Paris, 1936.

Les adultes ont été ramassés, dès leur sortie, après la mue imaginale d'août à octobre. En novembre, les rameaux ont été dilacérés, et les terres tamisées, afin de recueillir les nymphes et adultes tardifs, ainsi que les larves ayant terminé leur développement, mais non encore transformées.

Le Tableau suivant exprime les résultats obtenus :

| | Série I. | Série II. | Série III. |
|---|---|---|---|
| Nombre d'œufs placés en élevage au printemps 1950 ............ | 416 | 556 | 340 |
| Nombre d'adultes éclos d'août à novembre 1950 .............. | 249 | 257 | 0 |
| Nombre de larves non nymphosées en novembre 1950 ............. | 3 | 57 | nombreuses larves |
| Pourcentage de adultes ......... | 99 % | 82 % | 0 % |
| Pourcentage de larves .......... | 1 % | 18 % | 100 % |

Les larves de la série III n'ont pas été dénombrées, parce qu'elles se trouvaient encore toutes dans les rameaux et qu'elles n'en ont pas été retirées.

Les mêmes constatations avaient été faites les deux années précédentes : *une certaine proportion de larves ne se nymphosent qu'au cours de l'été suivant.*

Des observations comparables ont été notées par Velbinger ([2]) sur la complexité du cycle évolutif de deux espèces voisines, *Rhynchites bacchus* L. et *Rhynchites æquatus* L.

Il semble que les larves qui ne se nymphosent pas l'année même de leur éclosion subissent *un arrêt de développement au terme de leur croissance.* Pour nous en assurer, nous avons placé les larves recueillies en novembre 1950, dans les essais précédents, dans des conditions constantes et considérées comme les plus favorables, de température (+ 20 et + 25° C) et d'humidité (80-90 % H. R.)

Aucune reprise de développement, c'est-à-dire de métamorphose n'ayant été constatée deux mois plus tard, nous admettons que les individus qui n'ont pas atteint l'état adulte, l'année même de la ponte, subissent une diapause larvaire.

L'expérience exposée plus haut indique que la proportion des larves soumises à cette diapause, varie (séries I-III) en fonction des conditions écologiques et surtout du taux d'humidité.

Des élevages réalisés au laboratoire, à partir de l'œuf, confirment ce point de vue : à 20° C et à 95 % d'H. R., toutes les laves se sont développées et transformées en adultes, en 60 jours en moyenne; à la même température, mais à

([2]) *VIII^e Congrès Intern. d'Ent.*, Stockholm, 1950, p. 958.

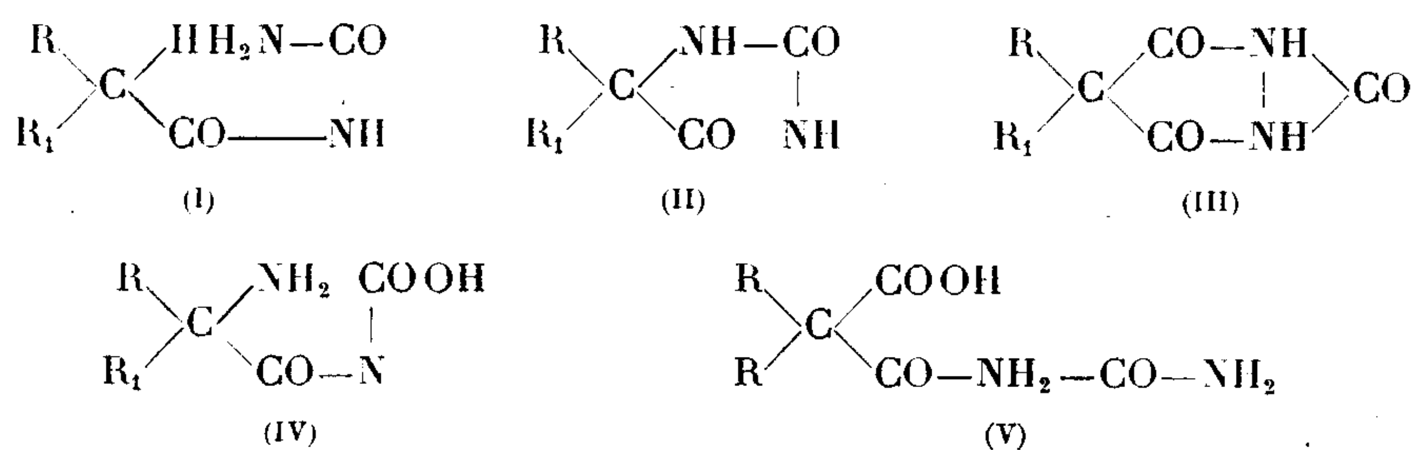
70 % d'H. R., 80 % des larves se sont développées et transformées en 70 jours environ, tandis que 20 % entraient en diapause à la fin du développement larvaire.

Il ne nous a pas été possible de réussir un élevage à un faible taux d'humidité relative.

*La diapause larvaire qui se produit chez* R. cœruleus *correspond donc à un phénomène d'anhydrobiose* ([3]), ([4]). Elle ne peut être rompue pendant une certaine période.

PHARMACOLOGIE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux.* VIII. *Influence de l'ouverture du noyau.* Note de MM. **René Hazard, Jean Cheymol, Pierre Chabrier** et M<sup>lle</sup> **Klaudia Smarzewska**, présentée par M. Léon Binet.

Spielman et coll. ([1]), au cours d'une étude sur les acylurées, signalent les remarquables propriétés anticonvulsivantes de la phénacétylurée (composé 46). Goodman et coll. ([2]), considérant la parenté chimique entre les acylurées (I), hydantoïnes (II) et barbituriques (III), émettent l'hypothèse suivante : les hydantoïnes et les barbituriques antiépileptiques se transforment dans l'organisme par ouverture du noyau en corps à chaîne linéaire actifs, où la phénacétylurée se cyclise *in vivo* pour agir.




Les propriétés chimiques des séries considérées rendent plus vraisemblable un tel mécanisme, l'action ménagée des agents d'hydrolyse conduisant aux composés (IV) pour les hydantoïnes, (V) pour les barbituriques et les

([3]) A. Giard, *C. R. Soc. Biol.*, 46, 1894, p. 497.
([4]) E. Roubaud, *Bull. Biol.*, 56, 1922, p. 455.

([1]) A. Spielman, A. O. Geizler et W. J. Close, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 4189.
([2]) L. S. Goodman, J. E. P. Toman et E. A. S. Swinyard, *Arch. intern. pharmacodyn.*, 78, 1949, p. 144-162.

acylurées (I) n'ayant pu être cyclisées en hydantoïnes. Toutefois nous avons éprouvé cette hypothèse en comparant les effets sur la crise pentétrazolique chez le Lapin ([3]) des hydantoïnes et thio-hydantoïnes étudiées dans nos recherches antérieures ([4]) et des acylurées correspondantes.

| | | | | Crise. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Numéro du corps. | Constitution. | Point de fusion (°C). | Nombre d'animaux. | Pentétrazolique. Protection (%). | Électrique. Protection (%). |
| 38 | 5-monométhylhydantoïne | 145 | 5 | 20 | – |
| 41 | Propionyl-urée | 202 | 8 | 25 | – |
| 6 | 5.5-diméthylhydantoïue | 175 | 14 | 50 | – |
| 42 | Isobutyrylurée | 168 | 16 | 18 | – |
| 37 | 5-monométhyl-2-monothiohydantoïne | 161 | 5 | 20 | – |
| 43 | Propionyl thio-urée | 139 | 5 | 40 | – |
| 9 | 5.5-diméthyl 2-monothiohydantoïne | 174 | 10 | 50 | – |
| 44 | Isobutyryl thio-urée | 112 | 11 | 9 | – |
| 39 | 5-monophénylhydantoïne | 184 | 5 | 0 | 0 |
| 46 | Monophénacétylurée | 214 | 30 | 66 | 100 |
| 27 | 5.5-diphénylhydantoïne | 295 | 5 | 0 | 75 |
| 48 | Diphénacétylurée | 237 | 9 | 55 | 0 |
| 40 | 5-monophényl-4-monothiohydantoïne | 260 | 7 | 0 | 0 |
| 47 | Monophénacétyl thio-urée | 116 | 7 | 71 | 0 (*) |
| 28 | 5.5-diphényl 2-monothiohydantoïne | 235 | 10 | 50 | 0 |
| 49 | Diphénacétyl thio-urée | 100 | 12 | 25 | 0 |

(*) Crises très diminuées.

L'examen du tableau ci-dessus montre qu'il y a apparition ou exaltation du pouvoir protecteur dans les quatre couples de corps (37-43), (39-46), (27-48), (40-47); pas de modification d'activité dans (38-41) et diminution dans trois cas (6-42), (9-44), (28-49). Ce classement expérimental semble indépendant de la présence ou de l'absence du soufre dans les molécules de ces corps.

Plus intéressant à considérer paraît être le cas des dérivés phénylés. Alors que parmi les quatre dérivés hydantoïniques (39-27-40-28), ce dernier seul a une faible activité antipentétrazolique, les quatre corps obtenus par ouverture du cycle sont doués d'un certain pouvoir protecteur contre cette crise.

([3]) Crise épileptiforme déclenchée par l'injection intraveineuse de $25^{\text{mg}}$ de pentétrazol par kilogramme d'animal. L'injection dans la veine du produit essayé pour son pouvoir protecteur éventuel faite 15 minutes avant celle de pentétrazol entraîne une des trois possibilités suivantes : crise normale, crise diminuée, protection.

([4]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1850, 2018; **227**, 1949, p. 312, 736; **228**, 1949, p. 958, 1234, 1762.

Si, restant dans ce groupe, nous recherchons la protection contre l'électro-choc ([5]), nous constatons (*voir* tableau) :

pour les dérivés monophénylés (39) et (40) tous deux inactifs contre les deux crises, l'apparition d'une protection absolue pour (46) et un raccourcissement très net des crises pour (47);

pour les dérivés diphénylés rien de semblable entre (27-48), il y a inversion des effets entre la diphénylhydantoïne inactive sur le pentétrazol et très protectrice contre la crise électrique et la diphénacétylurée aux actions opposées. Quant aux deux corps (28-49), ils sont tous deux actifs contre le pentétrazol et ne protègent pas contre l'électro-choc.

Cette irrégularité dans les résultats s'oppose à l'hypothèse proposée par Goodman et ses collaborateurs pour expliquer la grande activité thérapeutique de la phénacétylurée. En effet nous voyons :

1° la diphénylhydantoïne, inactive sur la crise pentétrazolique, très efficace sur la crise électrique, inverser ses effets dans la molécule correspondante à cycle ouvert;

2° la cyclisation de la monophénacétylurée très active sur les deux tests essayés conduire à la monophénylhydantoïne inefficace contre les deux crises expérimentales.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h15m.

L. B.

---

([5]) Électro-choc déterminé par passage pendant 0,5 seconde d'un courant alternatif 60 V, 50 p/sec.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 FÉVRIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **VICTOR WEISSKOPF**, Professeur à l'Institut technologique du Massachusetts, qui assiste à la séance.

### MÉCANIQUE. — *A propos de l'équation de Mathieu.* Note (*) de M. **JULES HAAG.**

Étude de la stabilité des solutions périodiques d'une équation de Mathieu, munie de petits termes perturbateurs. Étude analogue pour des équations plus générales.

1. Dans une récente Note ([1]), M. Minorsky étudie la stabilité de la solution périodique d'une équation de Mathieu munie de petits termes perturbateurs appropriés. Le problème ainsi envisagé est un cas particulier très simple de ma théorie générale de la synchronisation des oscillateurs linéaires ([2]). Je vais le reprendre, en le généralisant.

2. Soit l'équation

$$\theta'' + \theta = \lambda[H(\theta, \theta')\cos\omega t + F(\theta, \theta')], \tag{1}$$

où $\lambda$ désigne un facteur constant positif, les fonctions H et F satisfaisant aux conditions générales indiquées dans le Mémoire précité. On démontre facilement que *la synchronisation sous-harmonique est seule possible.* Posons alors

$$\omega\sqrt{1+\lambda\varepsilon} = N, \text{ nombre entier.} \tag{2}$$

Pour $\lambda$ suffisamment petit, les solutions périodiques sont déduites de l'équation

$$W(y) = \frac{L^2+M^2}{\Delta^2} = 1, \tag{3}$$

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1417.

([2]) *Ann. Ec. Norm.*, (3), 64, p. 285; *Ann. fr. de Chronom.*, 1947, p. 218.

avec

$$(4)\qquad L = -B\left(\frac{\varepsilon}{2} + P\right) + DQ, \qquad M = C\left(\frac{\varepsilon}{2} + P\right) - AQ, \qquad \Delta = AB - CD,$$

$$(5)\qquad \left\{ \begin{aligned} -2\pi A y &= \int_0^{2\pi} H \cos N\varphi \cos\varphi \, d\varphi, & -2\pi B &= \int_0^{2\pi} H \sin N\varphi \sin\varphi \, d\varphi, \\ -2\pi C &= \int_0^{2\pi} H \cos N\varphi \sin\varphi \, d\varphi, & -2\pi D y &= \int_0^{2\pi} H \sin N\varphi \cos\varphi \, d\varphi. \end{aligned} \right.$$

Les fonctions P et Q sont ce que deviennent A et C pour $N = 0$ et $H = F$. On doit remplacer, sous le signe $\int$, $\theta$ par $y\cos\varphi$ et $\theta'$ par $-y\sin\varphi$, $y$ étant supposé constant.

Les *conditions de stabilité* sont

$$(6)\qquad \Delta W'(y) > 0, \qquad \frac{d(Qy)}{dy} + \frac{y}{\Delta}(LI + MJ) < 0,$$

avec

$$(7)\qquad 2\pi I = \int_0^{2\pi} \frac{\partial H}{\partial \theta'} \cos N\varphi \, d\varphi, \qquad 2\pi J = \int_0^{2\pi} \frac{\partial H}{\partial \theta'} \sin N\varphi \, d\varphi.$$

2. *L'équation de Mathieu* s'obtient pour $H = \theta$, $F = 0$. La deuxième condition (6) n'est par vérifiée. Donc, *les solutions périodiques sont instables:* ce qui est d'ailleurs évident sur l'intégrale générale, qui contient un terme séculaire. Pour obtenir un mouvement périodique stable, il est nécessaire d'introduire une force perturbatrice dépendant de la vitesse et telle que la fonction $Qy$ soit décroissante, ce qu'on obtient en particulier par les résistances passives.

On a $C = D = 0$. Pour que A et B ne soient pas nuls, il faut $N = 2$; on a alors $A = B/y = 1/4$; d'où

$$W(y) = 4(\varepsilon + 2P)^2 + 16\frac{Q^2}{y^2}.$$

S'il n'y a pas d'autres forces perturbatrices que les résistances passives, on a $P = 0$; la fonction $|Q|/y$ doit être croissante. Cela exige une résistance *croissant plus vite que la vitesse*. Par exemple, si elle vaut $k\theta'^2$, on a $Q = (4ky^2/-3\pi)$. Il y a *un mouvement stable* si $|\varepsilon| < 1/2$.

On peut aussi introduire une *force perturbatrice fonction de* $\theta$ et telle que P ne soit pas nul. Par exemple, si l'on a une résistance visqueuse de décrément logarithmique $\lambda\delta$ et la force $\lambda a\theta^3$, on a

$$P = \frac{3ay^2}{-8}, \qquad Q = -\frac{\delta y}{2\pi}.$$

Si $a\varepsilon \leqq 0$, il y a un mouvement stable pour $\varepsilon^2 + (\delta^2/\pi^2) < 1/4$; si $a\varepsilon > 0$, il suffit que $\delta < \pi/2$.

On retrouve la solution de M. Minorsky, avec d'autres notations ([3]), en faisant ci-dessus $\varepsilon = 0$.

4. On peut se demander *s'il n'est pas possible de synchroniser avec la force synchronisante seule*, c'est-à-dire en prenant $F = 0$, donc $P = Q = 0$. Supposons par exemple $H = F(\theta) + G(\theta')$. On démontre facilement que N doit être *pair* et que F et G doivent être des *fonctions impaires*.

Par exemple, pour $N = 2$ et $H = \theta + a(\theta^3 + k\theta'^3)$, on obtient $W = 4\varepsilon^2 Z$, avec

$$z = \frac{(2+z)^2 + 4k^2z^2}{[(1+z)(2+z) + k^2z^2]^2}, \qquad z = ay^2.$$

Une étude élémentaire des variations de Z montre que $a$ et $\varepsilon k$ doivent être $< 0$. Si $k^2 \geq 1/8$, Z admet au maximum $\alpha^2$. Il y a *un mouvement stable* si $1/2\alpha < |\varepsilon| < 1/2$. Si $k^2 = 1/8$, $\alpha = \infty$. Si $k^2 > 1/8$, Z a un minimum $\alpha^2$ et deux discontinuités. Il y a *un ou deux mouvements stables*, suivant que $|\varepsilon|$ est compris entre $1/2$ et $1/2\alpha$ ou extérieur à cet intervalle. On a d'ailleurs $\alpha > 1$ pour $k^2 > 0{,}04$ environ.

Et l'on peut trouver une infinité d'autres exemples analogues.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la conservation des propriétés antidotiques des complexes antagonistes à base de pénicilline, de streptomycine et de subtiline.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux**.

Dès nos premières recherches sur les complexes antagonistes, autrement dit sur les filtrats de culture des germes antagonistes, nous avons montré que ces complexes étaient résistants à la chaleur et à l'action d'une petite quantité de formol. Des expériences nous avaient, en effet, permis de nous rendre compte que les complexes à base de pénicilline, de streptomycine et de subtiline, additionnés de 1 pour 2000 de formol et chauffés pendant 30 à 45 minutes à 52-55° conservent leurs propriétés ([1]) pendant plusieurs mois, de même que les solutions formolées et chauffées des substances purifiées correspondantes ([2]).

Il nous a été donné récemment de rechercher le pouvoir antidotique ([3]) d'un certain nombre de complexes préparés depuis plusieurs années, formolés à 1 pour 2000, chauffés 1/2 heure à 52° et conservés entre + 5 et + 10°, en

---

([3]) Le facteur $p$ de cet auteur doit être $< 0$.

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 213; **222**, 1946, p. 621; **222**, 1946, p. 772.

([2]) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 368; **224**, 1947, p. 429.

([3]) *Voir* à ce propos, G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 509.

mettant en contact 100 doses minima hémolytiques de toxine staphylococcique et des quantités variables de complexes et en constatant la présence ou l'absence d'hémolyse dans ces mélanges additionnés, après un séjour de 6 heures à l'étuve à 37°, d'une goutte de globules rouges de Lapin.

Le tableau suivant rend compte des résultats obtenus :

| | Premier titrage. | | Deuxième titrage (18/1/51). |
|---|---|---|---|
| Numéro. | Date. | Pouvoir antidotique. | Pouvoir antidotique. |
| *Complexes antagonistes à base de pénicilline.* | | | |
| 5... | 16/3/46 | + 3+10 | + 1— 3 |
| 6... | 29/3/46 | + 3—10 | + 3—10 |
| 7... | 1/4/46 | + 1— 3 | + 1— 3 |
| 10... | 10/4/46 | + 3—10 | + 1— 3 |
| 11... | 17/4/46 | + 3—10 | + 3—10 |
| 12... | 17/4/46 | — 3—10 | 3 |
| 15... | 17/4/46 | + 3—10 | + 3—10 |
| 17... | 27/2/47 | +10—20 | + 3—10 |
| 21... | 12/5/47 | —10—20 | + 3—10 |
| 22... | 10/7/48 | — 3—10 | 0 |
| 23... | 23/12/49 | 30 | +10—20 |
| *Complexes à base de streptomycine.* | | | |
| 20... | 10/10/47 | + 1— 3 | + 1— 3 |
| 22... | 10/10/47 | + 3—10 | + 1— 3 |
| 23... | 10/10/47 | 30 | + 3—10 |
| 24... | 10/10/47 | +40—60 | + 1— 3 |
| 25... | 10/10/47 | 30 | + 3—10 |
| 32... | 10/10/47 | 5 | 0 |
| 56... | 8/12/47 | 40 | + 3—10 |
| *Complexes à base de streptomycine.* | | | |
| 58... | 23/6/48 | 80 | + 3—10 |
| E ... | 16/11/48 | 50 | + 3—10 |
| G ... | 3/2/49 | 80 | +10—20 |
| H ... | 18/2/49 | 80 | +10—20 |
| 4.M. | 14/5/49 | 80 | +10—20 |
| O ... | 13/6/49 | 150 | +10—20 |
| R ... | 13/6/49 | 45 | +10—20 |
| S ... | 23/6/49 | 250 | +10—20 |
| U ... | 25/3/50 | 30 | 0 |
| *Complexes à base de subtiline.* | | | |
| 125... | 2/9/47 | 30 | 0 |
| 127... | 2/9/47 | 350 | +30—50 |
| 129... | 2/9/47 | 50 | + 3—10 |
| 134... | 18/9/47 | 500 | +30—50 |
| 143... | 18/9/47 | 15 | + 3—10 |
| 145... | 18/9/47 | 500 | +30—50 |
| 201... | 20/12/48 | 80 | +50—80 |
| 202... | 20/12/48 | 100 | + 3—10 |
| 203... | 21/2/50 | 50 | +20—30 |

On constate, à l'examen de ce tableau, que parmi les complexes examinés, certains dont le titre antidotique était particulièrement élevé, ont subi une baisse considérable, alors que d'autres dont le titre était nettement plus faible ont conservé une partie importante de ce pouvoir, à tel point que $1^{cm^3}$ de ces complexes se montre encore capable de neutraliser plusieurs centaines de doses minima hémolytiques de toxine staphylococcique.

Ces résultats montrent que ces complexes qui, comme nous l'avons établi antérieurement, peuvent être stabilisés, dans une certaine mesure et pendant plusieurs mois, grâce à l'action du formol et de la chaleur, ce qui rend leur utilisation particulièrement commode aussi bien pour le médecin que pour le vétérinaire, n'ont pas tous une durée de conservation indéfinie. Il faudra tenir compte de ces résultats lors de l'utilisation pratique des complexes dans la thérapeutique locale de certaines infections de l'Homme et des animaux. On sait, en effet, que les principes enzymatiques auxquels les propriétés anti-

dotiques semblent liées, exerçant localement leur activité sur les exsudats inflammatoires, sur les débris cellulaires, sur les agrégats purulents pour les décomposer, pour les dissocier, facilitent ainsi l'intervention des principes antibiotiques proprement dits.

M. **Louis de Broglie** présente à l'Académie une biographie de **Louis-Jacques Thenard**, par Paul Thenard, son fils, — tous deux Membres de l'Académie — qui vient d'être publiée avec une introduction de M. Georges Bouchard.

Cet Ouvrage, qui contient de nombreux détails sur la vie et les travaux de Louis-Jacques Thenard, présente un haut intérêt pour l'histoire des Sciences et celle de l'Académie pendant le début du siècle dernier. Il rappelle également la fondation de la Société de secours des Amis des sciences.

M. **Albert Pérard** fait hommage à l'Académie du volume des Procès-Verbaux du **Comité International des Poids et Mesures**, session 1950.

Laissant de côté les nombreuses questions d'administration intérieure, M. Pérard signale les points suivants fixés dans ces Procès-Verbaux :

La valeur la plus probable du volume du kilogramme d'eau pure, courante, privée d'air, à 4°, sous la pression atmosphérique normale, a été arrêtée à $1^{\text{dm}^3},000028$.

Renseignement sera pris auprès des astronomes des divers pays sur l'opportunité d'abandonner les unités de longueur non métriques, telles que le parsec, l'année-lumière, au profit d'unités multiples décimaux $10^{12}$, ou même $10^{24}$ du mètre.

L'enquête prescrite en 1948 par la Conférence Générale des Poids et Mesures concernant l'admission universelle d'un même système pratique d'unités de mesure s'est poursuivie, et sa limite a été fixée à la fin de la présente année, pour discussion au Comité de 1952 et conclusion à la Conférence Générale de 1954.

Les symboles J pour le joule et sr pour le stéradian ont complété la liste publiée il y a deux ans.

En adoptant le joule comme unité de quantité de chaleur, la Conférence Générale de 1948 avait marqué la nécessité de constituer une table qui présente les valeurs les plus précises que l'on puisse tirer des expériences sur la chaleur spécifique de l'eau en joule par degré. Cette table a été élaborée par le Professeur W. J. de Haas entre 0 et 100°; elle figure en annexe.

Sous les auspices du Comité International a été constitué un Comité de Métrologie Pratique et Légale, dont M. Jacob, Directeur du Service de la Métrologie en Belgique, a été nommé Président.

Les Institutions nationales du Japon qui auront à nommer des délégués aux Comités Consultatifs du Comité International seront : pour l'électricité et pour la photométrie, le Laboratoire Électrotechnique de Tokyo, et pour la thermométrie, le " Central Inspection Institute of Weights and Measures ".

En annexe sont portées une Note de M. H. Barrell et une de W. Kösters et M. E. Engelhard sur les avantages des raies d'éléments monobares, mercure ou krypton, en vue de l'adoption ultérieure éventuelle d'une longueur d'onde lumineuse comme étalon de longueur.

La question d'une modification possible de la valeur normale de la gravité, 980,665 cm/s$^2$, avait été soulevée par le Président du Comité Météorologique International, M. N. K. Johnson, dans une lettre au Président du Comité International des Poids et Mesures, M. J. E. Sears. La valeur précédente avait été adoptée autrefois par le Bureau International, dès le début de ses travaux pour les réductions de ses observations; c'était une valeur *approchée* de la gravité au niveau de la mer et à la latitude de 45°. En 1913 déjà, la Cinquième Conférence Générale, consciente de ce que ce nombre était déjà erroné (d'une cinquantaine de milligals) comme valeur de $g_{0,45}$, l'avait cependant conservé comme valeur conventionnelle du « g normal ». A l'occasion de la session 1950 du Comité International des Poids et Mesures, a été convoquée une réunion comprenant, non seulement les Membres intéressés de ce Comité, mais encore des délégués de l'Organisation Météorologique Internationale, de l'Association Internationale de Géodésie, et de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, sous la présidence du Professeur M. Dehalu, géodésien belge, Secrétaire du Comité International.

Quoique dans l'idée des organisateurs la réunion dût avoir pour but seulement de confronter les divers points de vue, il s'est trouvé qu'après la discussion les opinions s'avérèrent si convergentes qu'on peut considérer comme définitive, au moins actuellement, la conclusion d'après laquelle il n'y a pas de raison sérieuse pour modifier la valeur ci-dessus, purement conventionnelle.

Tous les documents qui se rapportent à cette question importante sont donnés en annexe du volume des Procès-Verbaux.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Albert Caquot** : Marius Duriez, *Traité de matériaux de construction*, Tomes I et II ;

par M. **Charles Dufraisse** : Université de Lyon. *Journée Victor Grignard*, 13 mai 1950.

## DÉSIGNATIONS.

Le **Doyen de la Faculté des Sciences** de Paris, Président de la **Commission d'étude interministérielle** chargée de réviser et de coordonner les programmes des classes de préparation aux grandes Écoles scientifiques, invite l'Académie, conformément à l'arrêté du 28 mars 1949, à lui désigner deux de ses Membres qui feront partie de cette Commission.

Il exprime en outre le désir que des suppléants appartenant à des disciplines différentes soient adjoints à ces deux délégués.

Sont désignés : comme délégués : MM. **Gaston Julia** et **Pierre-Paul Grassé** ; comme suppléants : MM. **Jean Chazy**, **Pierre Jolibois**, **Georges Darrieus**, **Paul Fallot**, **Louis Leprince-Ringuet** et **Maurice Roy**.

## CORRESPONDANCE.

M. **Gottlieb Fluckiger**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse ses remercîments à l'Académie.

L'Académie est informée de la réunion à Londres, du 29 août au 11 septembre 1951, du **VIIIe Congrès international du froid.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Annuaire astronomique et météorologique Camille Flammarion*, publié par l'Observatoire de Juvisy.

2° Georges Bouchard. *Un organisateur de la Victoire. Prieur de la Côte-d'Or, membre du Comité du Salut public.*

3° Henri Gaussen et A. Vernet. *Carte des précipitations*, publiée par le Gouvernement tunisien. *Tunisie au* 500000e, 2 cartes.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les approximations diophantiennes linéaires P-adiques. II. Existence de systèmes remarquables.* Note (*) de Mlle **Élisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

Nous utilisons les notations, définitions et résultats d'une Note antérieure (1). Nous considérons un système linéaire canonique

$$L_j(x) = x_j + \Sigma a_{ij} x_{p+i} \qquad (1 \leqq j \leqq p,\ 1 \leqq i \leqq q,\ a_{ij} \in E_P),$$

(*) Séance du 12 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 587.

de signature $(p, n)$, $p+q=n$, $L(x) = \text{Max}\,|L_j(x)|_P$, $\lambda$ désigne toujours un entier rationnel $\geqq 1$. Nous écrirons $L_j(x, a)$, $L(x, a)$ quand nous voudrons mettre en évidence le système des coefficients $a=(a_{ij}) \in E_P^{pq}$.

$$L(x+x^{(0)}) \prec\prec \varphi(\lambda) \quad [\text{resp}\, L(x+x^{(0)}) \prec \varphi(\lambda)]$$

signifiera que pour tout $\lambda$ assez grand (resp. pour une infinité de $\lambda$) il y a une solution en $x \in Z^n$ à $L(x+x^{(0)}) \leqq P^{-\lambda}$, $H(x) \leqq \varphi(\lambda)$, avec en outre $x \neq 0$ dans le cas homogène ($x^{(0)} \neq 0$); $L(x+x^{(0)}) \succ \varphi(\lambda)$ [resp $L(x+x^{(0)}) \succ\succ \varphi(\lambda)$] est la négation de $L \prec\prec \varphi(\lambda)$ [resp $L \prec \varphi(\lambda)$]. Un système de coefficients a, ou le système linéaire $L_j(x, a)$ sera dit *libre* s'il n'existe aucune relation entière algébrique à coefficients entiers rationnels entre les $a_{ij}$, *pur* s'il n'existe pas de système canonique $L'_j(x')$ à coefficients dans $Q_P$ avec $n'p'^{-1} > np^{-1}$ qui soit subordonné à $L_j(x)$ [subordonné signifiant qu'il existe une substitution linéaire et homogène à coefficients dans $E_P$, $x=T(x')$, telle que $L(T(x'))=0$ définisse dans $Q_P^{n'}$ la même variété que $L'(x')=0$].

En prenant pour $a_{ij}$ des nombres algébriques convenables appartenant à $E_P$ on voit qu'*il existe pour chaque signature* $(p, n)$, $1 \leqq p < n$ *des systèmes tels que pour un c convenable* $L(x) \succ\succ cP^{\lambda pn^{-1}}$ (*systèmes complètement réguliers*).

*On démontre que pour toute signature et quelle que soit la fonction* $\varphi(\lambda) \geqq 0$, $\varphi(\lambda)$ *tendant vers* $+\infty$ *avec* $\lambda$, *il existe des systèmes libres tels que* $L(x, a) \prec \varphi(\lambda)$ et même plus la propriété est encore vraie si on impose aux solutions d'être prises dans un sous-ensemble infini donné de $Z^n$, les points $a$ pour lesquels le système $L_j(x, a)$ jouit de ces propriétés sont partout denses dans $E_P^{pq}$ et ont la puissance du continu.

Étant donné une fonction $\varphi(\lambda) > 0$ tendant vers $+\infty$ avec $\lambda$, on pourra construire une suite de points $a^{(h)} \in E_P^{pq}$ et une suite de points $x^{(h)} \in Z^n$, avec $H(x^{(h)}) < H(x^{(h+1)})$, $L(x^{(h)}, a^{(h)}) = 0$ et une suite d'ensembles $D_h \in E_P^{pq}$ définis par

$$L(x^{(h)}, a) < P\exp(-{}^{-1}\varphi(H(x^{(h+1)}))), \qquad \text{Max}\,|a_{ij} - a_{ij}^{(h)}|\,P < c_h (c_h \to 0 \text{ avec } h^{-1}),$$

tels que $D_{h+1} \subset D_h$, et cela de façon que l'on puisse assurer que le point $a$ commun aux $D_h$ soit libre pour $1 \leqq p < n.2^{-1}$ et pur pour $p \leqq 2(n-1)3^{-1}$, par une méthode analogue à celle employée pour les problèmes correspondants réels ([2]). On en déduit :

*Étant donné une fonction* $\varphi(\lambda)$ *à valeurs réelles* $> 0$, *tendant vers* $+\infty$ *avec* $\lambda$, *on peut trouver un système* $L_j(x)$ *libre* [*resp. pur*] *tel que* $L(x) \prec\prec \varphi(\lambda)$ *pour toute signature* $(p, n)$ *telle que* $1 \leqq p < n.2^{-1}$ [*resp.* $1 \leqq p \leqq 2(n-1)3^{-1}$] *de tels systèmes seront appelés hypersinguliers si* $\varphi(\lambda)P^{-\varepsilon\lambda}$ *tend vers* 0 *avec* $\lambda^{-1}$ *pour tout* $\varepsilon > 0$.

Appelons *système associé* d'un système $L_j(x) = x_j + \Sigma a_{ij} x_{p+i}$ de signa-

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 887-888.

ture $(p, n)$ le système $M_i(y) = y_{p+i} - \Sigma a_{ij} y_j$ de signature $(q, n)$ et posons $M(y) = \text{Max}\,|M_i(y)|\,P$, on a l'identité

$$\Sigma L_j(x)\,y_j + \Sigma M_i(y)\,x_{p+i} = x_1 y_1 + \ldots + x_n y_n,$$

donc pour tout $x$ et tout $y \in Z^n$ avec $xy \neq 0$ on a

$$(1) \qquad \text{Max}\,(L(x),\ M(y)) \geqq (n\,H(x)\,H(y))^{-1}.$$

On en déduit que *si* $L(x) \leqq P^{-\lambda}$, $0 < H(x) \leqq c\,P^{\lambda p n^{-1}}$ *a une solution en* $x \in Z^n$, *alors* $M(y) \leqq P^{-\lambda}$, $0 < H(y) \leqq (n\,c)^{(n-1)^{-1}}\,P^{\lambda q n^{-1}}$ *a aussi une solution en* $y \in Z^n$. En effet : supposons l'énoncé faux, il y aurait alors $n$ solutions linéairement indépendantes en $y \in Z^n$ à $M(y) \leqq P^{-\lambda}$, $0 < H(y) < (n\,c)^{-1}\,P^{\lambda q n^{-1}}$, on peut donc en trouver une, soit $y^{(1)}$ telle que $x^{(1)} y^{(1)} \neq 0$ pour $x^{(1)} \in Z^n$ solution de $L(x) \leqq P^{-\lambda}$, $0 < H(x) \leqq c P^{\lambda p n^{-1}}$, dont on a supposé l'existence, donc $n\,H(x^{(1)})\,H(y^{(1)}) \geqq P^{\lambda}$ par (1), ce qui est en contradiction avec les inégalités sur $H(x^{(1)})$, $H(y^{(1)})$. Il en résulte qu'*un système et son associé sont en même temps réguliers* (*resp. complètement réguliers*).

En considérant un système ayant un associé convenable et en tenant compte du résultat de l'alinéa précédent, on démontre que *pour* $n.2^{-1} < p < n$ *il existe des systèmes libres de signature* $(p, n)$ *tels que* $L(x) \prec\prec \varphi(\lambda) P^{\lambda(p-1)(n-1)^{-1}}$, $\varphi(\lambda)$ *désignant une fonction arbitraire tendant vers* $+\infty$ *avec* $\lambda$.

*On voit ainsi, en particulier, qu'on a obtenu pour toute signature* $(p, n)$ *différente de* $(1, 2)$ *des systèmes purs singuliers* (*c'est-à-dire non réguliers*) *et même fortement singuliers* [*c'est-à-dire tels que pour un* $\varepsilon > 0$ *convenable* $L(x) \prec\prec P^{\lambda(pn^{-1}-\varepsilon)}$]. On peut d'ailleurs préciser que les points représentatifs $(a_{ij})$ de tels systèmes sont partout denses dans $E_P^{pq}$. Mais comme Mahler l'a déjà remarqué tous les systèmes de signature $(1, 2)$ $x_1 + a x_2$ purs (à savoir $a$ irrationnel) sont réguliers [3], de sorte que l'existence de systèmes singuliers est tranchée pour toutes les signatures.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation de la précision logarithmique de M. S. Mandelbrojt.* Note de M. **Ferran Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans une Note antérieure [1] j'ai donné avec d'autres résultats, une généralisation de la représentation d'une fonction avec une précision logarithmique définie par M. Mandelbrojt. Je donnerai ici une nouvelle générali-

---

[3] K. Mahler, *Math. B. Zutphen*, 7, 1938, p. 5.

[1] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 18-20. Je signale que dans cette Note il y a quelques fautes d'impression ; on doit lire L, M et $\mathcal{R}$, au lieu respectivement de $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{R}$ ; de plus dans la seconde formule (1) $c$ doit être en majuscule et dans le théorème III le D doit être toujours $\overline{D}^*$.

sation, dans une autre direction et telle que la conclusion du théorème fondamental de S. Mandelbrojt ([2]) et les conclusions des théorèmes de ma Note citée, restent presque les mêmes. Lorsque nous emploierons une notation sans la définir, sa définition sera celle de Mandelbrojt ([2]) ou celle de ma Note ([1]).

Si dans la définition donnée dans ([1]) l'expression $\overline{\text{borne}}_{\sigma \leqq x}$ est remplacée par l'expression $\overline{\text{borne}}_{x-l \leqq \sigma \leqq x}$, avec $l > 2\pi\overline{D}^*$, on obtient

$$\underline{\text{borne}}_{m \geqq n} \; \overline{\text{borne}}_{x-l \leqq \sigma \leqq x} |F(s) - \varphi_m(s)| \leqq e^{-p_n(x)} \qquad (s \in \Delta)$$

et nous dirons que les $\varphi_m(s)$, avec $m \geqq n$, représentent $F(s)$ dans $\Delta$ avec la *quasi-précision logarithmique* $p_n(\sigma)$. Avec cette définition on peut énoncer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Mêmes hypothèses* I *et* II *que dans la forme* B *du théorème* F *de Mandelbrojt* ([2]), *avec, en outre :*

HYPOTHÈSE III. — *Cette hypothèse diffère de l'hypothèse* III *du théorème* I *de ma Note citée* ([1]) *par le fait que la précision logarithmique est remplacée par la quasi-précision logarithmique.*

CONCLUSION. — *La conclusion diffère de la conclusion du théorème* I *de la Note antérieure* ([1]) *par le fait que dans* $\beta$ *l'expression des polynomes* $\psi_m(s)$ *doit être remplacée par*

$$\psi_m(s) = \sum_{k=1}^{m} (a_k^{(m)} e^{-\lambda_k s} + b_k^{(m)} e^{\lambda_k s}),$$

*avec* $b_n^{(m)} = 0$, *où n est le nombre entier déterminé comme dans* ([1]).

Évidemment, on peut effectuer aussi dans le théorème II de ([1]) les mêmes changements que nous venons de faire pour le théorème I. D'ailleurs, si dans le théorème III de la même Note la précision logarithmique est remplacée par la quasi-précision logarithmique, on doit supposer, afin que la conclusion reste valable, que la suite $\{s_i\}$ satisfait à $\overline{\lim}\,\mathcal{R}(s_i) = +\infty$ et à $\underline{\lim}\,\mathcal{R}(s_i) = -\infty$ au lieu de satisfaire à $\lim \mathcal{R}(s_i) = -\infty$.

Le changement dans la définition des $\psi_m(s)$ (et aussi celui de la propriété de la suite $\{s_i\}$) provient du fait qu'une fonction $F(s)$ représentée dans $\Delta$ avec une quasi-précision logarithmique, peut ne pas être bornée dans $\Delta$; tandis que si $F(s)$ est représentée dans $\Delta$ avec une précision logarithmique, la fonction $F(s)$ est bornée dans $\Delta$.

*Remarque.* — Lorsque, quel que soit $k$, les $d_k^{m}$ sont indépendants de $m$ pour $m \geqq k$; c'est-à-dire lorsque les $\varphi_m(s)$ sont les sommes successives d'une même série, la quasi-précision logarithmique nous permet de parler de séries quasi asymptotiques.

---

([2]) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, (3), **63**, 1946, p. 351-378.

2. On peut aussi généraliser les résultats antérieurs en prenant pour les polynomes $\varphi_m(s)$ des expressions

$$\varphi_m(s)=\sum_{k=1}^{m}(d_k^{(m)}e^{-\lambda_k s}+h_k^{(m)}e^{\lambda_k s}).$$

On voit que ce changement, pour la précision logarithmique, ne serait pas une vraie généralisation, car il résulte que, dans ce cas, on pourrait prendre les $h_k^{(m)}=0$, sauf, au plus, pour un nombre fini de valeurs de $k$, et encore, pour ces valeurs, les $h_k^{(m)}$ sont indépendants de $m$ pour $m\geqq k$. Par contre, pour la quasi-précision logarithmique, les $h_k^{(m)}$ peuvent garder toute leur généralité.

De plus, on peut généraliser la quasi-précision logarithmique dans le même sens que Mandelbrojt (3) généralise la précision logarithmique, c'est-à-dire on peut supposer que les $\lambda_k$ peuvent être des nombres complexes. Je crois qu'il est intéressant de signaler qu'avec cette généralisation, dans le théorème III de ma Note (1) et afin que la conclusion reste valable, il faut imposer à la suite $\{s_i\}$, des conditions où interviennent en plus des parties réelles des $s_i$ ses parties imaginaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes définies par les équations différentielles*. Note de M. **Norman Louis Rabinovitch**, présentée par M. Jean Chazy.

L'auteur indique, en annexe à la théorie des centres, deux points singuliers au voisinage desquels existe une intégrale uniforme de développement formel simple, et dont l'un est un foyer, tandis que les courbes intégrales présentent autour de l'autre une allure plus compliquée.

Poincaré a considéré (1) l'équation différentielle du premier ordre entre $x$ et $y$

$$\frac{dx}{X}=\frac{dy}{Y}, \tag{1}$$

où les fonctions X et Y sont holomorphes et nulles au point singulier $x=0$, $y=0$, et ont pour termes linéaires $y$ et $-x$. A l'équation (1) on peut associer l'équation aux dérivées partielles

$$X\frac{\partial F}{\partial x}+Y\frac{\partial F}{\partial y}=0. \tag{2}$$

En prenant pour X, Y et F des séries ordonnées suivant les puissances

(3) *Analyse harmonique* (*Coll. Int. du C. N. R. S.*, n° 15, 1949, p. 85-91).

(1) *Journal de Mathématiques*, 4e série, 1, 1885, p. 181-193. *Voir* aussi Chazy, *ibid.*, 9e série, 15, 1936, p. 418, et *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 7.

croissantes de $x$ et $y$, on a

$$F = x^2 + y^2 + F_3 + \ldots + F_n + \ldots, \tag{3}$$

$F_n$ désignant un polynome homogène de degré $n$ en $x$ et $y$. Poincaré montre qu'on peut calculer les polynomes $F_n$ si certaines conditions sont satisfaites. Si l'on n'est jamais arrêté dans le calcul des $F_n$, Poincaré a démontré la convergence du développement (3) dans le cas où X et Y sont holomorphes, et cette convergence est une condition nécessaire et suffisante pour que le point singulier soit un centre.

Il peut y avoir intérêt à savoir si l'on peut appliquer la méthode de Poincaré dans le cas où les fonctions X et Y ne sont pas holomorphes en $x = 0$, $y = 0$, mais admettent des dérivées continues de tous les ordres.

Considérons un système d'équations de la forme

$$\frac{dx}{dt} = y + f(x, y), \qquad \frac{dy}{dt} = -x + g(x, y),$$

où $f$ et $g$ ne sont pas holomorphes, mais admettent des dérivées continues de tous les ordres, et d'autre part admettent des développements formels en séries entières en $x$ et $y$ commençant par des termes de degré 2 au moins. Cherchons pour un tel système une intégrale F développable sous la forme (3).

Soit par exemple le système

$$\frac{dx}{dt} = y + xe^{-\frac{1}{x^2+y^2}} = X, \qquad \frac{dy}{dt} = -x + ye^{-\frac{1}{x^2+y^2}} = Y. \tag{4}$$

Dans ce système, les développements formels des seconds membres X et Y se réduisent à $y$ et $-x$, parce que les termes de degré supérieur à 1 sont égaux à zéro. Par conséquent, les conditions de Poincaré sont satisfaites, et l'on a pour intégrale de l'équation (2)

$$F = x^2 + y^2.$$

Mais, en éliminant $t$ entre les équations (4), nous obtenons l'équation transformée en coordonnées polaires

$$\frac{dr}{d\theta} = -re^{-\frac{1}{r^2}}.$$

Ainsi le signe de $dr/d\theta$ est négatif, et, quand $\theta$ croît, $r$ décroît, et a une limite positive ou nulle. Si la limite de $r$ était la quantité positive $a$, les courbes intégrales se rapprocheraient indéfiniment de la circonférence $r = a$. Cette circonférence serait elle-même une courbe intégrale, comme il est bien connu [2], et la dérivée $dr/d\theta$ devrait s'annuler sur cette courbe, ce qui n'a pas

---

[2] *Voir* par exemple PERRON, *Mathematische Zeitschrift*, **16**, 1923, p. 287.

lieu. Par suite la limite de $r$ est nulle, et le point singulier est un foyer : comme il résulte aussi de l'intégrale donnant la fonction $\theta(r)$.

Un autre exemple va montrer une autre possibilité. Soient les deux équations

$$\frac{dx}{dt} = y + x\, e^{-\frac{1}{x^2+y^2}} \sin \frac{1}{x^2+y^2} = \mathrm{X}, \qquad \frac{dy}{dt} = -x + y\, e^{-\frac{1}{x^2+y^2}} \sin \frac{1}{x^2+y^2} = \mathrm{Y},$$

où les conditions de Poincaré sont encore satisfaites. La courbe correspondante a pour équation en coordonnées polaires

$$\frac{dr}{d\theta} = -r\, e^{\frac{1}{r^2}} \sin \frac{1}{r^2}.$$

Pour les valeurs $r = (1/\sqrt{n\pi})$ $(n = 1, 2, 3, \ldots)$, les courbes intégrales sont des circonférences dont le centre est l'origine. Entre deux circonférences consécutives, les courbes intégrales sont asymptotes à l'une et à l'autre de ces circonférences, car la dérivée $dr/d\theta$ est toujours négative ou toujours positive. Si l'on considère deux intervalles consécutifs, les sens d'enroulement sont opposés. Une telle circonstance n'est pas possible quand X et Y sont holomorphes.

Ainsi l'on voit que d'autres formes des courbes intégrales apparaissent quand les fonctions X et Y ne sont pas holomorphes, même lorsqu'elles satisfont aux conditions de Poincaré.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions fuchsiennes de deux variables complexes.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note considère un groupe fuchsien $\gamma$ de la première famille dans un domaine D borné à deux dimensions complexes, et montre, au sujet du nombre maximum $d(m)$ de fonctions fuchsiennes de dimension $m$ linéairement indépendantes, que $d(m)/m^2$ a une limite finie et non nulle pour $m$ infini.

*Notations.* — $z = (x, y)$ désigne un point de D, $z' = f(z)$ un automorphisme de D, $\mathrm{D}f(z)/\mathrm{D}z$ son déterminant fonctionnel; un groupe $\gamma$ discontinu d'automorphismes de D est dit de la première famille s'il existe un compact $\mathrm{F} \subset \mathrm{D}$ tel que D soit réunion des $f(\mathrm{F})$ pour $f \in \gamma$; une fonction fuchsienne de dimension $m$ relative à $\gamma$ est une fonction $\theta_m(z)$ holomorphe sur D telle que

$$\theta_m[f(z)] \equiv \theta_m(z) \left[\frac{\mathrm{D}f(z)}{\mathrm{D}z}\right]^{-m} \qquad \text{pour } f \in \gamma.$$

Une Note précédente (1) a montré que $\overline{\lim}_{m=\infty} [d(m)/m^2] < +\infty$ ; d'autre part $\underline{\lim}_{m=\infty} [d(m)/m^2] > 0$ puisque l'on peut trouver, relativement à $\gamma$, deux

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 462.

fonctions automorphes algébriquement indépendantes. L'étude de $d(m)$ par la méthode employée pour une variable par Poincaré ([2]) paraît difficile; la méthode ci-dessous suit une tout autre voie.

LEMME 1. — *Les automorphismes appartenant à $\gamma$ qui laissent fixes des points de* F *sont en nombre fini; chacun d'eux compte la transformation identique parmi ses itérés.*

Soit alors $q$ le plus petit entier tel que tout automorphisme de $\gamma$ laissant au moins un point fixe ait la transformation identique pour $q^{\text{ième}}$ itéré.

LEMME 2. — *Étant donné un compact $F_1 \subset F$ ne contenant de point fixe d'aucun automorphisme de $\gamma$, il existe un nombre $k_0(F_1)$ tel que, pour $a \in F_1$ et $k \geqq k_0(F_1)$, on puisse trouver une fonction fuchsienne de dimension $k$ non nulle en $a$. Même conclusion pour* F *lui-même en prenant $k \geqq k_0$ et $k$* multiple de $q$.

Par suite : étant donné l'ensemble fini $E \subset F$ [resp. : une variété analytique V dans D], pour $k \geqq k_0$ et $k$ multiple de $q$, on peut trouver une fonction fuchsienne de dimension $k$ ne s'annulant en aucun point de E [resp. : ne s'annulant sur $F \cap V$ qu'en un nombre fini de points].

LEMME 3. — *Pour $k \geqq k_0$ et $k$ multiple de $q$, on peut trouver une fonction fuchsienne $\alpha(z)$ de dimension $k$ telle que $\alpha = (\partial\alpha/\partial x) = (\partial\alpha/\partial y) = 0$ n'ait lieu sur* F *qu'en un nombre fini de points (donc n'ait lieu sur* D *qu'en des points isolés).*

Étant donné les dimensions $k$, $k_1$, $k_2$ au moins égales à $k_0$ et multiples de $q$, on peut alors choisir successivement les fonctions fuchsiennes suivantes : $\alpha(z)$, de dimension $k$, fournie par le lemme 3; $\alpha_1(z)$ de dimension $k_1$, telle que $\alpha = \alpha_1 = 0$ n'ait lieu sur F qu'en un nombre fini de points; $\alpha_2(z)$, de dimension $k_2$, ne s'annulant en aucun de ces points. On obtient des fonctions fuchsiennes linéairement indépendantes de dimension $m$ en réunissant :

1° les produits par $\alpha$ de fonctions fuchsiennes $\theta_{m-k}$ choisies linéairement indépendantes;

2° les produits par $\alpha_1$ de fonctions fuchsiennes $\theta_{m-k_1}$ choisies de manière que $\alpha\theta + \alpha_1\theta_1 \equiv 0$, entre des combinaisons linéaires $\theta$ des $\theta_{m-k}$ et $\theta_1$ des $\theta_{m-k_1}$, entraîne la nullité des coefficients de la deuxième combinaison; or, par hypothèse, $\alpha = \alpha_1 = 0$ n'a lieu dans D qu'en des points isolés, les fonctions $\alpha$ et $\alpha_1$ sont premières entre elles en chacun de ces points, $\theta_1/\alpha$ est holomorphe sur D et est une fonction fuchsienne de dimension $m - k - k_1$;

3° les produits par $\alpha_2$ de fonctions fuchsiennes $\theta_{m-k_2}$ choisies de manière que $\alpha\theta + \alpha_1\theta_1 + \alpha_2\theta_2 \equiv 0$, entre des combinaisons linéaires $\theta$ des $\theta_{m-k}$, $\theta_1$ des $\theta_{m-k_1}$, $\theta_2$ des $\theta_{m-k_2}$, entraîne la nullité des coefficients de la troisième combinaison (et par suite des deux autres); or, par hypothèse, $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2 = 0$ n'a lieu en

([2]) *Acta math.*, **1**, 1882, p. 193 ou *Œuvres*, **2**, p. 169, § 6.

aucun point; comme D est un domaine d'holomorphie ([3]), on peut trouver ([4]) les fonctions $\beta$, $\beta_1$, $\beta_2$ holomorphes sur D telles que $\alpha\beta+\alpha_1\beta_1+\alpha_2\beta_2\equiv 1$; alors $\alpha\theta+\alpha_1\theta_1+\alpha_2\theta_2\equiv 0$ entraîne $\theta_2\equiv\alpha(\beta\theta_2-\beta_2\theta)+\alpha_1(\beta_1\theta_2-\beta_2\theta_1)$; la fonction $\varphi\equiv\beta_1\theta_2-\beta_2\theta_1$ vérifie

$$\varphi[f(z)]=\varphi(z)\left[\frac{Df(z)}{Dz}\right]^{-m+k_1-k_2}\qquad \text{pour } f\in\gamma \qquad \text{et} \qquad \alpha(z)=0.$$

Si, en outre, $m-k_1-k_2<0$, cette propriété entraîne $\varphi=0$ en tout point où $\alpha=0$; par hypothèse (lemme 3), les facteurs irréductibles de $\alpha$ en un tel point sont tous distincts; ainsi $\varphi/\alpha$ est holomorphe sur D, ainsi que $\theta_2/\alpha$, qui est une fonction fuchsienne de dimension $m-k-k_2$. Finalement, pour $k$, $k_1$, $k_2$ multiples de $q$ et au moins égaux à $k_0$ et $m-k_1-k_2<0$, en posant

$$d'(m)=d(m)-d(m-k),$$

on a obtenu

$$d'(m)\geq d'(m-k_1)+d'(m-k_2).$$

En particulier, pour $k_1\geq k_0$ et $k_1$ multiple de $q$, $d'(nk_1-1)\geq n\,d'(k_1-1)$, d'où l'existence de $\lim_{n=\infty}[d'(nq-1)/n]$, puis de $\lim_{n=\infty}[d(nq-1)/n^2]$, enfin de $\lim_{m=\infty}[d(m)/m^2]$.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Enveloppes d'opérateurs hermitiens bornés.* Note de M. **André Régnier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Utilisant un théorème de la théorie des groupes ordonnés, dont on donne une démonstration, on montre l'existence d'une structure de treillis pour des ensembles d'opérateurs hermitiens commutant deux à deux.

Tous les groupes considérés sont abéliens. Un groupe est dit ordonné s'il existe entre certains de ses éléments une relation $a\subset b$ ($a$ plus petit que $b$), avec les propriétés : I. $a\subset a$ toujours vrai; II. $a\subset b$ et $b\subset a$ ensemble impliquent $a=b$; III. $a\subset b$ et $b\subset c$ ensemble impliquent $a\subset c$; IV. $a\subset b$ implique pour tout $x$ : $x+a\subset x+b$. Les éléments $x$ tels que $0\subset x$ sont dits positifs. On montre que $a\subset b$ est équivalent à $-b\subset -a$ et à $0\subset b-a$. Un élément est dit enveloppe inférieure d'un couple $a$, $b$ et est noté $a\cap b$ lorsque : V. $x\subset a$ et $x\subset b$ ensemble équivalent à $x\subset a\cap b$. De même on a une enveloppe supérieure $a\cup b$ si : VI. $a\subset x$ et $b\subset x$ ensemble équivalent à $a\cup b\subset x$. Un groupe est dit réticulé si tout couple d'éléments possède une enveloppe inférieure et une enveloppe supérieure.

---

([3]) C. L. Siegel, *Analytic functions of several complex variables*, Princeton, 1950 (Chap. 10).

([4]) H. Cartan, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 78, 1950, p. 29 (Chap. 8).

On examine les conditions sous lesquelles un groupe ordonné est réticulé. A ce sujet une remarque est essentielle : Si par un couple déterminé $a, b$ l'enveloppe inférieure $a \cap b$ existe, on voit d'après IV et V que les quatre propositions suivantes sont équivalentes : 1° $u \subset a + x$ et $u \subset b + x$; 2° $u - x \subset a$ et $u - x \subset b$; 3° $u - x \subset a \cap b$; 4° $u \subset x + (a \cap b)$. Donc pour tout $x$ l'enveloppe inférieure de $x + a$ et $x + b$ existe et est égale à $x + (a \cap b)$. On a un résultat analogue avec l'enveloppe supérieure. On peut alors démontrer ce théorème ([1]).

*Pour qu'un groupe ordonné soit réticulé il faut et il suffit que* $a \cup 0$ *soit défini pour tout élément* $a$. Il suffit de poser

$$a + [(b - a) \cup 0] = a \cup b \qquad \text{et} \qquad b - [(b - a) \cup 0] = a \cap b \quad ([2]).$$

*Deux éléments d'un groupe ordonné seront dits disjoints si leur enveloppe inférieure existe et est nulle.* Cela implique qu'ils sont positifs. Dans un groupe réticulé on peut toujours écrire $a = (a \cup 0) + (a \cap 0) = (a \cup 0) - (-a \cup 0)$ et posant $a \cup 0 = a^+$, $-a \cup 0 = a^-$, on a $a = a^+ - a^-$ avec $a^+$ et $a^-$ disjoints ([2]). Montrons que réciproquement *si tout élément d'un groupe ordonné est égal à la différence de deux éléments disjoints, le groupe est réticulé.* Il suffit de prouver pour tout $a$ l'existence de $a \cup 0$. Notre hypothèse est $a = a^+ - a^-$, $a^+ \cap a^- = 0$. Pour tout $u$ on a donc

$$u - a^+ = u - a^+ + (a^- \cap a^-) = (u - a^+ + a^+) \cap (u - a^+ + a^-) = u \cap (u - a).$$

Il en résulte que $0 \subset u$ et $a \subset u$ ensemble équivalent à $0 \subset u \cap (u - a)$, donc à $a^+ \subset u$. On a donc bien une enveloppe supérieure égale à $a^+$.

Considérons maintenant un espace de Hilbert H, séparable ou non, et une famille G d'opérateurs hermitiens bornés telle que si elle contient un opérateur, elle contient aussi tous les hermitiens bornés qui commutent avec lui et ceux-là seulement. G est un groupe pour l'addition, car zéro commute avec tout borné, $-h$ commute avec $h$, et si $g$ commute avec $h$, $g + h$ commute aussi avec $h$. Comme un borné est complètement défini par sa forme $F(x) = (x, hx)$, G est ordonné par la relation $(x, hx) \leqq (x, gx)$ pour tout $x$ ([3]).

Tout hermitien borné possède une décomposition spectrale. Il en résulte que pour tout $h$ de G il existe trois variétés fermées conservées par $h$, deux à deux orthogonales, dont la somme est H et telles que $(x, hx)$ est positive dans la première $V_1$, négative dans la seconde $V_2$, et nulle dans la troisième $V_3$, Si P est l'opérateur de projection sur $V_1$ et Q celui sur $V_2$ on a

$$h = hP + hQ = hP - (-hQ).$$

---

([1]) *Cf.* G. Birkhoff, *Lattice theory* (*American Math. Soc. Coll. Publ.*, **26**, 2ᵉ édit., 1949, Chap. XIV.

([2]) G. Birkhoff, *loc. cit.*

([3]) *Cf.* Bochner et Ky-Fan, *Ann. of Math.*, Princeton, **48**, 1947, p. 168-179.

Comme $hP$ et $hQ$ commutent avec $h$, ils appartiennent à G et la décomposition en différence d'éléments positifs existe pour tout élément de G. Il nous reste à montrer que $hP$ et $-hQ$ sont disjoints. Soit donc $g$ un opérateur de G, il commute avec $hP$ et $-hQ$, supposons $g \subset hP$ et $g \subset -hQ$, cela implique que $(x, gx)$ est négative dans $V_2 + V_3$ et dans $V_1 + V_3$. Or P et Q commutent avec $h$, donc appartiennent à G et par conséquent commutent avec $g$ et celui-ci conserve $V_1$, $V_2$ et $V_3$. Appelant R le projecteur de $V_3$ on a $P + Q + R = 1$, $PQ = QR = RP = 0$, $Pg - gP = Qg - gQ = Rg - gR = 0$ et l'on peut écrire pour tout $x$ :

$$(x, gx) = (Px, gPx) + (Qx, gQx) + (Rx, gRx)$$

ce qui montre que $g$ est défini négatif, Nous venons d'établir que si un élément de G est plus petit que $hP$ et $-hQ$ il est $\subset O$. Donc $hP$ et $-hQ$ sont disjoints. C. Q. F. D.

G est donc un groupe réticulé. La multiplication par un nombre réel de tous ses éléments le transforme en lui-même et de plus conserve l'ordre dans le cas où ce nombre est positif. G est donc un « treillis vectoriel ». Nous indiquerons dans une prochaine Note comment la notion d'enveloppe peut s'étendre à des parties infinies de G.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les variétés riemanniennes admettant une forme à dérivée covariante nulle.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les résultats de deux Notes précédentes et d'une Note de M. Guggenheimer [1] se trouvent complétés.

Soit $V_m$ une variété riemannienne compacte, orientable, de métrique

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta. \tag{1}$$

1. Supposons la variété $V_m$ réductible ; en tout point de $V_m$, la métrique (1) peut s'écrire

$$ds^2 = ds_1^2 + ds_2^2 \tag{2}$$

avec

$$ds_1^2 = g_{\alpha_1\beta_1}(x^{\lambda_1})\, dx^{\alpha_1}\, dx^{\beta_1}; \qquad ds_2^2 = g_{\alpha_2\beta_2}(x^{\lambda_2})\, dx^{\alpha_2}\, dx^{\beta_2}$$
$$(\alpha_1, \beta_1, \lambda_1 = 1, \ldots, r;\ \alpha_2, \beta_2, \lambda_2 = r+1 \ldots m).$$

Soit $\varphi$ une 1-forme harmonique de $V_m$ ; elle peut être décomposée en la somme d'une forme dépendant différentiellement des variables $x^{\lambda_1}$ et d'une

[1] Lichnerowicz, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1413 et 232, 1951, p. 146 (notées L I et L II) ; Guggenheimer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 470, (notée G).

forme dépendant différentiellement des variables $x^{\lambda_1}$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2.$$

Si $\omega_1$ est la forme élément de volume associée à $ds_1^2$, cette forme est à dérivée covariante nulle dans $V_m$. Par suite $\omega_1 \wedge \varphi = \omega_1 \wedge \varphi_2$ est harmonique ([2]). En passant à l'adjointe dans (1), on voit que $\varphi_2$ s'exprime localement à l'aide des seules variables $x^{\lambda_1}$. De même $\varphi_1$ s'exprime localement à l'aide des seules variables $x^{\lambda_1}$.

THÉORÈME 1. — *Si* $V_m$ *est réductible, toute* 1-*forme harmonique de* $V_m$ *est somme de formes harmoniques s'exprimant localement au moyen seulement de coordonnées d'un même type.*

2. Supposons que la variété $V_m$ admette une forme *quadratique* extérieure F, à dérivée covariante nulle de rang $r = 2\rho < m$ ([3]). Le tenseur symétrique

$$F_\alpha{}^\rho F_{\beta\rho} = h_{\alpha\beta}$$

est à dérivée covariante nulle. La variété $V_m$ est par suite réductible et l'on peut adopter une métrique du type (2) avec

$$(3) \qquad F_{\alpha_1}{}^{\rho_1} F_{\beta_1\rho_1} = g_{\alpha_1\beta_1}; \qquad F_{\alpha_1\beta_2} = F_{\alpha_2\beta_2} = 0.$$

On établit, comme dans [L II], (3), que les 1-formes harmoniques linéairement indépendantes s'exprimant à l'aide des $x^{\lambda_1}$ sont en nombre pair. Par suite :

THÉORÈME 2. — *Si* $V_m$ *admet une forme quadratique extérieure* F, *à dérivée covariante nulle, de rang* $r = 2\rho < m$, $V_m$ *est réductible selon* (2) *et* (3) *et* $b_1(V_m)$ *est congru (modulo* 2) *au nombre de formes linéairement indépendantes de degré* 1 *harmoniques pour la métrique* $ds_2^2$ *à* $(m - r)$ *variables.*

Si en particulier la courbure de Ricci de $ds_2^2$ est strictement positive (ce qui se produit dans quelques exemples classiques), $b_1(V_m)$ est pair. D'une manière générale le $(2l+1)^{\text{ième}}$ nombre de Betti de $V_m$ est congru (modulo 2) à la dimension du sous-espace vectoriel des $(2l+1)$-formes harmoniques annulées par $N_{(2l+1)}$ ([4]).

On notera que la décomposition précédente (2), (3) rend presque intuitif le théorème 2 de [G]; la restriction $m$ pair est, semble-t-il, inutile : *on a, en particulier,* $b_{p-2}(V_m) \leqq b_p(V_m)$ *pour* $p \leqq \rho$.

3. Supposons que la variété $V_m$ admette une forme extérieure F à dérivée covariante nulle de degré $k$. A F associons la suite d'opérateurs sur les formes $\varphi$

---

([2]) *Voir* [L II], (1).

([3]) Dans [G], M. Guggenheimer dont les travaux sur les variétés kähleriennes en collaboration avec M. Eckmann, m'ont suggéré les Notes citées, donne en particulier un résultat intéressant concernant de telles variétés, avec la restriction $m$ pair (théorème 2 de [G]).

([4]) Notations de [L II], (3).

de degré $p$

$$(K_h\varphi)_{\lambda_1\ldots\lambda_{p+k-2h}} = \varepsilon^{\alpha_1\ldots\alpha_{k-h}\beta_1\ldots\beta_{p-h}}_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_{p+k-2h}} F^{\rho_1\ldots\rho_h}{}_{\alpha_1\ldots\alpha_{k-h}} \varphi_{\rho_1\ldots\rho_h\beta_1\ldots\beta_{p-h}} \qquad (h = 0, 1, \ldots, k),$$

$K_0 = L$, $K_k$ n'est pas linéairement distinct de $\Lambda = \star L \star$ ([5]) et les opérateurs $K_h$ et $K_{k-h}$ sont proportionnels à l'adjoint l'un de l'autre. Pour $k$ pair, l'opérateur médian est auto-adjoint.

THÉORÈME 3. — *Les opérateurs* $K_h$ *transforment toute forme harmonique en une forme harmonique.*

On a en effet les formules suivantes que l'on établit aisément par un calcul local :

$$dK_0 - K_0\, d = 0,$$
$$(\delta K_0) - (K_0\, \delta) = (dK_1) - (K_1\, d),$$
$$(\delta K_1) - (K_1\, \delta) = (dK_2) - (K_2\, d), \qquad \ldots,$$

où ( ) signale la présence de constantes multiplicatives différentes de zéro. Si $\varphi$ est harmonique, $K_0\varphi$ est harmonique ([5]) et $dK_1\varphi = 0$; puis $\delta K_1\varphi = 0$ et $dK_2\varphi = 0$, ....

4. Dans les hypothèses de 3, *supposons* $k = 2(2l+1)$, *la forme* F *étant telle que*

$$\text{dét}\,(F_{\alpha_1\ldots\alpha_{2l+1}\beta_1\ldots\beta_{2l+1}}) \neq 0, \tag{4}$$

où les combinaisons $(\alpha_1 < \alpha_2 < \ldots < \alpha_{2l+1})$ et $(\beta_1 < \beta_2 < \ldots < \beta_{2l+1})$ jouent le rôle d'indices complexes. L'opérateur $K_{2l+1}$ opérant sur l'espace vectoriel des formes harmoniques de degré $(2l+1)$ ne peut avoir de valeurs propres réelles. Il en résulte :

THÉORÈME 4. — *Si la variété* $V_m$ *admet une forme de degré* $2(2l+1)$ *à dérivée covariante nulle satisfaisant à* (4), *le* $(2l+1)^{\text{ième}}$ *nombre de Betti de* $V_m$ *est pair.*

Le résultat peut être étendu aisément par multiplication extérieure.

CALCUL MÉCANIQUE. — *Recherche d'un objet à caractéristiques floues parmi un ensemble d'objets analogues.* Note de M. **JACQUES PINEL**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit un ensemble E d'objets analogues et un objet A. Existe-t-il déjà dans E un objet identique à A ?

En dehors des propriétés de définition de E, tous ces objets peuvent posséder d'autres caractéristiques plus ou moins floues susceptibles de les identifier ou de les différencier. Nous supposerons qu'aucune de ces caractéristiques n'est très nette car en ce cas, on pourrait l'utiliser pour définir des sous-ensembles E′, E″, etc. de E, et la recherche s'effectuerait dans un seul de ces sous-ensembles.

---

([5]) *Voir* [L II], (1).

Soit H l'ensemble des caractéristiques floues que nous allons utiliser. On les définira toutes de façon que l'on puisse poser pour chacune la question : « est-il possible que tel objet possède telle caractéristique ? » et qu'il ne soit possible de répondre que par oui ou non à une telle question. Soit K l'ensemble des questions correspondant aux caractéristiques H. Il est évident qu'il est inutile de faire rentrer dans H toutes les caractéristiques possibles, mais que l'on se bornera aux plus intéressantes. De plus il est important de noter que la réponse à la question K peut être oui pour deux caractéristiques s'excluant mutuellement. Par exemple, si l'on utilise des couleurs de cheveux, et que l'on a choisi comme caractéristiques entre autres « châtain » et « blond », une couleur telle que châtain clair pourra être considérée à la fois comme « blond » ou comme « châtain ».

Supposons connues toutes les réponses à toutes les questions K pour tous les objets de E, et un nouvel objet A capable d'entrer dans cet ensemble. On recherchera celles des caractéristiques H qu'il possède certainement. Il est évident qu'un tel objet est différent sans aucun doute possible de tous les objets qui ne possèdent certainement pas une de ses caractéristiques certaines.

Cette élimination faite, il faut comparer directement A aux objets qui ne sont pas éliminés, en se basant sur les caractères qui n'ont pas encore servi.

Si on a reconnu alors que A n'existe pas déjà dans E, on l'y adjoindra en posant toutes les questions K.

On peut alors effectuer une autre recherche dans E.

*Réalisation.* — On a utilisé les fiches « Sélecto » de G. Cordonnier [1]. Elles comportent 2 000 cases numérotées de 1 à 2000 et sont imprimées de telle façon que les cases de même numéro soient superposées quand on les empile soigneusement les unes sur les autres. A chaque objet correspond un numéro et réciproquement de façon bi-univoque. A chaque caractéristique H correspond une fiche Sélecto. On perce dans chaque fiche les cases des objets pour lesquels la réponse à la question K est oui et on ne perce pas celle des objets ne possédant certainement pas la caractéristique H de la fiche. Le fichier Sélecto comprend donc toutes les réponses à toutes les questions K pour tous les objets de E.

Pour une recherche, on empile toutes les fiches des caractéristiques certaines, et en regardant le paquet de fiches par transparence, on voit le jour à travers les cases des objets pour lesquels il n'y a aucune incompatibilité. Tous les autres sont certainement différents de l'objet recherché. On comparera ceux qui restent, et dont on connaît les numéros en utilisant les caractères non encore utilisés.

*Application.* — Cette méthode a été appliquée avec succès à des classements décadactylaires, au service de l'Identité Judiciaire à Paris. On est en présence

---

(1) *Méthodes nouvelles de documentation, conférence du* 11 avril 1945 *à l'Institut technique du Bâtiment et des travaux publics.*

d'un problème de ce type. Les fiches comportant les empreintes des dix doigts sont d'abord classées en utilisant les caractères morphologiques des dix doigts. Mais ce procédé a des limites, car après avoir épuisé toutes les possibilités de la morphologie on a des ensembles comprenant jusqu'à 2 % de la totalité du fichier sans qu'il soit possible d'utiliser aucune caractéristique assez nette pour les subdiviser convenablement. Les procédés classiques ([2]) utilisés pour faciliter les recherches conduisent tous à des recherches multiples, car les sous-ensembles qu'ils définissent n'ont pas de frontières nettes et conduisent à effectuer la recherche dans tous les sous-ensembles possibles. On est en présence d'un dilemme : ou utiliser beaucoup de caractéristiques, ce qui conduit à faire la recherche dans un nombre important de petits paquets de fiches, ou n'utiliser que quelques caractères essentiels, ce qui réduit le nombre des paquets de fiches à voir, mais les grossit d'autant.

L'application de cette méthode nous a permis de résoudre complètement ce problème, en utilisant uniquement des éléments très simples.

L'avantage de cette méthode réside dans les points suivants :

1° Elle permet d'utiliser beaucoup plus de caractéristiques que les procédés classiques, puisque l'on examine d'un seul coup la totalité des sous-ensembles où pourrait se trouver l'objet recherché si l'on avait utilisé une méthode classique;

2° Elle donne des éliminations certaines, car on peut admettre que ce qui est considéré comme certain une fois ne peut être considéré comme impossible lors d'un autre examen;

3° Si l'on a choisi convenablement les caractéristiques H, un nombre relativement restreint de questions K permet d'éliminer la totalité ou presque d'un gros fichier du premier coup.

Cette méthode est très générale et peut s'appliquer à de nombreux cas. En particulier, son application aux classements monodactylaires est à l'étude.

THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ. — *Sur une équation différentielle indéterminée intervenant dans un problème important de l'Élasticité*. Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans sa Thèse ([1]) de doctorat *The membrane Theory of Shells of Revolution*, présentée en 1943 à Princeton University, C. Truesdell a observé,

---

([2]) C. Sannié et D. Guérin, *Éléments de Police scientifique*, 3, Paris, 1939.

([1]) Cette Thèse est insérée dans les *Transactions of the American Mathematical Society*, 58, 1945, p. 96-166. *Cf.*, en particulier, p. 139 et 142.

au sujet de l'équation des déplacements ([2])

$$\frac{F''}{F} - \left(\frac{f'''}{f''} + \frac{f'}{f}\right)\frac{F'}{F} + n^2\frac{f''}{f} = 0 \tag{1}$$

($n$, nombre naturel; F et $f$, deux fonctions de $x$), que, malheureusement, on ne connaît pas de méthode fournissant des solutions de cette équation ([3]).

*Dans cette Note, nous allons donner un procédé qui offre une solution* (F, $f$) *de* (1), *solution qui s'exprime par des quadratures et contient une fonction complètement arbitraire et trois constantes arbitraires.*

Examinons si l'équation indéterminée (1) peut être satisfaite par les fonctions F et $f$ dans le cas où elles sont liées par la relation

$$F = \sigma(f'), \tag{2}$$

$\sigma$ étant une fonction de $f'$, pour le moment indéterminée.

De là, on obtient

$$F' = f''\frac{d\sigma}{dp}, \qquad F'' = f'''\frac{d\sigma}{dp} + f''^2\frac{d^2\sigma}{dp^2}, \qquad \left(p = f' = \frac{df}{dx}\right). \tag{3}$$

L'équation (1), en vertu des formules (2) et (3), se transforme en

$$ff''\frac{d^2\sigma}{dp^2} - f'\frac{d\sigma}{dp} + n^2\sigma = 0. \tag{4}$$

Si l'on remplace $f'$ et $f''$ respectivement par $p$ et $p(dp/df)$, la dernière équation prend la forme

$$\frac{df}{f} = \frac{p\dfrac{d^2\sigma}{dp^2}}{p\dfrac{d\sigma}{dp} - n^2\sigma}dp, \tag{5}$$

où les variables sont séparées, la fonction $\sigma(p)$ étant arbitraire.

La solution générale de (5) est

$$f = \frac{1}{A}\lambda(p) \qquad (A = \text{const. arbitraire}), \tag{6}$$

$\lambda$ étant connu si l'on donne la fonction $\sigma(p)$.

De (6) on trouve

$$p = \mu(Af), \tag{7}$$

ou bien

$$\int\frac{df}{\mu(Af)} = x + B \qquad (B = \text{const. arbitraire}), \tag{8}$$

d'où

$$f = \theta(x, A, B). \tag{9}$$

---

([2]) Les accents marquent des dérivées par rapport à $x$.

([3]) On écarte le cas simple $f = ax + b$, où $a$, $b$ sont des constantes.

D'après (2), on a finalement

$$F = \sigma\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\right). \tag{10}$$

*Par suite, les expressions* (9) *et* (10) *déterminent une solution de* (1). *Pour l'obtenir explicitement, la forme de* $\sigma$ *dont on dispose arbitrairement étant donnée, il faut faire, au total, deux quadratures et deux inversions de variables.*

Si l'on prend le cas particulier

$$\sigma(f') = f'^{k} \qquad (k = \text{nombre quelconque}),$$

on trouve

$$f(x) = B(x+A)^{m} \qquad F(x) = C(x+A)^{km-k} \qquad \left(m = \frac{k(k-1)}{n^2+k^2-2k}\right),$$

où A, B, C sont des constantes.

3. Le procédé indiqué s'applique aussi, avec succès, à d'autres équations indéterminées. A cet effet, il faut partir d'une relation

$$F = \sigma(x, f, f', \ldots, f^{(\nu)}),$$

la fonction $\sigma$ étant convenablement choisie pour chaque cas envisagé.

Ainsi, par exemple, l'équation

$$f''F'' - f''F' + H_1(f)\,H_2(f')\,H_3(F)f''F' + H_1(f)\,H_4(f')\,H_5(F)f''^2 = 0 \tag{11}$$

se ramène à une équation à variables séparées si l'on cherche ses solutions liées par la relation (2).

L'équation (11) se réduit à (1) si les fonctions $H_i$ dépendant des arguments indiqués ont les expressions suivantes :

$$H_1(f) \equiv \frac{1}{f}, \qquad H_2(f') \equiv f', \qquad H_3(F) \equiv -1, \qquad H_4(f') \equiv n^2, \qquad H_5(F) \equiv F.$$

Dans une autre étude, nous pensons développer l'idée de cette Note.

## THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ. — *Sur l'appui lisse de deux corps solides.* Note de M. JEAN BOUZITAT, présentée par M. Maurice Roy.

On se propose de rétablir ici, par une méthode directe, et de compléter les résultats obtenus par H. Hertz [1] sur la distribution des pressions normales unitaires $q(x', y')$ [2] et sur la détermination de l'aire du contact. On donne aussi des résultats assez généraux sur la distribution des tensions dans le plan de l'aire de contact.

1. Si l'on se donne *a priori* une distribution des pressions unitaires

$$q(x', y') = q_0\sqrt{1 - \frac{x'^2}{a^2} - \frac{y'^2}{b^2}} \qquad \left(q_0 = \frac{3Q}{2\pi ab}\right).$$

---

[1] *Journal de Crelle*, 92, 1882, p. 156-171.

[2] *Voir* M. ROY, *Mécanique des milieux continus et déformables*, 1, n° 2131,8,11, Paris, 1950. Les notations adoptées ici sont celles de cet Ouvrage.

en tous les points $M'(x', y')$ d'une ellipse de contact S de demi-axes $a$ et $b$ $(a \geq b)$ centrée à l'origine, l'écrasement normal $w_1$ au point $M(x, y)$ de la surface du corps 1, est, $\rho$ désignant la distance de M à M',

$$w_1(x, y) = \frac{3}{2}\,\frac{1-\sigma_1^2}{\pi E_1}\,\frac{Q}{\pi ab}\int\sqrt{1-\frac{x'^2}{a^2}-\frac{y'^2}{b^2}}\,\frac{dS}{\rho}.$$

En utilisant la correspondance projective entre l'ellipse S et un cercle de rayon $a$, on obtient, M étant à l'intérieur ou sur le contour de S,

$$w_1(x, y) = \frac{1-\sigma_1^2}{E_1}\,\frac{Q}{\pi ab}\,\frac{3}{2ab}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{a^2b^2 - a^2y^2\cos^2\varphi - b^2x^2\sin^2\varphi}{\sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi}}\,d\varphi,$$

d'où

$$\frac{1}{\mathcal{E}}\,\frac{Q}{\pi ab}\,\frac{3}{2ab}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{a^2y^2\cos^2\varphi + b^2x^2\sin^2\varphi}{\sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi}}\,d\varphi = Ax^2 + Cy^2.$$

La possibilité de l'identification des termes en $x^2$ et $y^2$ prouve que la distribution $q(x', y')$ convient, et permet de déterminer $a$ et $b$ en fonction de A et C.

2. Si l'on pose alors, $m$ et $n$ étant des nombres égaux à 1 quand $C = A$,

$$\frac{a^3}{m^3} = \frac{b^3}{n^3} = \frac{3Q}{4\mathcal{E}(C+A)} \quad \text{et} \quad \frac{C-A}{C+A} = \cos\gamma,$$

on obtient

$$\frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\left[1-\left(1-\frac{n^2}{m^2}\right)\sin^2\varphi\right]^{-\frac{1}{2}}d\varphi = m\left(n^2\cos^2\frac{\gamma}{2} + m^2\sin^2\frac{\gamma}{2}\right),$$

$$\frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\left[1-\left(1-\frac{n^2}{m^2}\right)\sin^2\varphi\right]^{+\frac{1}{2}}d\varphi = mn^2,$$

ce qui permet de calculer simplement $m$ et $n$ en fonction de l'angle $\gamma$ à l'aide des tables de fonctions elliptiques.

L'écrasement total $w_0$ au centre de l'aire de contact est

$$w_0 = Aa^2 + Cb^2 = \left(\frac{3Q}{4\mathcal{E}}\right)^{\frac{2}{3}}(C+A)^{\frac{1}{3}}\left(n^2\cos^2\frac{\gamma}{2} + m^2\sin^2\frac{\gamma}{2}\right).$$

3. Les tensions s'exerçant sur le solide 1 en un point de sa surface assez proche du centre O de l'aire de contact S sont, avec $c = \sqrt{a^2 - b^2}$ [3] :

---

[3] Nous n'avons pu nous procurer les travaux de N. M. Belajeff qui, d'après S. Timoshenko (*Théorie de l'élasticité*, p. 374) s'est occupé de cette question.

en un point du petit axe $Oy$ ($x = 0$; $|y| = kb$),
pour $k \leqq 1$,

$$N_x + 2\sigma_1 q_0 \sqrt{1 - k^2} = -\left[N_y + q_0 \sqrt{1 - k^2}\right]$$
$$= (1 - 2\sigma_1) \frac{ab}{c^2} q_0 \left[ -1 + \frac{b}{a}\sqrt{1 - k^2} + \frac{kb}{c} \operatorname{arctg} \frac{kc}{b + a\sqrt{1 - k^2}} \right];$$

pour $k \geqq 1$,

$$N_x = -N_y = (1 - 2\sigma_1) \frac{ab}{c^2} q_0 \left[ -1 + \frac{kb}{c} \operatorname{arctg} \frac{c}{kb} \right];$$

en un point du grand axe $Ox$ ($|x| = ka$; $y = 0$),
pour $k \leqq 1$,

$$N_x + q_0 \sqrt{1 - k^2} = -\left[N_y + 2\sigma_1 q_0 \sqrt{1 - k^2}\right]$$
$$= (1 - 2\sigma_1) \frac{ab}{c^2} q_0 \left[ -1 + \frac{a}{b}\sqrt{1 - k^2} + \frac{ka}{c} \mathrm{L} \frac{ka + c}{kb + c\sqrt{1 - k^2}} \right],$$

pour $k \geqq 1$,

$$N_x = -N_y = (1 - 2\sigma_1) \frac{ab}{c^2} q_0 \left[ -1 + \frac{ka}{c} \frac{1}{2} \mathrm{L} \frac{ka + c}{ka - c} \right];$$

en un point de l'ellipse limite ($x = a\cos\alpha$; $y = b\sin\alpha$),

$$N_x = -N_y = (1 - 2\sigma_1) \frac{ab}{c^2} q_0 \left[ -1 + \frac{a\cos\alpha}{c} \frac{1}{2} \mathrm{L} \frac{a + c\cos\alpha}{a - c\cos\alpha} + \frac{b\sin\alpha}{c} \operatorname{arctg} \frac{c\sin\alpha}{b} \right],$$

$$T_{xy} = (1 - 2\sigma_1) \frac{ab}{c^2} q_0 \left[ \qquad - \frac{b\sin\alpha}{c} \frac{1}{2} \mathrm{L} \frac{a + c\cos\alpha}{a - c\cos\alpha} + \frac{a\cos\alpha}{c} \operatorname{arctg} \frac{c\sin\alpha}{b} \right].$$

4. Plus généralement, l'action d'une charge normale répartie à la surface quasi plane d'un solide sur une couronne limitée par deux ellipses homothétiques, de telle manière que les lignes d'égale charge unitaire soient une famille d'ellipses homothétiques, non nécessairement concentriques, comprenant les deux ellipses limites, ne crée aucune tension à la surface du solide aux points intérieurs à la couronne.

Si les lignes d'égale charge unitaire $q$ sont des cercles concentriques, la fonction $q(r)$ pouvant présenter des discontinuités de première espèce,

$$N_r + q(r) = -[N_t + 2\sigma q(r)] = \frac{1 - 2\sigma}{r^2} \int_0^r q(r) r \, dr.$$

Enfin, quelle que soit la répartition de la charge normale unitaire $q$ présentant des lignes de discontinuité de première espèce, en tout point à courbure finie d'une telle ligne les fonctions $(N_n + q)$, $(N_t + 2\sigma q)$ et $T_{nt}$ sont continues (les indices $n$ et $t$ correspondent respectivement à la normale et à la tangente à cette ligne au point considéré).

AÉRODYNAMIQUE. — *Le problème de l'onde de choc détachée pour les écoulements de révolution.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Supposant connu le développement de l'équation de l'onde de choc au voisinage de son sommet, limité au quatrième ordre, on détermine l'écoulement, puis l'obstacle. Suivant la forme adoptée pour l'onde, l'obstacle obtenu est soit une surface pleine, soit une surface creuse. Dans le premier cas, il peut exister, la vitesse amont étant donnée, plusieurs ondes de choc correspondant au même obstacle.

Un corps de révolution autour d'un axe $Ox$ est placé dans un courant gazeux uniforme parallèle à $Ox$ dont le nombre de Mach M est supérieur à l'unité. Nous nous plaçons dans l'hypothèse où une onde de choc détachée se forme en avant du corps.

1. Nous supposons l'onde de choc connue et nous considérons le développement limité au quatrième ordre de son équation cartésienne au voisinage de son sommet O

$$x = \frac{r^2}{2\mathrm{R}} + \lambda\frac{r^4}{4\mathrm{R}^3} + \ldots, \tag{1}$$

$r$ représente la distance à l'axe $Ox$, R le rayon de courbure de l'onde en son sommet, $\lambda$ est un paramètre sans dimensions. La détermination de l'écoulement derrière l'onde de choc constitue un problème de Cauchy. $\rho$ désignant la densité du fluide, $u$ et $v$ les composantes de la vitesse suivant $Ox$ et suivant une direction perpendiculaire, nous introduisons la fonction de courant $\psi(x, r)$ telle que $\psi_r = r\rho u$, $\psi_x = -r\rho v$. On pose

$$\psi(x, r) = r^2\psi_2(x) + r^4\psi_4(x) + r^6\psi_6(x) + \ldots. \tag{2}$$

En écrivant les équations du mouvement et les conditions du choc, on obtient (à un facteur constant près) :

$$\psi_i(x) = f_i^{(0)}(\mathrm{M}) + \frac{1}{1\,!}\,\frac{x}{\mathrm{R}}f_i^{(1)}(\mathrm{M}) + \frac{1}{2\,!}\,\frac{x^2}{\mathrm{R}^2}f_i^{(2)}(\mathrm{M}) + \ldots, \tag{3}$$

avec

$$\left\{\begin{array}{l} f_2^{(0)} = 1, \qquad f_2^{(1)} = -2m, \qquad f_2^{(2)} = 2m^2 - \frac{32}{3}m - \frac{20}{3}, \\ f_2^{(3)} = \frac{88}{3}m^2 - \frac{524}{9}m - \frac{220}{3} - \frac{100}{9m} + \left(16m + \frac{40}{3}\right)\lambda, \\ f_2^{(4)} = -\frac{200}{3}m^3 + \frac{1844}{9}m^2 - \frac{14372}{27}m - \frac{26000}{27} - \frac{300}{m} \\ \qquad - \left(16m + \frac{40}{3}\right)\left(-4m + 20 + \frac{25}{3m}\right)\lambda, \\ f_4^{(0)} = m, \qquad f_4^{(1)} = -\frac{4}{3}m^2 + \frac{26}{3}m + 5 - 2m\lambda, \\ f_4^{(2)} = \frac{4}{3}m^3 - \frac{221}{9}m^2 + \frac{683}{9}m + \frac{740}{9} + \frac{100}{9m} + \left(8m^2 - \frac{130}{3}m - 30\right)\lambda, \\ f_6^{(0)} = \frac{5}{12}m^2 - 3m - \frac{5}{3} + \frac{3}{2}m\lambda. \end{array}\right. \tag{4}$$

(*) Séance du 12 février 1951.

On a posé $m = 5(M^2 - 1) : (M^2 + 5)$, et l'on a adopté 7/5 comme valeur du rapport des chaleurs spécifiques du gaz.

2. La surface du courant $\psi(x, r) = 0$ est décomposée en deux surfaces; l'une est dégénérée en l'axe de révolution compté deux fois, l'autre est constituée (dans l'approximation adoptée) par une surface algébrique de degré 4.

Lorsque $\lambda$ est inférieur à une certaine valeur $\lambda_0$, fonction de M, cette seconde surface rencontre O$x$ en un point S; elle constitue alors l'obstacle dont l'équation cartésienne est la suivante :

$$x = h + \frac{r^2}{2\mathcal{R}} + \tau \frac{r^4}{4\mathcal{R}^3} + \dots \tag{5}$$

Les résultats précédents donnent des valeurs approchées pour les grandeurs $h$, $\mathcal{R}$ et $\tau$. Le sommet S est un point de stagnation.

Lorsque $\lambda$ est supérieur à $\lambda_0(M)$, il n'existe sur O$x$ aucun point en lequel le débit soit nul; mais une des surfaces de courant possède une ligne double (un cercle d'axe O$x$). Une des nappes de cette surface constitue l'obstacle; celui-ci est alors une surface creuse. La seconde nappe sépare les éléments fluides qui pénètrent dans l'obstacle de ceux qui contournent l'obstacle. La ligne double est un cercle de stagnation.

3. Lorsque l'obstacle est une surface pleine, on peut résoudre en $h$, R et $\lambda$ les équations qui fournissent les valeurs $h$, $\mathcal{R}$ et $\tau$. A un obstacle et à une vitesse amont donnés, peuvent correspondre plusieurs groupes de valeurs pour $h$, R et $\lambda$. Le problème de l'onde de choc détachée peut par conséquent admettre plusieurs solutions. La solution observée dans les expériences doit être celle qui correspond à la plus petite augmentation de l'entropie du gaz. Les valeurs de $\lambda$ qui correspondent à cette solution appartiennent à un certain intervalle qui dépend du nombre de Mach amont M. Il n'est donc pas possible de se donner *a priori* l'onde de choc détachée de façon entièrement arbitraire.

4. Les expériences effectuées par Herberle, Wood et Gooderum permettent de vérifier les calculs précédents. Cette vérification est satisfaisante (10 %) en ce qui concerne la détermination de la distance qui sépare les sommets de l'obstacle et de l'onde de choc, lorsque cette dernière est connue. Les différences entre les valeurs calculées et mesurées pour le rayon de courbure $\mathcal{R}$ de l'obstacle en son sommet sont plus importantes (du simple au double); mais la théorie précédente est surtout favorable lorsque M est grand, tandis que les expériences actuelles ne portent que sur des vitesses amont faiblement supersoniques.

---

(1) *Publication N. A. C. A.*, T. N. 2000 (janvier 1950).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les systèmes qui admettent une intégrale première quadratique distincte de celle de l'énergie.* Note de M. **Michel Cazin**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Si $\mathcal{J}$ est une intégrale première quadratique indépendante du temps, alors l'hamiltonien H étant supposé intégrale première, le système est conservatif et $\mathcal{J}$ est déterminé par les conditions

$$(1) \qquad H\mathcal{J} = \mathcal{J}H; \qquad \mathcal{J} = \Sigma(F^{(2)}_{ij} p_{x_i} p_{x_j} + F^{(1)}_{i} p_{x_i}) + F; \qquad \mathcal{J} \text{ hermitique.}$$

2. Si un système S admet une intégrale première $\mathcal{J}$ quadratique par rapport aux moments conjugués, cette intégrale peut être considérée comme l'hamiltonien d'un système S′ figuré par un point (soumis à des actions extérieures s'exprimant au moyen d'un potentiel scalaire et d'un potentiel vecteur) en mouvement sur une variété riemannienne dont le $ds^2$ est

$$ds^2 = g_{ik}\, dq_i\, dq_k, \qquad \text{avec} \quad \Delta = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial q_i} \sqrt{g}\, g^{ik} \frac{\partial}{\partial q_k} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{J} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + R.$$

Inversement, ce système S′ admet une intégrale première quadratique qui est l'hamiltonien H du système S.

3. Si S admet les deux intégrales premières H et $\mathcal{J}$, alors il admet une infinité d'autres intégrales premières quadratiques non distinctes des précédentes et que l'on obtient par la combinaison linéaire $\Omega = \nu_1 H + \nu_2 \mathcal{J}$. A chacune d'elles correspond un système associé du même type que S′ et qu'on obtient en fixant les constantes laissées arbitraires.

4. *Application.* — Cherchons, dans l'exemple d'un corpuscule assujetti à demeurer dans un plan $Oxy$ et soumis à un potentiel scalaire, à déterminer des potentiels $V(x, y)$ pour lesquels on a une intégrale première quadratique distincte de l'énergie. En posant alors :

$$(2) \qquad \Sigma F^{(2)}_{ij} p_{x_i} p_{x_j} = A p_x^2 + 2B p_x p_y + C p_y^2; \qquad \Sigma F^{(1)}_{i} p_{x_i} = D p_x + E p_y$$

il résulte des conditions (1) que les fonctions A, B, C, D, E sont nécessairement de la forme :

$$(3) \quad \begin{cases} A = -\alpha y^2 - 2\beta y - \theta; \qquad B = \alpha xy + \beta x + \gamma y + \delta; \qquad C = -\alpha x^2 - 2\gamma x - \varepsilon; \\ D = (-i\hbar)\alpha x - uy + v; \qquad E = (-i\hbar)\alpha y + ux + W; \end{cases}$$

cependant que F est donné par l'intégration de

$$dF = 2m \left[ A \frac{\partial V}{\partial x} dx + B \left( \frac{\partial V}{\partial y} dx + \frac{\partial V}{\partial x} dy \right) + C \frac{\partial V}{\partial y} dy \right]$$

et que le potentiel $V(x, y)$ doit satisfaire aux deux équations aux dérivées

partielles

$$(4)\qquad [(-i\hbar)\gamma + uy - v]\frac{\partial V}{\partial x} + [(-i\hbar)\beta - ux - w]\frac{\partial V}{\partial y} = 0,$$

$$(5)\qquad B\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 V}{\partial y^2}\right) + (C - A)\frac{\partial^2 V}{\partial x\,\partial y} + \left(\frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial B}{\partial y}\right)\frac{\partial V}{\partial y} + \left(\frac{\partial B}{\partial x} - \frac{\partial A}{\partial y}\right)\frac{\partial V}{\partial x} = 0.$$

La condition d'hermiticité impose que les constantes $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, $\varepsilon$, $\theta$, $v + i\hbar\gamma = -r_1/u$, $w + i\hbar\beta = r_2/u$ et $u$ soient réelles, ainsi que la fonction $F(x, y)$. Si $u \neq 0$, les équations (4) et (5) admettent la solution $V = K e^{-b^{3/2}}$ où $b = (x + r_2)^2 + (y + r_1)^2$ alors les coefficients obéissent aux relations

$$\delta = \beta r_2 + \gamma r_1 - \alpha r_1 r_2; \qquad \theta - \varepsilon = (2\beta r_1 - \alpha r_1^2) - (2\gamma r_2 - \alpha r_2^2).$$

Pour des conditions différentes sur les coefficients, à savoir $\beta = \alpha r_1$, $\gamma = \alpha r_2$, $\delta = \alpha r_1 r_2$, $\theta - \varepsilon = 3\alpha(r_1^2 - r_2^2)$, on peut encore obtenir la solution $V = lb + m$.

Si $u = 0$, sans que $v + i\hbar\gamma$ et $w + i\hbar\beta$ le soient simultanément, le potentiel V est une fonction arbitraire de l'argument $w'x - v'y$ (avec $w' = w + i\hbar\beta$, $v' = v + i\hbar\gamma$).

Si $u = 0$, $v' = 0$, $w' = 0$, alors l'équation (4) est identiquement vérifiée et l'on doit rechercher les solutions de l'équation (5); si on limite cette étude à la recherche des potentiels coulombiens, on trouve qu'un tel potentiel résulte nécessairement des champs électriques créés ou bien par des charges réparties sur une droite perpendiculaire au plan [on peut se ramener pour ce cas à un potentiel $V(r)$], ou bien par deux charges fixes situées dans un tel plan et dont les coordonnées déterminent les coefficients $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, $\varepsilon$, $\theta$.

Effectuons alors dans ce dernier cas un changement d'axes de coordonnées rectangulaires de $(Ox, Oy)$ à $(Oz, O\rho)$, tel que les deux charges $M_1$ et $M_2$ aient les coordonnées $M_1(z = a, \rho = 0)$, $M_2(z = -a, \rho = 0)$. Avec ce choix d'axes, on obtient pour $\mathcal{J}$ l'expression

$$\mathcal{J} = \rho^2 p_z^2 - 2\rho z p_\rho p_z + (z^2 - a^2)p_\rho^2 + i\hbar z p_z + i\hbar \rho p_\rho + 2 m e^2 a\, K(\rho, z)$$

en posant ($Z_1 e$ étant la charge de $M_1$ et $Z_2 e$ celle de $M_2$) :

$$K(\rho, z) = \frac{(z + a)Z_2}{\sqrt{\rho^2 + (z + a)^2}} - \frac{(z - a)Z_1}{\sqrt{\rho^2 + (z - a)^2}}.$$

Ceci correspond à $\alpha = -1$, $\beta = 0$, $\gamma = 0$, $\delta = 0$, $u = 0$, $v = 0$, $w = 0$, $\varepsilon = 0$, $\theta = 0$. La combinaison $\nu_1 H + \nu_2 \mathcal{J}$ donne alors un faisceau d'intégrales premières quadratiques dont l'expression est

$$\Omega = \left(\frac{\nu_1}{2m} + \nu_2\rho^2\right)p_z^2 - 2\nu_2\rho z p_\rho p_z + \left[\frac{\nu_1}{2m} + \nu_2(z^2 - a^2)\right]p_\rho^2 + \nu_2 i\hbar[\rho p_\rho + z p_z] + \nu_1 V(\rho, z) + 2\nu_2 m e^2 a\, K(\rho, z).$$

En passant aux coordonnées elliptiques, à partir de H et de $\mathcal{J}$ on peut intégrer

par séparation des variables à l'aide d'un opérateur $\Omega_0$ du faisceau précédent.

Soient $\overrightarrow{\sigma_{M_1}}$ et $\overrightarrow{\sigma_{M_2}}$ les moments cinétiques de M par rapport aux points $M_1$ et $M_2$ et $\theta_2 = (\overrightarrow{M_1M_2}, \overrightarrow{M_2M})$, $\theta_1 = (\overrightarrow{M_2M_1}, \overrightarrow{M_1M})$, alors à l'opérateur $\mathcal{J}$ correspond, à l'approximation de l'optique géométrique, l'intégrale première classique :

$$\mathcal{J}_0 = \overrightarrow{\sigma_{M_1}} . \overrightarrow{\sigma_{M_2}} + 2m e^2 a (Z_2 \cos\theta_2 - Z_1 \cos\theta_1)$$

dont l'expression n'est pas en général soulignée dans les traités de Mécanique.

ASTRONOMIE. — *Remarques sur la magnitude absolue moyenne et la relation vitesses radiales-magnitudes apparentes des nébuleuses extragalactiques.* Note de M. **Joseph Bigay**, présentée par M. André Danjon.

En utilisant les magnitudes Fabry de 64 nébuleuses résolues, on trouve que leur magnitude absolue moyenne est voisine de — 14,9, ce qui impliquerait une correction de — 0,7 à la valeur généralement admise. Ce résultat aurait pour conséquence d'accroître la valeur attribuée à ρ. La relation linéaire vitesses radiales-distances est bien vérifiée par les 47 nébuleuses pour lesquelles on connaît les vitesses de récession et les magnitudes Fabry.

Hubble [1] a montré que la magnitude absolue $Me$ la plus probable des quatre ou cinq étoiles les plus brillantes d'une galaxie est voisine de — 6,35 pour les classes S*c*, SB*c* et irrégulières et — 5,65 pour les classes S*b* et SB*b*; la dispersion étant dans les deux cas voisine de 0,40.

1. On considère ici 64 nébuleuses dont les magnitudes photographiques globales $m_n$ ont été soigneusement mesurées par la méthode Fabry [2], qui ont été résolues par Hubble [1] et pour lesquelles cet auteur donne les magnitudes apparentes $m_e$ moyennes des quatre ou cinq supergéantes les plus brillantes.

La relation $m_e - M_e = m_n - M_n$ permet de calculer les magnitudes absolues $M_n$ de ces nébuleuses. En utilisant les $m_n$ Fabry, on trouve que les $M_n$ s'échelonnent de — 13.5 (N. G. C. 3055 et 5850) à — 17,0 (N. G. C. 5236). La distribution des fréquences en fonction des $M_n$ est bien représentée par une courbe de Gauss (*fig.* 1). Les galaxies les plus nombreuses ont une magnitude absolue très voisine de — 15,0 (16 comprises entre — 14,5 et — 14,9 et 17 entre — 15,0 et 15,4). La moyenne des $M_n$ des 64 nébuleuses est — 14,9 et la dispersion $\sigma = 0,90$. Il ne peut y avoir ici effet de sélection au profit des membres géants qui viendraient accroître l'éclat absolu moyen, car ces nébuleuses sont prises parmi celles qui ont été résolues donc les plus proches et non parmi celles qui ont les plus grands éclats apparents.

La magnitude absolue moyenne généralement admise, à la suite des travaux

(1) *Astroph. J.*, 84, 1936, p. 158 et 270.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 312.

de Hubble est $-14,2$, avec une dispersion de $\sigma = 0,85$. On retrouve ainsi sensiblement l'écart systématique moyen déjà constaté entre les magnitudes Fabry ([2]) et celles utilisées par Hubble (généralement celles de Harvard obtenues avec des chambres à court foyer et corrigées de $-0,1$). Une retouche de cette importance ($-0,75$ environ) à apporter à la magnitude absolue

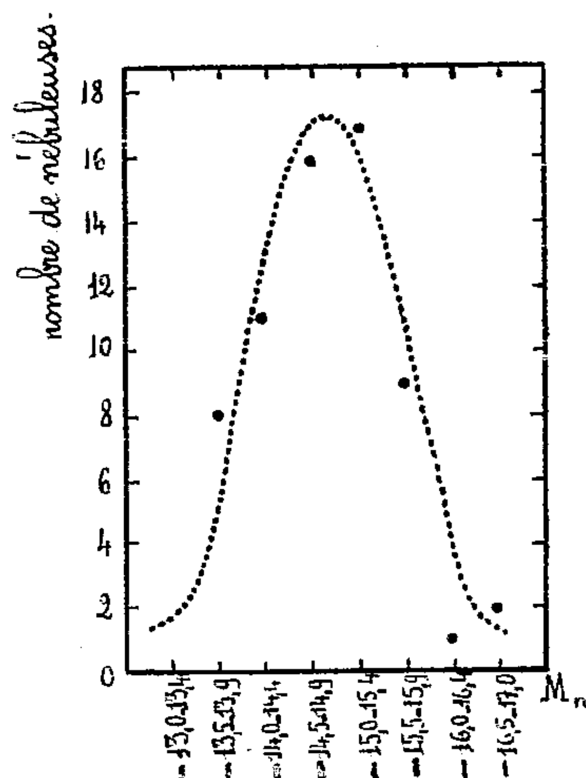



Fig. 1. — Courbe de fréquence par magnitudes absolues.

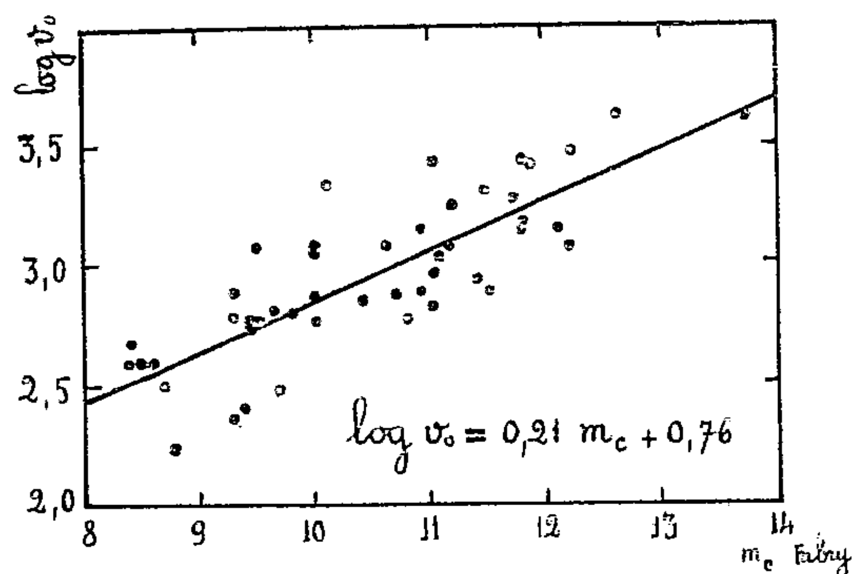



Fig. 2. — Relation vitesses radiales-magnitudes Fabry, pour 47 nébuleuses du champ général.

moyenne des galaxies, mériterait d'être appuyée sur un plus grand nombre de mesures et notamment sur la totalité des nébuleuses résolues. En effet, elle aurait pour conséquence de doubler sensiblement les valeurs attribuées à l'éclat moyen et par suite à la masse moyenne d'une galaxie. Une telle correction serait par conséquent susceptible d'intervenir sur les estimations de la densité $\rho$ de l'espace, actuellement exploré, dans le sens d'un accroissement appréciable.

2. Sur la figure 2, on a porté en abscisses les magnitudes Fabry $m_c$, corrigées de l'absorption galactique, de 47 nébuleuses du champ général plus brillantes que 13,9 et en ordonnées, les logarithmes de leurs vitesses radiales $v_0$ mesurées par Humason ([3]) et corrigées de la rotation galactique. La droite tracée à travers les points par la méthode des moindres carrés a pour équation :

$$\log v_0 = 0,21\, m_c + 0,76, \tag{1}$$

soit exactement la relation de Hubble ([1]) qui montre que les vitesses de récession sont fonctions linéaires des distances :

$$\log v_0 = 0,2\, m_c + 0,77,$$

et obtenue avec 109 nébuleuses du champ général plus brillantes que 16,8 en

([3]) *Astroph. J.*, 83, 1936, p. 10.

utilisant principalement les magnitudes de Harvard corrigées de $-0,1$. Mais si l'on considère séparément les 47 nébuleuses pour lesquelles on connaît les magnitudes Fabry et qu'on leur substitue les magnitudes de Hubble, l'équation de la nouvelle droite a une pente sensiblement plus grande :

$$\log v_0 = 0,37\, m_c + 0,02. \qquad (2)$$

Ceci provient de ce que les magnitudes de Harvard sont systématiquement trop élevées pour les nébuleuses les plus brillantes tandis qu'elles sont à peu près correctes pour les nébuleuses plus faibles (²). Leur emploi a donc pour effet de masquer dans ce cas la loi de Hubble qui pourtant se manifeste déjà très nettement dans le cas des nébuleuses brillantes, de vitesses radiales relativement faibles, à condition d'utiliser de bonnes magnitudes apparentes.

ASTRONOMIE. — *Sur les particules diffusantes dans l'atmosphère de Mars.* Note de M. **Evry Schatzman**, présentée par M. André Danjon.

Des considérations simples sur l'extinction dans l'atmosphère de Mars permettent de fixer le rayon des particules diffusantes supposées sphériques et d'indice 1,33 à $0^{\mu},15$ environ.

On sait que la surface solide de Mars, visible dans l'infrarouge, dans le rouge et même dans le jaune, est ordinairement cachée dans l'ultraviolet. Il est facile de montrer que l'atmosphère de Mars est trop ténue pour que cette différence soit due à la diffusion Rayleigh.

Par contre il est possible de calculer la diffusion par des gouttelettes d'eau de très petit diamètre (nous savons bien qu'il ne s'agit pas, dans la haute atmosphère de Mars, de gouttelettes d'eau, mais sans doute de fins cristaux de glace). Pour cela, on se sert par exemple de la courbe discutée par Van de Hulst (¹).

Lorsque la quantité $x = 2\pi r/\lambda$ est très petite, la diffusion se fait, comme la diffusion Rayleigh, suivant une loi en $1/\lambda^4$. Ce n'est plus vrai lorsque $x$ est supérieur à l'unité, et le coefficient de diffusion passe par un maximum pour $x = 6$ environ. On obtient ainsi, en fonction de la longueur d'onde et du rayon des gouttelettes la masse d'eau, au-dessus de chaque centimètre carré de la planète produisant une extinction de $1/e$ (tableau I).

Tableau I. — *Masses d'eau en grammes.*

| Longueur d'onde (microns). | $r = 0^{\mu},5$. | $r = 0^{\mu},1$. |
|---|---|---|
| 0,35 | 0,000022 | 0,000025 |
| 0,5 | 0,000017 | 0,00011 |
| 1 | 0,000037 | 0,018 |
| 2 | 0,00022 | 0,28 |
| 5 | 0,0083 | 11 |

(¹) *Rech. Ast. Obs. Utrecht*, 11, Part. I, Chap. VIII.

On voit que pour des gouttes de rayon 0μ,5 l'extinction ne dépend pratiquement pas de la longueur d'onde pour $\lambda < 1^{\mu}$. Par contre, pour des gouttes de 0μ,1 la variation est très rapide. Pour 0g,0005 d'eau répartis en gouttes de 0μ,15 de rayon on trouve les densités optiques suivantes (tableau II) :

TABLEAU II.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Longueurs d'onde (microns) | 0,35 | 0,5 | 0,6 | 1 |
| Densités optiques | 16 | 4 | 1,15 | 0,43 |

Une telle masse d'eau est encore bien inférieure au minimum décelable de 0g,003 ([2]). Le diamètre trouvé est compatible avec les résultats de Dollfus ([3]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la diffusion cohérente des rayons* X *par les atomes et l'influence du shielding des électrons* (I). Note (*) de M. **Edmond Arnous**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'objet de cette Note et de la suivante est de montrer comment la « théorie des positrons » permet de calculer l'effet du « shielding » des électrons d'un atome sur la diffusion cohérente des rayons X.

Dans la présente Note nous indiquons comment le problème de la diffusion cohérente des rayons X peut être traité par la théorie des positrons et comment apparaissent les « termes de Waller » et les termes de la « diffusion Delbrück », dus au champ coulombien du noyau. Dans la suivante, nous montrerons que l'effet du shielding des électrons apparaît dans la « partie à une particule » des « termes d'interaction coulombienne » et nous l'exprimerons à l'aide des fonctions d'ondes relativistes de Dirac. La possibilité pour l'expérience de mettre en évidence actuellement cet effet sera discutée ailleurs.

La question de l'équivalence de la « théorie à un électron » et de la « théorie des positrons » (théorème de Dirac) pour la diffusion cohérente des rayons X par les atomes a été soulevée ces dernières années par O. Halpern et H. Hall ([1]). Ces auteurs pensaient que le principe d'exclusion s'opposait à l'existence de « termes de Waller », c'est-à-dire de termes correspondant au saut (virtuel) d'un électron sur un niveau d'énergie négative, suivi du retour de cet électron sur son niveau de départ. Nous avons montré ([2]) qu'en réalité ces termes

([2]) Dunham dans Kuiper, *Atmosphere of the Earth and the planets*, Chicago, 1949, p. 298, indique 0,0015 fois la masse d'eau au-dessus du Mont Wilson par une nuit d'hiver claire comme minimum décelable. A une température de — 10°C. cela fait une masse de 0g,003 par centimètre carré.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 996.

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) O. Halpern et H. Hall, *Phys. Rev.*, 75, 1949 p. 1322.

([2]) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 149.

apparaissent, si l'on prend la précaution de retrancher les termes de diffusion pour le vide matériel, ce qui est évidemment nécessaire, si la diffusion est cohérente.

Plaçons-nous dans une représentation où les électrons se meuvent dans le champ du noyau sans interagir entre eux. Le champ de matière $\psi(x)$ vérifie l'équation

$$\left\{\gamma^\nu\left(\frac{\partial}{\partial x_\nu} - ieA_\nu^{ext}\right) + m\right\}\psi(x) = 0,$$

où les $\gamma^\nu$ sont les matrices de Neumann, $A_{1,2,3}^{ext} = 0$ et $\Phi = -iA_4^{ext}$ le potentiel du champ du noyau. Nous prenons $\hbar = c = 1$, et nous supposons que l'hamiltonien non perturbé contient l'énergie propre de l'électron, de telle sorte que $m$ est la masse expérimentale. Dans ces conditions

$$\psi(x) = \sum_n a_n \varphi\left(\vec{r}\right) \exp - itE_n,$$

$\varphi_n$ et $E_n$ désignant les fonctions propres relativistes et les valeurs propres pour un champ coulombien et $a_n$ les opérateurs d'absorption sur les différents niveaux. $\psi(x)$ se décompose donc en deux parties : une partie à énergies positives et une partie à énergies négatives. On peut alors introduire la notion de « partie à 0, 1 et 2 particules » comme l'a fait Schwinger (³) dans la représentation interaction. Enfin désignons par H l'hamiltonien d'interaction entre le champ de matière et le rayonnement et définissons $S(t)$ par $\partial S/\partial t = H$. Les termes de diffusion du second ordre en $e$ sont donnés par $i[S, H]/2$.

La soustraction des termes du vide peut maintenant s'effectuer en deux temps : tout d'abord, nous pouvons soustraire les termes de diffusion pour le champ coulombien du noyau en l'absence d'électrons, c'est-à-dire les termes du « vide polarisé ». Autrement dit, nous prenons d'abord les « termes à une particule » de $i[S, H]/2$.

Nous obtenons alors les termes de Waller et les termes banals correspondant au saut d'un électron sur un niveau d'énergie positive suivi du retour de l'électron sur son niveau de départ.

Puis, nous rajoutons les termes du « vide polarisé » et nous en retranchons les termes du vide (en l'absence du noyau). Ceci conduit évidemment aux termes de diffusion Delbrück du noyau :

$$(1) \qquad 2\pi e^2 \sum_{+-} \int d\vec{r}\, d\vec{r}'\, \frac{\varphi_-^*(\vec{r})\,(\vec{\alpha}.\vec{A}_1)\,\varphi_+(\vec{r})\,\varphi_+^*(\vec{r}')\,(\vec{\alpha}.\vec{A}_0)\,\varphi_-(\vec{r}')}{E_+ - E_- - |\vec{k}|}$$

(moins les termes du vide). Ici $\vec{A}_0$ et $\vec{A}_1$, sont les ondes incidentes et diffusées et $|\vec{k}| = h\nu$ est l'énergie du quantum incident.

---

(³) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 651.

Ce sont des termes que ne donne pas la « théorie à un électron », qui ignore les paires et la polarisation du vide (le théorème de Dirac n'est donc pas entièrement rigoureux). Ils ont été calculés par Kemmer ([4]) en usant de l'approximation de Born et discutés récemment du point de vue de l'invariance de jauge par Le Couteur et Zienau ([5]).

Pour trouver maintenant comment ils sont modifiés par le shielding des électrons, il reste encore à calculer la correction due à l'interaction des électrons.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la persistance des structures géométriques dans le développement des théories physiques.* Note de M^lle **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

D'une théorie $Th_0$ à une théorie meilleure Th, la structure formelle de $Th_0$ persiste en partie dans Th. Pour les structures géométriques, deux cas : 1° connexions entre observateurs non modifiées, 2° connexions modifiées. En 1°, l'affaiblissement des structures porte seulement sur le système des coefficients des vecteurs (extension transcendante); structure minimale : anneau. Application à la quantification des champs.

Si une théorie physique Th est meilleure qu'une théorie $Th_0$ et la remplace, Th ayant un domaine d'adéquation plus large que $Th_0$, il subsiste dans la théorie nouvelle, ainsi que l'a déjà indiqué M. M. Cazin ([1]), une partie de la structure formelle de $Th_0$. Pour établir ceci d'une façon précise, nous admettrons qu'une théorie physique est une théorie déductive sur laquelle on peut définir un algorithme et qui est adéquate sur un certain domaine expérimental. La formalisation de ces conditions mène aux énoncés de M. Cazin.

Quand on remplace une théorie physique par une théorie meilleure, deux cas se présentent : ou bien 1°, les connexions entre observateurs ne sont pas modifiées, ou bien 2°, les connexions sont modifiées et c'est le cas par exemple, dans le passage d'une théorie classique à une théorie relativiste. Dans le cas 2°, c'est la forme algébrique de la connexion entre les observateurs qui est modifiée; la transformation de la représentation spatio-temporelle des événements lors du passage d'un observateur à un autre observateur varie d'une théorie à l'autre. Dans les théories les plus courantes, l'ensemble de ces transformations forme un groupe et c'est dans ce groupe que la théorie nouvelle introduit un changement. Les algorithmes géométriques sont modifiés. On retrouve l'ancienne structure comme cas limite qu'on obtient en faisant tendre certaines

---

([4]) *Helv. Phys. Acta*, 10, 1938, p. 112.
([5]) *Proc. Phys. Soc.*, 63, 1950, p. 1223.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 541 et 805.

constantes vers zéro, ainsi lors du passage du groupe de Lorentz au groupe de Galilée, on fait tendre vers zéro la constante $1/c$.

Dans le cas 1° *l'invariance des connexions entre observateurs dans* Th *et* $\mathrm{Th}_0$ *entraîne l'invariance des algorithmes géométriques dans les deux théories*; il en est ainsi lors du passage d'une théorie classique à la théorie quantique correspondante. Un algorithme géométrique se définit au moyen d'un système de vecteurs de base $\{\vec{e}_i\}$, d'un système de coefficients $\mathfrak{A}$ et de diverses opérations definies dans $(\mathfrak{A}, \{e_i\})$. En outre, une théorie physique comprend un système de vecteurs de base associé à chaque observateur (référentiel) et la définition des transformations d'un système de base en un autre qui sont associées au passage d'un observateur à un autre. Les coefficients de ces transformations devront appartenir au système $\mathfrak{A}$ des coefficients. Lors du passage de la théorie $\mathrm{Th}_0$ à la théorie meilleure Th, ces transformations demeurent les mêmes. Par contre, les algorithmes géométriques peuvent se modifier de la façon suivante : le système de coefficients $\mathfrak{A}_0$ de $\mathrm{Th}_0$ devient le système de coefficients $\mathfrak{A}$ dans Th. Comme Th doit fournir pratiquement les mêmes résultats que $\mathrm{Th}_0$ dans le domaine d'adéquation de $\mathrm{Th}_0$, tout résultat de $\mathrm{Th}_0$ devra s'exprimer dans Th au moyen des mêmes coefficients (condition de raccordement). Ceci impose que *le système* $\mathfrak{A}$ *soit une extension du système* $\mathfrak{A}_0$. Il se peut que dans cette extension, toutes les propriétés algébriques de $\mathfrak{A}_0$ ne subsistent pas; $\mathfrak{A}$ aura une structure plus faible que $\mathfrak{A}_0$, mais *c'est sur ce point seulement qu'il y a affaiblissement des structures géométriques dans le cas* 1°. Si $\mathrm{Th}_0$ par exemple, est une théorie classique, $\mathfrak{A}_0$ est le corps des nombres réels et si Th est la théorie quantique correspondante, $\mathfrak{A}$ est un anneau d'opérateurs et l'affaiblissement réside en la perte de la commutation de la multiplication et de l'existence de l'inverse. On peut limiter l'affaiblissement de la structure de $\mathfrak{A}$ en admettant qu'une théorie permet de calculer des prévisions puisque alors, selon M. Destouches, on peut faire correspondre un opérateur à chaque grandeur. *Le système* $\mathfrak{A}$ *est alors un anneau d'opérateurs et ceci fixe sa structure minimale. Le passage de* Th *à* $\mathrm{Th}_0$ *s'effectue par un processus de moyenne.*

Le principe de correspondance de Bohr présente un côté formel qui résulte des considérations précédentes. Si l'on applique ces considérations à la théorie quantique des champs désignés ici par Th, cette dernière apparaît comme une théorie meilleure que l'électromagnétisme classique, $\mathrm{Th}_0$. Les quantités fondamentales de $\mathrm{Th}_0$ sont les champs $\vec{E}$, $\vec{H}$, les potentiels $\vec{A}$, V, le vecteur courant $\vec{i}$, la densit $\rho$. Ces quantités sont des fonctions de points et du temps, ou sous forme relativiste, des fonctions de point de l'espace-temps. Comme dans le passage de $\mathrm{Th}_0$ à Th les connexions entre observateurs ne sont pas modifiées, les structures géométriques se maintiennent et aux quantités

classiques correspondent respectivement des symboles $\vec{\mathcal{E}}$, $\vec{\mathcal{H}}$, $\vec{\mathcal{A}}$, $\mathcal{V}$, $\vec{\mathcal{J}}$, $\mathcal{R}$, appartenant à un système vectoriel dont les coefficients sont pris dans un anneau $\mathfrak{A}$ d'opérateurs. La correspondance entre Th et $Th_0$ se traduit alors par un homéomorphisme entre l'algorithme géométrique de Th et celui de $Th_0$. Une certaine relation d'équivalence $\equiv$ correspond à l'égalité classique (identité) et une relation $\overline{\overline{\tau}}$ réflexive, symétrique, non transitive, correspond à l'égalité qui figure dans les équations de Maxwell-Lorentz et l'on obtient des équations symboliques de forme Lorentzienne pour les champs. On voit ainsi que *les seules considérations de persistance de structure formelle, c'est-à-dire de correspondance, suffisent pour fixer certains des caractères formels de la théorie quantique des champs.* Par suite, il n'y a pas lieu de rejeter la considération des champs quantifiés pour décrire des interactions sous prétexte que ces champs cessent d'avoir une signification physique dans des domaines de très petite dimension, car la persistance des structures formelles classiques lors de la quantification leur donne déjà une signification, que l'on puisse ou non par la suite, leur attribuer une signification physique intrinsèque accessible à l'expérience.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur quelques points de la théorie de R. P. Feynman.* Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

On groupe quelques résultats complétant et précisant certaines Notes précédentes : diverses formes de l'opérateur $\mathcal{U}_0$; interprétation d'une relation de la théorie des collisions; interprétation de l'équation intégrale de la fonction d'ondes.

1. Nous avons précédemment donné des conditions propres à déterminer $\mathcal{F}(t, \tau)$ (1); il est facile de voir que ces conditions peuvent être interprétées comme conditions initiales au temps $t = \tau$ et qu'alors :

$$\mathcal{F}(t, \tau) = -i\,\mathcal{U}_0(t - \tau)\,\mathcal{R}(\tau),$$

où $\mathcal{U}_0$, opérateur d'évolution du système libre, a la forme bien connue :

$$\mathcal{U}_0(t - \tau) = e^{-i(t-\tau)\mathcal{H}_0(\mathbf{x})},$$

où $\mathcal{H}_0(\mathbf{x})$ est hermitien. Cette première forme dissimule la variance relativiste de $\mathcal{U}_0$ : elle introduit, en effet, une dissymétrie entre les variables spatiales et temporelles puisqu'elle transforme une fonction donnée à l'instant $\tau$ et dans tout l'espace en une fonction de $t$. Il est intéressant d'associer à $\tau$ des variables distinctes de $\mathbf{x}$, de sorte que la fonction du point spatio-temporel $\boldsymbol{\xi}$, $\tau$ soit

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1711.

transformée en fonction du point $\mathbf{x}$, $t$. Il suffit d'écrire :

$$\mathfrak{U}(t-\tau)=\int e^{-i(t-\tau)\mathcal{H}_0(\xi)}\delta(\mathbf{x}-\boldsymbol{\xi})\,d^3\boldsymbol{\xi}=\int \Sigma\tilde{\Phi}_n(\boldsymbol{\xi})\,\Phi_n(\mathbf{x})\,e^{-i\mathrm{E}_n(t-\tau)}\,d^3\boldsymbol{\xi},$$

d'où l'expression invariante de $\mathrm{K}_0$. Si $\mathcal{H}_0$ est l'hamiltonien relativiste de Dirac, un calcul classique permet d'écrire :

$$\mathfrak{U}_0(t-\tau)=i\int\left\{\mathcal{H}_0-i\frac{\partial}{\partial t}\right\}\mathrm{D}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\xi},\tau-t)\{.\}\,d^3\boldsymbol{\xi}.$$

Cette dernière expression rapprochée de l'expression de $\psi(\mathbf{x}, t)$ par l'intégrale de surface de R. P. Feynman [2] montre l'équivalence, sur ce point particulier, de ces formulations et de celle de J. Schwinger [3]. Il est d'ailleurs intéressant de rattacher cette dernière expression de $\mathfrak{U}_0$ (les deux premières correspondant à deux solutions simples du problème aux valeurs initiales), à la solution de H. Poincaré de l'équation des ondes amorties [4].

2. Nous avons précédemment étudié la transformation de Laplace [5] appliquée à l'équation intégrale de l'opérateur $\mathfrak{U}$. Il est intéressant de remarquer que la formule : $\psi(\mathbf{x}, t)=(2\pi)^{-1}\int\Phi(\mathbf{x}, \mathrm{E})e^{-i\mathrm{E}t}d\mathrm{E}$ réalise la décomposition de $\psi$ suivant les fonctions propres appartenant au spectre continu et que $\Phi(\mathbf{x}, \mathrm{E})$ est l'amplitude de la fonction d'onde pour les valeurs de l'énergie voisines de E à $d$E près. Ainsi donc la relation (3) de la Note citée en (5) entre les transformées de Laplace est simplement une relation entre des opérateurs spatiaux qui dans la théorie des collisions remplaceraient les opérateurs fonctions de $t$ de la théorie générale. On a donc

$$\mathrm{U}(\mathrm{M}, \mathrm{M}_0)=\mathrm{U}_0(\mathrm{M}, \mathrm{M}_0)+\mathrm{F}_{\mathrm{col}}(\mathrm{M}, \mathrm{P}).\mathrm{U}(\mathrm{P}, \mathrm{M}_0),$$

équation déjà étudiée dans la Note citée [5]. Une forme explicite de cette équation est l'équation intégrale de la théorie des perturbations de noyau $\sum_n\tilde{\Phi}_n(\xi)\,\Phi(x)/(\mathrm{E}-\mathrm{E}_n)$.

3. Nous avons précédemment étudié une solution approchée de l'équation d'ondes [6] et nous l'avons interprétée au moyen de diffusion. Il peut être intéressant de généraliser ce procédé et interpréter directement l'équation intégrale de $\psi$ qu'on peut écrire

$$\psi(\mathbf{x}, t)+\sum_n\int\chi_n(\mathbf{x}-\boldsymbol{\xi};\tau)\psi(\boldsymbol{\xi}, \tau)\,d^3\boldsymbol{\xi}\,d\tau\,e^{-i\mathrm{E}_n t}=\psi_{n_0}(\mathbf{x}, t)$$

---

(2) R. P. Feynman, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 753, form. (18).

(3) J. Schwinger, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 145 form. (2.23), (2.24).

(4) A. Visconti, *Diplôme d'Études supérieures*, 1950, p. 50.

(5) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 333.

(6) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 507. *Cf.* également renvoi (4), *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 217.

où

$$\chi_n(\mathbf{x}-\boldsymbol{\xi}, \tau) = i\tilde{\Phi}_n(\boldsymbol{\xi})\Phi_n(x)\, e^{i\mathrm{E}_n\tau}\mathrm{R}(\boldsymbol{\xi}, \tau).$$

L'interprétation reste substantiellement la même si l'on distingue entre diffusions effective et virtuelle : la relation précédente exprimant que l'état virtuel résultant de l'interférence de l'onde effective $\psi$ et des ondes virtuelles de la sommation est identique à celui de l'instant initial. En notation quadridimensionnelle : $\Phi_n(\mathbf{x})e^{-i\mathrm{E}_n t} = u_n e^{-ik_n x}(k_n x = \mathrm{E}_n t - \mathbf{k}_n\mathbf{x})$ ; si l'on introduit la transformée de Fourier quadridimensionnelle $\Psi(p)$ de $\psi(\mathbf{x}, t)$ et si $r(q)$ est celle de $\mathrm{R}(\mathbf{x}, t) \neq 0$ entre $t_0$ et $t$, l'équation précédente s'écrit :

$$\psi(\mathbf{x}, t) + \sum_n i(2\pi)^{-4}\int r(k_n - p;\, t_0,\, t)\Psi(p)\, d^4p . e^{-i(\mathrm{E}_n t - \mathbf{k}_n.\mathbf{x})} = \psi_{n_0}(\mathbf{x}, t),$$

l'interprétation est facile : $i(2\pi)^{-4} r(k_n - p;\, t_0,\, t)$ est le coefficient de diffusion de l'amplitude $\Psi(p)\, d^4 p$. L'amplitude de transition exacte entre $n_0$ et $n_1$ est

$$c_{n_0 n_1} = (-i)(2\pi)^{-4}\,\tilde{u}_{n_1}\int r(k_{n_1} - p;\, t_0,\, t)\Psi(p)\, d^4 p,$$

invariant relativiste avec $t - t_0 = \infty$. Les approximations successives se calculent facilement

$$c^{(1)}_{n_0 n_1} = -i\tilde{u}_{n_1} r(k_{n_1} - k_{n_0};\, \infty)\, u_{n_0};$$

$$c^{(2)}_{n_0 n_1} = (-i)^2\,\tilde{u}_{n_1}\sum_n r(k_{n_1} - k_n;\, \infty) \times r(k_n - k_{n_0};\, \infty).u_{n_0},$$

de même pour les approximations supérieures [7].

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Schéma lagrangien de la théorie de l'électron de Flint* [1]. Note de M. **Erik Alfsen**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un tenseur de rang deux, $\mathrm{T}^{\mu}{}_{\nu}$, de l'espace à cinq dimensions de Kaluza est défini en termes d'une fonction de Lagrange $\mathcal{L}$. En appliquant le formalisme ainsi obtenu à la fonction $\mathcal{L}$ de la théorie de Dirac, on retrouve le tenseur $\mathrm{R}^{\mu}{}_{\nu}$ de la théorie de Flint.

La propriété caractéristique de l'électron de décrire une géodésique nulle dans l'espace de Kaluza [2] conduit à remplacer $\Psi_\sigma$ par $(1/\beta)\,(\partial\Psi_\sigma/\partial x^5)$ avec $\beta = 2\pi i m_0 c/h$ et $\Psi^*_\sigma$ par $(1/\beta^*)(\partial\Psi^*_\sigma/\partial x^5)$. La fonction de Lagrange, qui habituellement dépend des fonctions $\Psi_\sigma$ et des dérivées spatiales et

(7) Un article en préparation se propose de relier les résultats obtenus dans les Notes citées.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, (A), **185**, 1946, p. 14.

(2) Flint, *Phil. Mag.*, (7), **29**, 1940, p. 330.

temporelles ainsi que des quantités conjuguées, ne sera plus maintenant fonction que des $\partial\Psi_\sigma/\partial x^\mu$ et des $\partial\Psi^*_\sigma/\partial x^\mu$ ($\mu = 1, 2, 3, 4, 5$).

La variation du Lagrangien donne

$$(1) \qquad \frac{\partial}{\partial x^\mu}\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi_{\sigma,\mu}}\right) = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial}{\partial x^\mu}\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi^*_{\sigma,\mu}}\right) = 0$$

avec l'hypothèse habituelle que $\mathcal{L}$ est une fonction bilinéaire des quantités étoilées et non étoilées. Par analogie avec le cas quadridimensionnel, introduisons maintenant le tenseur de rang deux

$$(2) \qquad T^\mu{}_\nu = -\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi_{\sigma,\mu}}\Psi_{\sigma,\nu} - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi^*_{\sigma,\nu}}\Psi^*_{\sigma,\nu} + \mathcal{L}\delta_{\mu\nu} \qquad (\mu, \nu = 1, 2, 3, 4, 5).$$

Les composantes $T^m{}_n$ ($m, n = 1, 2, 3, 4$) seront les composantes usuelles du tenseur énergie-impulsion du champ $\Psi$. La composante $T^m{}_5$ s'écrit

$$T^m{}_5 = -\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi_{\sigma,m}}\frac{\partial \Psi_\sigma}{\partial x^5} - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi^*_{\sigma,m}}\frac{\partial \Psi^*_\sigma}{\partial x^5} = -\frac{2\pi i m_0 c}{h}\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi_{\sigma,m}}\Psi_\sigma - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi^*_{\sigma,m}}\Psi^*_\sigma\right),$$

ce qui donne pour $m = 1, 2, 3, 4$ le quadri-vecteur $\vec{f}$ qui joue le rôle de vecteur densité-flux. On a de même

$$T^5{}_m = -\frac{h}{2\pi i m_0 c}\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi_\sigma}\Psi_{\sigma,m} - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi^*_\sigma}\Psi^*_{\sigma,m}\right).$$

La conservation du tenseur $T^\mu{}_\nu$ s'exprimera en annulant sa divergence, qui s'écrit dans un continu à cinq dimensions

$$(3) \qquad T^{\mu\nu}{}_{,\nu} = \frac{\partial T^{\mu\nu}}{\partial x^\nu} + \Delta^\mu_{\alpha\nu}R^{\alpha\nu} + \Delta^\nu_{\alpha\nu}R^{\alpha\nu} = 0,$$

où $\Delta^\mu_{\alpha\nu}$ est le symbole de Cristoffel dans cet espace.

Le formalisme de la théorie de Flint conduit à associer au tenseur à cinq dimensions $T^\mu{}_\nu$ un tenseur à quatre dimensions $A^m{}_n$, deux vecteurs $A_.{}^n$, $A^n{}_.$ et un scalaire $A_{..}$. On a, entre ces quantités, les relations suivantes :

$$T^{ln} = A^{ln}, \qquad R^{n5} = A^n{}_. - \alpha\varphi_r A^{nr}, \qquad R^{5n} = A_.{}^n - \alpha\varphi_r A^{rn},$$
$$T^{55} = A_{..} - \alpha\varphi_m A^m{}_. - \alpha\varphi_n A_.{}^n + \alpha^2\varphi_m\varphi_n A^{mn} \qquad (l, n = 1, 2, 3, 4),$$

où $\alpha$ est la constante de Kaluza égale à $e/m_0c^2$. Si l'on considère le cas $\mu = m (m = 1, 2, 3, 4)$ dans l'équation (3) ci-dessus et si l'on suppose que $T^m{}_\nu$ ne dépend plus de $x^5$, on obtient en tenant compte des expressions des $\Delta^\mu_{\alpha\nu}$ lorsque l'on néglige le champ de gravitation ([3])

$$\frac{\partial A^{mn}}{\partial x^n} = -\frac{1}{2}\alpha H_n{}^m(A^n{}_. + A_.{}^n).$$

([3]) Une table complète des $\Delta^\mu_{\alpha\nu}$ lorsque l'on néglige le champ gravitationnel et donnée par J. Cattermole, *Phil. Mag.*, n° 7, 33, 1942, p. 647.

Ceci conduit à identifier le vecteur quadri-dimensionnel $(A_{\cdot}'' + A''_{\cdot})/2$ au vecteur courant. On vérifie aisément que le cas $\mu = 5$ dans l'équation (3) donne la conservation de ce vecteur courant. Nous avons ainsi appliqué l'idée de Klein ([4]), d'unification de l'énergie, de l'impulsion et de la densité de courant en un seul tenseur, à la fonction de Lagrange du champ $\Psi$.

En théorie de Dirac on est amené à prendre pour fonction de Lagrange la quantité

$$\mathcal{L} = -\frac{h^2}{8\pi^2 m_0} \frac{\partial \Psi_\sigma^*}{\partial x^\mu} \varepsilon^\mu \frac{\partial \Psi_\sigma}{\partial x^\mu} + \text{conj}.$$

Les $\varepsilon^\mu$ étant reliés aux matrices de Dirac $\alpha_1$, $\alpha_2$, $\alpha_3$, $\alpha_4$, par les relations

$$\varepsilon^1 = \alpha_1, \qquad \varepsilon^2 = \alpha_2, \qquad \varepsilon^3 = \alpha_3, \qquad \varepsilon^4 = -i, \qquad \varepsilon^5 = \alpha_4 - \alpha\varphi_m\alpha_m.$$

L'application des formules (1) donne les relations

$$\frac{\partial \Psi_\sigma^*}{\partial x^\mu} \varepsilon^\mu = 0 \qquad \text{et} \qquad \varepsilon^\mu \frac{\partial \Psi_\sigma}{\partial x^\mu} = 0,$$

qui sont les expressions de l'équation de Dirac et de sa conjuguée. Le tenseur $T^\mu_\nu$ s'écrit d'après la relation (2)

$$T^\mu_\nu = -\frac{h^2}{8\pi^2 m_0}\left[\frac{\partial \Psi_\sigma^*}{\partial x^5} \varepsilon^\mu \frac{\partial \Psi_\sigma}{\partial x^\nu} + \frac{\partial \Psi_\sigma^*}{\partial x^\nu} \varepsilon^\mu \frac{\partial \Psi_\sigma}{\partial x^5}\right].$$

En posant $\Pi_\nu = (h/2\pi i)(\partial/\partial x^\nu)$, $T^\mu_\nu$ s'écrit

$$T^\mu_\nu = \frac{c}{2}(\Psi_\sigma^* \varepsilon^\mu \Pi_\nu \Psi_\sigma - \Pi_\nu^* \Psi_\sigma^* \varepsilon^\mu \Psi_\sigma),$$

expression identique à celle obtenue par Flint ([5]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie de la double diffusion Compton généralisée.* Note M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Expression générale de la section efficace correspondant au processus de double diffusion Compton généralisée dans lequel un corpuscule de spin $h/2$ absorbe un quantum d'un champ $C_0$ de spin 0 où $\hbar$ et émet deux quanta appartenant respectivement à des champs $C_1$, $C_2$ de spin 0 ou $\hbar$. Calcul complet dans le cas où les champs $C_0$, $C_1$, $C_2$ sont de type pseudoscalaire.

Dans la double diffusion Compton généralisée, un corpuscule A, de spin $h/2$, initialement dans un état d'énergie, impulsion et masse propre réduites $K_i$, $\mathbf{K}_i$, $\mu_i$, représenté par une onde plane à énergie positive d'amplitude $u_i$ absorbe un quantum $(k_0, \mathbf{k}_0, \mu_0)$ d'un champ $C_0$ de spin 0 ou $h$, émet les deux quanta

(4) *Z. Phys.*, 46, 1927, p. 188.

(5) *Proc. Roy. Soc.*, *loc. cit.*, p. 21.

$(k_1, \mathbf{k}_1, \mu_1)$, $(k_2, \mathbf{k}_2, \mu_2)$ des champs $C_1$ et $C_2$ de spin o ou $h$, et se trouve finalement dans l'état $(K_j, \mathbf{K}_j, \mu_j)$ représenté par une onde plane à énergie positive d'amplitude $u_j$. L'ordre de l'absorption du quantum de $C_0$ et de l'émission des quanta de $C_1$ et $C_2$ étant indifférent l'état final peut être obtenu de six façons différentes.

Pour étudier symétriquement ces six processus, nous considérerons l'absorption du quantum $C_0$ comme équivalant à l'émission du quantum $C'_0(-k_0, -\mathbf{k}_0, -\mu_0)$ et nous désignerons par $(k_l, \mathbf{k}_l, \mu_l)$, $(k_m, \mathbf{k}_m, \mu_m)$, $(k_n, \mathbf{k}_n, \mu_n)$, trois émissions successives amenant le corpuscule A de l'état $\mathbf{K}_i$ à l'état $\mathbf{K}_j$ par les états intermédiaires $(K_p, \mathbf{K}_p, \mu_p)$ suivant l'émission de $\mathbf{k}_l$ à partir de $\mathbf{K}_i$ et $(K_q, \mathbf{K}_q, \mu_q)$ suivant l'émission de $\mathbf{k}_m$ à partir de $\mathbf{K}_p$ (ou précédant l'émission de $\mathbf{k}_n$ conduisant à $\mathbf{K}_j$). Chacun des six processus sera alors caractérisé par une permutation de (o, 1, 2) attribuée aux indices $l, m, n$, les termes d'indices o étant changés de signe.

Nous aurons alors par les lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement

$$\mathbf{K}_i + \mathbf{k}_0 = \mathbf{K}_j + \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2, \qquad K_i + k_0 = K_j + k_1 + k_2;$$
$$\mathbf{K}_i = \mathbf{K}_j + \mathbf{k}_l + \mathbf{k}_m + \mathbf{k}_n, \qquad K_i = K_j + k_l + k_m + k_n;$$
$$\mathbf{K}_p = \mathbf{K}_i - \mathbf{k}_l, \qquad \mathbf{K}_q = \mathbf{K}_i - \mathbf{k}_l - \mathbf{k}_m = \mathbf{K}_j + \mathbf{k}_n.$$

Dans les états intermédiaires, nous admettrons que la particule A prend successivement les masses $\mu_p$ et $\mu_q$ et nous écrirons

$$\mu_p = \mu_i - \mu_l + \delta_l = \mu_i - \varepsilon_l, \qquad \mu_q = \mu_i - (\mu_l - \delta_l) - (\mu_m - \delta_m) = \mu_i - \varepsilon_l - \varepsilon_m = \mu_j + \varepsilon_n$$
$$\mu_j = \mu_i - \varepsilon_l - \varepsilon_m - \varepsilon_n.$$

Les grandeurs $\delta_l$, $\delta_m$, $\delta_n$ sont ici analogues à des énergies de liaison. Dans le concept de champ pur, on pose

$$\varepsilon_l = \varepsilon_m = \varepsilon_n = 0, \qquad \mu_l = \delta_l, \qquad \mu_m = \delta_m, \qquad \mu_n = \delta_n \qquad \text{d'où} \qquad \mu_i = \mu_p = \mu_q = \mu_j.$$

Nous écrirons

$$\varkappa_l^2 = \mu_l^2 - \varepsilon_l^2, \qquad \varkappa_m^2 = \mu_m^2 - \varepsilon_m^2, \qquad \varkappa_n^2 = \mu_n^2 - \varepsilon_n^2,$$
$$q_{ij} = -K_i K_j + (\mathbf{K}_i \mathbf{K}_j) + \mu_i \mu_j; \qquad q_{il} = -k_l K_i + (\mathbf{k}_l \mathbf{K}_i) + \mu_i \varepsilon_l \; (i, j;\; l, m, n).$$

Nous représenterons par

$$g_l \left( \frac{\hbar c}{2 |k_l|} \right)^{\frac{1}{2}} u_i^* \Omega_l u_p, \qquad g_m \left( \frac{\hbar c}{2 |k_m|} \right)^{\frac{1}{2}} u_p^* \Omega_m u_q, \qquad g_n \left( \frac{\hbar c}{2 |k_n|} \right)^{\frac{1}{2}} u_q^* \Omega_n u_j,$$

les éléments de matrice d'émission des quanta $\mathbf{k}_l, \mathbf{k}_m, \mathbf{k}_n$, les $g_l, g_m, g_n$ désignant les constantes de couplage champ-corpuscule telles que les charges électriques ou mésiques. Nous écrirons alors l'élément de matrice global

$$H^{(3)} = \Sigma P \begin{pmatrix} l m n \\ 0\ 1\ 2 \end{pmatrix} \frac{g_l g_m g_n}{(8 \hbar c k_0 k_1 k_2)^{\frac{1}{2}}} \frac{u_i^* \Omega_l u_p u_p^* \Omega_m u_q u_q^* \Omega_n u_j}{(K_i - k_l - K_p)(K_j + k_n - K_q)}.$$

Posant

$$D_{il} = (K_i - k_l)^2 - K_p^2 = 2[-k_l K_i + (\mathbf{k}_l \mathbf{K}_i) + \mu_i \varepsilon_l] + \mu_l^2 - \varepsilon_l^2 = 2 q_{il} + \varkappa_l^2;$$

$$D_{jn} = (K_j - k_n)^2 - K_j^2 = -2[-k_n K_j + (\mathbf{k}_n \mathbf{K}_j) + \mu_j \varepsilon_n] + \mu_n^2 - \varepsilon_n^2 = -2 q_{jn} + \varkappa_n^2;$$

$$S_i = K_i - (\mathbf{K}_i \boldsymbol{\alpha}) - \mu_i \alpha_4, \qquad S_j = K_j - (\mathbf{K}_j \boldsymbol{\alpha}) - \mu_j \alpha_4; \qquad S_{il} = S_i - S_l; \qquad S_{jn} = S_j + S_n;$$

$$S_l = k_l - (\mathbf{k}_l \boldsymbol{\alpha}) - \varepsilon_l \alpha_4, \qquad S_m = k_m - (\mathbf{k}_m \boldsymbol{\alpha}) - \varepsilon_m \alpha_4; \qquad S_n = k_n - (\mathbf{k}_n \boldsymbol{\alpha}) - \varepsilon_n \alpha_4;$$

nous obtenons

$$H'^{(1)} = \Sigma P \begin{pmatrix} lmn \\ 0\,2\,1 \end{pmatrix} \frac{g_l g_m g_n}{(8 \hbar c k_0 k_1 k_2)^{\frac{1}{2}}} \frac{u_i^* \Omega_l S_{il} \Omega_m S_{jn} \Omega_n u_j}{D_{il} D_{jn}}.$$

Le calcul de la section efficace

$$d\sigma = \frac{|\mathbf{k}_1| |\mathbf{k}_2|^3 k_1 k_2 K_0 K_j |H'^{(1)}|^2 \, dk_1 \, d\Omega_{\mathbf{k}_1} \, d\Omega_{\mathbf{k}_2}}{(2\pi)^5 \hbar^2 c^2 [(k_0 K_0 - \mathbf{k}_0 \mathbf{K}_0)^2 - \mu_0^2 \mu_i^2]^{\frac{1}{2}} [\mathbf{k}_2 (\mathbf{k}_2 K_j - k_2 \mathbf{K}_j)]}$$

se ramènera au calcul de $|H'^{(1)}|^2$ et par suite au calcul de la somme

$$\Sigma P \begin{pmatrix} lmn, \; l'm'n' \\ 0\,1\,2 \end{pmatrix} \frac{g_l g_m g_n g_{l'} g_{m'} g_{n'} \operatorname{Trace}(S_i \Omega_l S_{il} \Omega_m S_{jn} \Omega_n S_j \Omega_{n'} S_{jn'} \Omega_{m'} S_{il'} \Omega_{l'})}{(32 \hbar c k_0 k_1 k_2 K_i K_j)(D_{il} D_{jn} D_{il'} D_{jn'})}.$$

A titre d'exemple, nous effectuerons le calcul complet dans le cas où les champs $C_0$, $C_1$, $C_2$ sont de type pseudo-scalaire $\Omega_l = \Omega_m = \Omega_n = \alpha_5$ et « neutres », c'est-à-dire que les valeurs de $g_l$, $g_m$, $g_n$ seront indépendantes de l'ordre de l'absorption ou de l'émission de $C_0$, $C_1$, $C_2$.

Utilisant les propriétés d'anticommutation de $\alpha_5$ avec $\boldsymbol{\alpha}$, $\alpha_4$, nous avons immédiatement

$$|H'^{(1)}|^2 = \frac{g_0^2 g_1^2 g_2^2}{32 \hbar c k_0 k_1 k_2 K_i K_j} \Sigma P \begin{pmatrix} lmn, \; l'm'n' \\ 0\,1\,2 \end{pmatrix} \frac{\operatorname{Trace}(S_i \alpha_5 S_l \alpha_5 S_n \alpha_5 S_j \alpha_5 S_{n'} \alpha_5 S_{l'} \alpha_5)}{D_{il} D_{jn} D_{il'} D_{jn'}}$$
$$= g_0^2 g_1^2 g_2^2 (8 \hbar c k_0 k_1 k_2 K_i K_j)^{-1} \Sigma P \begin{pmatrix} lmn \\ 0\,1\,2 \end{pmatrix} |S|^2,$$

avec

$$\begin{aligned}
-|S|^2 = {} & (D_{il}^2 D_{jn}^2)^{-1} [4 q_{il} q_{ln} q_{nj} + 2 \varkappa_l^2 q_{in} q_{nj} + 2 \varkappa_n^2 q_{il} q_{lj} + \varkappa_l^2 \varkappa_n^2 q_{ij}] \\
& + (D_{il} D_{in} D_{jl} D_{jn})^{-1} [(2 q_{ln}^2 - \varkappa_l^2 \varkappa_n^2 q_{ij}) - 2 q_{il}(q_{ln} q_{nj} + \varkappa_n^2 q_{lj}) - 2 q_{in}(q_{nl} q_{lj} + \varkappa_l^2 q_{jn})] \\
& + (D_{il}^2 D_{jn} D_{jm})^{-1} [2 q_{il}(q_{ln} q_{jm} + q_{lm} q_{jn} - q_{lj} q_{mn}) + \varkappa_l^2 (q_{in} q_{jm} + q_{im} q_{jn} - q_{ij} q_{nm})] \\
& + (D_{il} D_{im} D_{jn}^2)^{-1} [2 (q_{il} q_{mn} + q_{im} q_{ln} - q_{lm} q_{in}) q_{nj} + \varkappa_n^2 (q_{il} q_{mj} + q_{im} q_{lj} - q_{ij} q_{lm})] \\
& + (D_{il} D_{im} D_{jn} D_{jl})^{-1} [2 (q_{ij} q_{ml} - q_{il} q_{mj}) q_{ln} \\
& \qquad + 2 (q_{il} q_{mn} - q_{in} q_{ml}) q_{lj} - \varkappa_l^2 (q_{in} q_{mj} + q_{im} q_{nj} - q_{ij} q_{mn})] \\
& + (D_{il} D_{jn} D_{jm} D_{in})^{-1} [2 (q_{in} q_{lm} - q_{im} q_{ln}) q_{nj} \\
& \qquad + 2 (q_{ij} q_{ln} - q_{in} q_{lj}) q_{nm} - \varkappa_n^2 (q_{il} q_{mj} + q_{im} q_{lj} - q_{ij} q_{lm})].
\end{aligned}$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Catalyse dans les systèmes protéiques.* Note de M^me **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre que le schéma usuel de la théorie quantique de la catalyse est trop sommaire et que les effets catalytiques et enzymatiques en biologie peuvent être expliqués qualitativement au moyen de l'effet Jacques Winter.

La catalyse est expliquée en Mécanique ondulatoire au moyen d'une perturbation produite dans le système des molécules réagissantes par le catalyseur qui permet l'établissement d'une résonance quantique (effet tunnel), la résonance n'a lieu que si des niveaux énergétiques sont égaux dans la configuration des molécules avant et après la réaction; d'où un certain effet de spécificité du catalyseur : ce n'est que tel corps qui donne la perturbation convenable établissant la résonance. Ce schéma est trop sommaire pour décrire l'action enzymatique car il faut expliquer : 1° la spécificité due au substrat protéique; 2° l'effet catalytique provoqué par un très petit nombre de molécules d'enzymes; 3° l'influence de la concentration et effet de saturation par augmentation de la concentration; 4° la variation de l'effet avec la chaleur; 5° l'influence du liquide dans lequel se trouvent les macromolécules. La théorie rappelée ci-dessus ne fournit pas ces explications. Les réactions biologiques ayant lieu en milieu liquide, si des actions perturbatrices se font sentir sur les macromolécules réagissantes, la présence des molécules liquides ne peut être négligée (d'ailleurs des variations dans la composition des liquides arrêtent le phénomène). Alors au lieu de l'Hamiltonien de la théorie quantique usuelle :

$$H_0 = H_M + R,$$

où $H_M$ est l'Hamiltonien des molécules réagissantes et R le potentiel perturbateur du catalyseur tel qu'il y ait des fonctions d'ondes $\psi_I$ et $\psi_{II}$ des configurations avant (I) et après (II), pouvant entrer en résonance ($E_1 = E_2$), on doit considérer un Hamiltonien de la forme

$$H = H_M + H_{(L)} + H_{(C)} + V_{(M.L)} + V_{(L.C)} + V_{(M.C)},$$

où $H_{(L)}$ est l'Hamiltonien des molécules du liquide, $H_{(C)}$ l'Hamiltonien du catalyseur (enzyme), $V_{(M.L)}$ les termes d'interaction entre molécules réagissantes et molécules liquides, $V_{(L.C)}$ les termes d'interaction entre enzyme et molécules liquides, $V_{(M.C)}$ les termes d'interaction entre molécules réagissantes et enzyme; cette fois ce terme est d'importance secondaire, alors que dans la théorie usuelle $R = V_{(M.C)}$. En première approximation et par un processus de moyenne, la moyenne des termes $H_{(L)} + H_{(C)} + V_{(M.L)} + V_{(L.C)} + V_{(M.C)}$ peut être représentée par un potentiel R, d'où le maintien des résultats qualitatifs de la théorie usuelle. Mais R n'est pas un véritable potentiel, car l'action perturba-

trice change avec les fluctuations des essaims et la schématisation par R est trop sommaire. A première vue, on penserait que les molécules liquides forment un écran venant atténuer l'action du catalyseur (qui s'exerce par des forces électrostatiques) et de limiter son activité à son voisinage immédiat, d'où rareté de l'effet et difficulté à expliquer l'importance d'une réaction catalysée par un très petit nombre de molécules, mais cette vue est inexacte.

L'effet J. Winter ([1]) montre que les molécules du liquide jouent un tout autre rôle qui est essentiel et permet d'expliquer les cinq caractères indiqués plus haut : les protéines vont influencer les essaims de molécules du liquide qui sont dans leur voisinage (termes $V_{M.L.}$ et $V_{L.C.}$), sélectionnant certaines structures d'essaims qui entreront en résonance avec la structure de la protéine. Des chaînes d'essaims vont lier protéines réagissantes et enzyme, la liaison ne s'établissant que s'il y a accord de structure entre l'enzyme et les macromolécules réagissantes. La rareté dans le temps de l'établissement de ces chaînes compensant la portée dans l'espace de l'interaction. La nécessité, pour que s'établissent des chaînes de résonance, entre enzyme, essaims de molécules du liquide, macromolécules de la réaction, explique la spécificité de l'action enzymatique, due à la structure protéique de l'enzyme. Les actions s'exerçant à longue distance par l'intermédiaire des chaînes d'essaims permettent de comprendre qu'on obtienne un rendement notable avec de très faibles concentrations en enzyme.

Si la concentration en enzyme augmente à un certain moment, un effet de saturation se fait sentir : de nouvelles chaînes ne peuvent s'établir, car les essaims non encore enchaînés n'ont pas une structure capable d'entrer en résonance avec les protéines présentes, malgré les variations qu'ils subissent. Si on élève la température, l'action enzymatique peut cesser, même sans altération de l'enzyme, par rupture de résonance avec les essaims : par suite de l'agitation thermique, les essaims deviennent de plus en plus petits lorsque la température croît, et s'ils sont trop petits, ils cessent de pouvoir entrer en résonance avec les structures des macromolécules. Un abaissement de température diminue le facteur de Boltzmann $e^{-E/kT}$, multipliant la probabilité d'un essaim à structure d'énergie E, ce qui diminue le rendement de la réaction. (Le schéma quantique usuel est incapable d'expliquer la cessation de l'effet catalytique par augmentation de la température.) Si la composition du liquide change, les essaims ont leur structure modifiée, et la résonance va cesser. L'effet J. Winter explique donc bien les cinq caractères indiqués au début, concernant l'action enzymatique. Ce qui précède explique aussi qu'un virus, un gène ou un gènoïde, au sein d'une cellule, oriente selon sa propre structure certaines parties de la cellule.

---

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 704 et **230**, 1950, p. 626.

PYROTECHNIE. — *Sur la détonation d'explosifs secondaires par une étincelle électrique.* Note (*) de M. **Rudi Schall**, présentée par M. Georges Darrieus.

L'excitation des explosifs secondaires par des décharges électriques commence par une déflagration qui, dans un délai de $10^{-6}$ à $10^{-4}$ sec, se transforme en détonation.

L'énergie électrique nécessaire est du même ordre de grandeur que l'énergie correspondant à la chaleur d'explosion de l'amorce d'explosif primaire ou l'énergie mécanique du mouton assurant la détonation dans les conditions habituelles.

Dans une Note récente J. et J. Basset ([1]) ont montré qu'il est possible d'exciter la détonation d'explosifs secondaires (comme la penthrite et l'hexogène) directement par des étincelles. Nous avons, déjà depuis quelque temps, étudié le mécanisme de cet amorçage, qui s'est montré analogue à celui connu pour l'amorçage des explosifs solides par choc ([2]) : l'étincelle, soumettant l'éclateur à une pression dynamique, y produit une combustion rapide et progressive devant le front de laquelle l'onde de détonation naît à une certaine distance.

Notre dispositif d'essai, conçu pour étudier le phénomène de la décomposition en lumière propre à l'aide d'une caméra à tambour tournant ([3]), est représenté sur la figure 1 en même temps que le circuit électrique utilisé. L'explosif, tassé ou légèrement comprimé, se trouve à l'intérieur d'un tube fendu en cuivre formant une électrode; l'autre, en forme de bouchon métallique, est mise à petite distance du tube. L'ensemble est monté dans un tube en verre couvert de carton noirci ménageant une fente pour observer la luminosité de l'explosif en cours de décomposition.

La figure 2, prise avec la camera à tambour tournant, montre la naissance de l'onde de détonation dans l'hexogène à partir d'une explosion produite par une forte étincelle. Dans la phase précédant la détonation, le phénomène présente une structure périodique, même s'il ne se produit pas ultérieurement une détonation (voir *fig.* 3 montrant la déflagration de la tolite produite par une décharge un peu trop faible pour provoquer la détonation). Le délai et, avec lui, la distance entre l'étincelle et le point de départ de la détonation dépendent de différents paramètres, dont l'énergie de la décharge, la nature de l'explosif, sa grosseur de grain et la densité de chargement sont les plus importantes. Le

(*) Séance du 29 janvier 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 759.

([2]) Bowden et Yoffe, *Symp. on combustion and flame and explosive phenomena*, 3, 1949, p. 551.

([3]) Ce procédé permet de distinguer nettement si vraiment il y a eu détonation ou seulement déflagration. Ni le bruit ni l'éclatement de l'enveloppe, qui ont servi dans la Note précitée, ne sont des critères suffisants.

retard augmente avec la grosseur de grain, la densité de chargement, la constante de temps du circuit électrique et le diamètre du tube; il diminue avec l'énergie de l'étincelle et la sensibilité de l'explosif. La figure 4 montre que le délai est à peu près inversement proportionnel à la tension de la capacité déchargée.

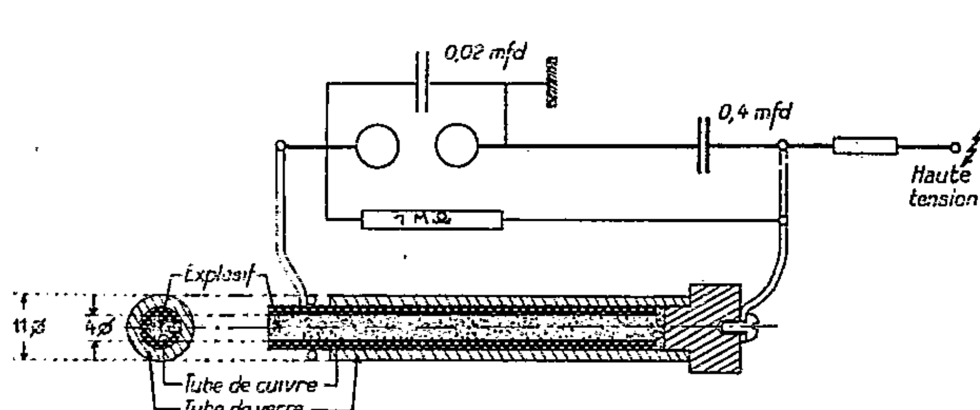



Fig. 1. — Dispositif d'essai et circuit électrique.

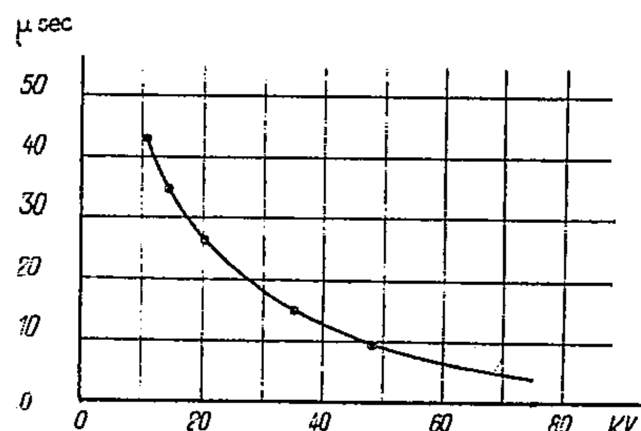



Fig. 4. — Le délai d'amorçage en fonction de la tension (hexogène technique $\Delta = 1$ g/cm³).

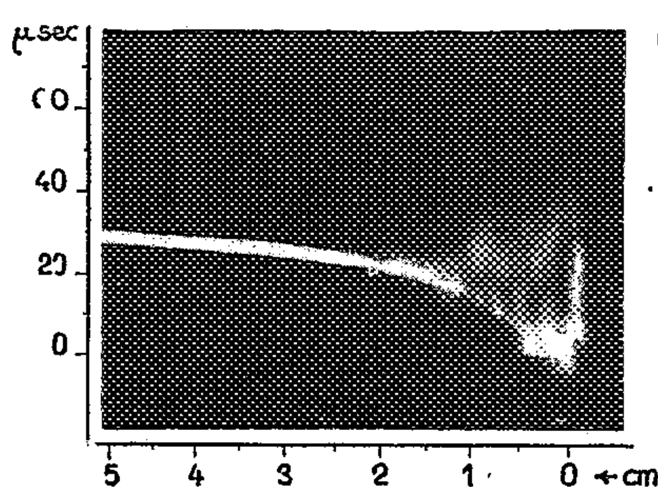



Fig. 2. — Naissance de l'onde de détonation dans l'hexogène amorcée par une décharge de 13 kV.

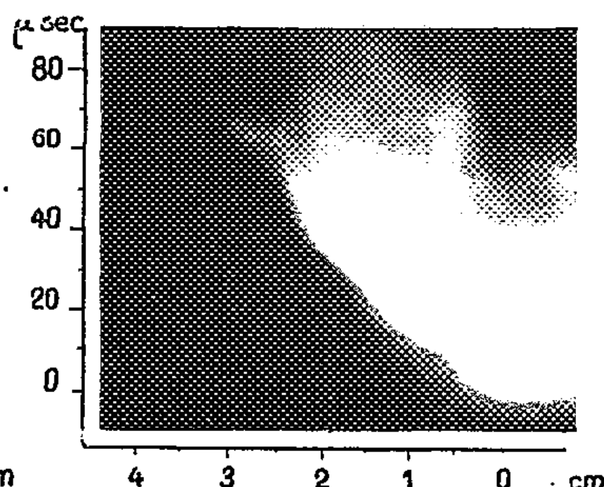



Fig. 3. — Explosion de tolite amorcée par 30 kV.

Pour une installation à données connues, l'énergie électrique minimum pour l'amorçage est bien déterminée (à 4 % près). Elle peut par conséquent servir pour caractériser la sensibilité d'un explosif. Il ressort du tableau suivant comparant les énergies exigées pour les différentes natures d'amorçage, — évidemment cette comparaison ne peut avoir qu'un caractère grossier vu les conditions d'essai très différentes — que l'énergie excitatrice est du même ordre de grandeur que la chaleur d'explosion d'un explosif primaire (par exemple azoture de plomb) ou l'énergie mécanique du mouton assurant l'amorçage.

| Explosif. | Nature d'amorçage. | Source d'énergie. | Énergie excitatrice. |
|---|---|---|---|
| Tolite. | Mécanique.......... | 2 kg–90 cm | 1,8 m/kg = 18.10⁷ erg |
| | Thermochimique.... | 0 g,04 $PbN_6$ | 15 cal = 63 » |
| | Électrique.......... | 0,4 μF–31 kV | 190 Wsec = 190 » |
| Hexogène. | Mécanique.......... | 2 kg–30 cm | 0,6 m/kg = 6.10⁷ erg |
| | Thermochimique.... | 0 g,02 $PbN_6$ | 7,5 cal = 32 » |
| | Électrique.......... | 0,4 μF–10 kV | 20 Wsec = 20 » |

Le fait qu'il n'a pas été possible de faire détoner immédiatement par étincelle de petites quantités d'explosif secondaire sans enveloppe, prouve quand même que la nature de l'excitation par étincelle est bien différente de l'initiation par explosif primaire. Alors que ceux-ci créent à la surface de l'explosif secondaire des conditions physiques assurant la détonation, la décharge électrique n'y produit qu'une combustion qui par la suite peut se transformer en détonation si les conditions extérieures sont favorables.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les dimensions optima d'un cadre de réception à fil divisé.* Note de M. ANTOINE COLOMBANI, présentée par M. GUSTAVE RIBAUD.

On sait que lorsque des fils rapprochés sont parcourus par un courant de haute fréquence, le champ magnétique produit à l'intérieur de l'un deux par les courants voisins n'est pas négligeable par rapport à celui que le fil lui-même produit dans son intérieur. La distribution du courant dans le fil est très différente et la résistance apparente plus grande que ne le fait prévoir l'application des formules de l'effet Kelvin relatives à des conducteurs très éloignés.

J'ai établi dans une publication antérieure (¹) une formule qui donne la résistance en H. F. d'un bobinage hélicoïdal à fil divisé en N brins de rayon $r$:

(1) $$R_F = R_0\left[1 + \frac{\eta\beta}{\alpha}\left(\frac{\pi}{D} r^2 \omega\gamma n N\right)^2\right]$$

ou

(2) $$R_F = \frac{L}{\beta r^2}\left[\frac{1}{\gamma N n} + \frac{\eta\beta}{\alpha}\left(\frac{\pi}{D} r^2 \omega\right)^2 \gamma N n\right],$$

$R_0$ est la résistance sur courant continu; $n$ le nombre total de spires; $\gamma$ la conductibilité; D le diamètre moyen d'enroulement; $\alpha$, $\beta$, $\eta$ sont des coefficients qui ne dépendent que de la forme de la bobine et non de ses dimensions :

$$\alpha = \frac{el}{D^2}, \qquad \beta = \frac{\pi^2 D}{l}, \qquad \eta = \frac{e}{D}$$

($l$, longueur axiale; $e$, profondeur d'enroulement).

Enfin, le rayon des brins satisfait à la condition : $r \ll \varepsilon$ ($\varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-1/2}$). Supposons que nous utilisions une telle bobine comme cadre de réception. La quantité à rendre minimum dans ce cas est

$$\theta = \frac{R_F}{\omega_0 LS},$$

en appelant S sa surface ($S = \pi n D^2/4$). La valeur de la self induction n'étant pas déterminée à priori, on peut, comme nous l'avons déjà vu, s'imposer la

(¹) *J. Phys.*, 10, 1949.

condition d'être au-dessus de la longueur d'onde propre dans un rapport déterminé en utilisant l'expression de la capacité sous la forme $\Gamma = k\mathrm{D}$, $k$ étant un coefficient de l'ordre de $10^{-20}$.

En éliminant L au moyen de la condition de résonance $\omega^2 \mathrm{L}\Gamma = 1$ on obtient, pour l'expression à rendre minimum, la valeur

$$\theta = \frac{\mathrm{R_F}}{\omega^2 \mathrm{LS}} = \frac{4}{\pi\omega r^2 \mathrm{D}}\sqrt{\frac{k}{\beta}}\left[\frac{1}{\gamma \mathrm{N} n} + \frac{\pi^2 \eta\beta\omega^2 r^6}{\alpha \mathrm{D}^2}\gamma \mathrm{N} n\right].$$

Si l'on se donne l'encombrement défini par D, l'expression entre crochets est minima pour

$$\gamma \mathrm{N} n = \frac{\mathrm{D}}{\pi\omega r^3}\sqrt{\frac{\alpha}{\eta\beta}}. \tag{4}$$

Comme $\mathrm{R_0} = n\mathrm{D}/\gamma \mathrm{N} r^2 = n^2 \pi r\omega\left(\sqrt{\eta\beta/\alpha}\right)$ et $\mathrm{L} = \beta n^2 \mathrm{D}$, on voit que pour la condition (4) on a le résultat suivant :

$$\mathrm{R_F} = \mathcal{R} = 2 n^2 \pi r \omega \sqrt{\frac{\eta\beta}{\alpha}} = 2\mathrm{R_0}. \tag{5}$$

Le minimum de l'expression $\theta$ a donc lieu quand la résistance en haute fréquence est double de la résistance ohmique.

Avec les valeurs (3) on obtient $\mathcal{R} = (2\mathrm{L}r\omega/\mathrm{D})$, valeur remarquable indépendante de $\gamma$, donc de la nature du métal, et

$$\theta = \frac{8r}{\mathrm{D}^2}\sqrt{\frac{k\eta}{\alpha}} = \frac{8r}{\mathrm{D}^2}\sqrt{\frac{k\mathrm{D}}{l}}. \tag{6}$$

Il y a donc intérêt à choisir les dimensions les plus grandes et le brin le plus fin. D'autre part, la capacité répartie est d'autant plus faible que le volume du métal est petit par rapport à celui de la gorge qui le contient. Ce rapport $\delta = (\pi r^2 \mathrm{N} n/\alpha \mathrm{D}^2)$ vaut à l'optima

$$\delta = \frac{1}{\omega\gamma r \mathrm{D}}\sqrt{\frac{1}{\alpha\beta\eta}} = \frac{1}{\pi\omega\gamma r e}. \tag{7}$$

Le rayon $r$ est faible, sa valeur maxima est fixée par la condition de pénétration. On a déjà montré en effet que pour la résistance optima $\mathcal{R}$ la pénétration $\varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-1/2}$ est égale au rayon du brin et le champ est encore uniforme. Il y a donc intérêt, pour diminuer $\delta$, à augmenter la profondeur d'enroulement $e$, ce qui conduit à diminuer la longueur axiale d'enroulement $l$.

De cette façon, le bobinage n'est pas compact et le coefficient $k$ inférieur à $(1/v^2)(v = 3.10^{10}$ C. G. S.).

Le cadre doit donc correspondre à une bobine relativement plate de grand diamètre moyen et dont la résistance est déterminée par (5). On a d'ailleurs constaté que c'est pour cette forme que le rapport signal/bruit est maximum (supérieur à celui de l'antenne).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur les propriétés optiques de la lentille électrostatique indépendante à électrode centrale épaisse.* Note de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

En généralisant les calculs effectués précédemment ([1]), on peut écrire les équations de la trajectoire transgaussienne ([2]) à l'intérieur de la lentille

$$(1)\quad \begin{cases} r = r_0 \operatorname{ch}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(z+z_2)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+r_0^2\beta^2}}\right] & \text{pour } -z_2 < z < -kz_2, \\ r = A\cos\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh}(z+k_1z_2)\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2-A^2\alpha^2}} - \varphi\right] & \text{pour } -kz_2 < z < -k_1z_2, \\ r = Cz + D & \text{pour } -k_1z_2 < z < k_1z_2, \\ r = A_1\cos\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh}(z-k_1z_2)\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2-A_1^2\alpha^2}} - \varphi_1\right] & \text{pour } k_1z_2 < z < kz_2, \\ r = B^{\mathrm{ch}}_{\mathrm{sh}}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(z-z_2)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+B^2\beta^2}} - \psi\right] & \text{pour } kz_2 < z < z_2. \end{cases}$$

$\alpha$ et $\beta$ étant définis dans ([1]).

La continuité de la trajectoire et de sa dérivée permet encore de calculer les coefficients A, $\varphi$, C, D, $A_1$, $\varphi_1$, B et $\psi$ de la trajectoire en fonction du paramètre fondamental de la lentille $x = \Phi(0)/\Phi(z_2)$ et de l'incidence du rayon $r_0/z_2$.

On peut dès lors déterminer les propriétés optiques de la lentille.

En posant

$$(2)\quad \begin{cases} \alpha_0 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh}(k-k_1)z_2\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2-A^2\alpha^2}}, \\ \alpha_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh}(k-k_1)z_2\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2-A^2\alpha^2}}; \end{cases}$$

$$(3)\quad \begin{cases} \beta_0 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(1-k)z_2\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+r_0^2\beta^2}}, \\ \beta_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(1-k)z_2\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+B^2\beta^2}}; \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} \lambda_0^2 = \dfrac{2(k-k_1)(1-k_1)x + (1-x)\left[2(k-k_1)^2 - \left(\dfrac{r_0}{z_2}\right)^2 \operatorname{ch}^2\beta_0\right]}{2(1-k)(1-k_1) + (1-x)\left[\left(\dfrac{r_0}{z_2}\right)^2 \operatorname{ch}^2\beta_0 - 2(1-k)^2\right]}, \\ \lambda_1^2 = \dfrac{2(k-k_1)(1-k_1) + (1-x)\left[2(k-k_1)^2 - \left(\dfrac{A_1}{z_2}\right)^2 \cos^2(\alpha_1-\varphi_1)\right]}{2(1-k)(1-k_1) + (1-x)\left[\left(\dfrac{A_1}{z_2}\right)^2 \cos^2(\alpha_1-\varphi_1) - 2(1-k)^2\right]}, \end{cases}$$

$$(5)\quad \alpha_0 - \operatorname{arc\,tg}\lambda_0 \operatorname{th}\beta_0 = \delta_0, \qquad \alpha_1 - \operatorname{arc\,tg}\lambda_1 \operatorname{th}\beta_1 = \delta_1,$$

---

([1]) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 604.

([2]) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1650.

on trouve pour la distance focale en régime transgaussien

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}, \tag{6}$$

avec

$$\frac{1}{f_1}=\frac{\beta A}{r_0\lambda_2}\sqrt{\frac{\text{ch}^2\beta_1+\lambda_1^2\,\text{sh}^2\beta_1}{2+B^2\beta^2}}\left[\cos\delta_0\sin\delta_1+\sqrt{\frac{2-A_1^2\alpha_2}{2-A^2\alpha^2}}\sin\delta_0\cos\delta_1\right], \tag{7}$$

$$\frac{1}{f_1}=-\frac{2\alpha\beta k_1 z_2 A}{r_0\lambda_2\sqrt{2-A^2\alpha^2}}\sqrt{\frac{\text{ch}^2\beta_1+\lambda_1^2\,\text{sh}^2\beta_1}{2+B^2\beta^2}}\sin\delta_0\sin\delta_1. \tag{8}$$

Comme dans le cas gaussien, la lentille peut être considérée ici comme un système de deux lentilles minces accolées, le terme $1/f_1$ correspondant à la distance focale de lentille à électrodes minces et le terme $1/f_2$ représentant la contribution de l'épaisseur.

Les conclusions suivantes se dégagent des calculs développés en [1] et ici :

A. *Régime Gaussien.* — *a.* Dans les régions où $1/f_1$ est positif, les distances focales seront augmentées par rapport à celles des lentilles minces. Par contre, dans les régions où $1/f_1$ est négatif, les pouvoirs convergents seront augmentés (en valeur absolue) par rapport à celles des lentilles minces.

*b.* L'influence du terme dû à l'épaisseur, en général d'autant plus forte que l'épaisseur elle-même est plus forte, est négligeable pour $x$ voisin de 1. En particulier, les lentilles fortement dévoltées par rapport aux conditions unipotentielles et les lentilles à grand rayon central auront sensiblement la même distance focale, quelle que soit leur épaisseur.

*c.* Par contre, pour les faibles valeurs de $x$, le terme $1/f_2$ devient prépondérant, notamment pour les épaisseurs importantes. On pourra obtenir ainsi des convergences très nettement supérieures (en valeur absolue) à celles que permet de prévoir la théorie de la lentille mince.

*d.* Pratiquement il sera d'autant plus difficile de réaliser des images gaussiennes d'ordre supérieur (c'est-à-dire à l'aide de rayons ayant oscillé plusieurs fois autour de l'axe) que l'épaisseur sera plus forte. Pour $R_1 < z_1$ il sera impossible d'obtenir des images d'ordre trois lorsque $z_1 \geqq z_2/2$.

B. *Régime transgaussien.* — *a.* Le terme $1/f_2$ qui représente la contribution de l'épaisseur peut être ici positif ou négatif. Dans la région normale de fonctionnement ($1/f$ positif) la convergence de la lentille pourra donc augmenter ou diminuer lorsqu'on s'éloigne de l'axe (valeurs croissantes de $r_0/z_2$) suivant la valeur de $x$.

*b.* Il existe une valeur remarquable de $x$ pour laquelle le pouvoir convergent est indépendant de l'incidence : la distance focale est constante lorsque $r_0/z_2$ varie. Il en résulte que ce point remarquable, qui correspond au maximum de $1/f$, peut être déterminé en se limitant strictement au régime gaussien.

Toutes ces conclusions sont en très bon accord avec l'étude expérimentale du pouvoir convergent ([3]), ([4]).

Pratiquement, le constructeur de lentilles électroniques aura avantage à mettre en jeu le paramètre « épaisseur » dans la réalisation judicieuse de son appareillage.

EFFET RAMAN. — *Influence des substitutions sur la conjugaison des doubles liaisons et l'intensité des spectres Raman.* Note ([*]) de M[lle] **Monique Harrand** et M. **Henri Martin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons cherché dans ce travail comment la position et la nature d'un radical influent sur la conjugaison des doubles liaisons.

L'un de nous a déjà montré de quelle manière la conjugaison des liaisons non saturées affecte l'intensité des raies Raman ([1]). Il s'agit ici de l'influence des radicaux substitués dans le cinnamate d'éthyle qui est un corps fortement conjugué et dont le spectre Raman est intense. Dans le cas de l'α-méthylcinnamate d'éthyle $C_6H_5-CH=C(CH_3)-CO-O-C_2H_5$, le spectre Raman, bien qu'aussi intense que celui du cinnamate d'éthyle par rapport à la raie Rayleigh, est en valeur absolue, près de deux fois plus faible. L'intensité est encore plus affaiblie si la substitution n'a plus lieu en α mais en β

$$C_6H_5-C(CH_3)=CH-CO-O-C_2H_5;$$

la double substitution αβ

$$C_6H_5-C(CH_3)=C(CH_3)-CO-O-C_2H_5$$

apporte encore par rapport au dérivé β un léger affaiblissement.

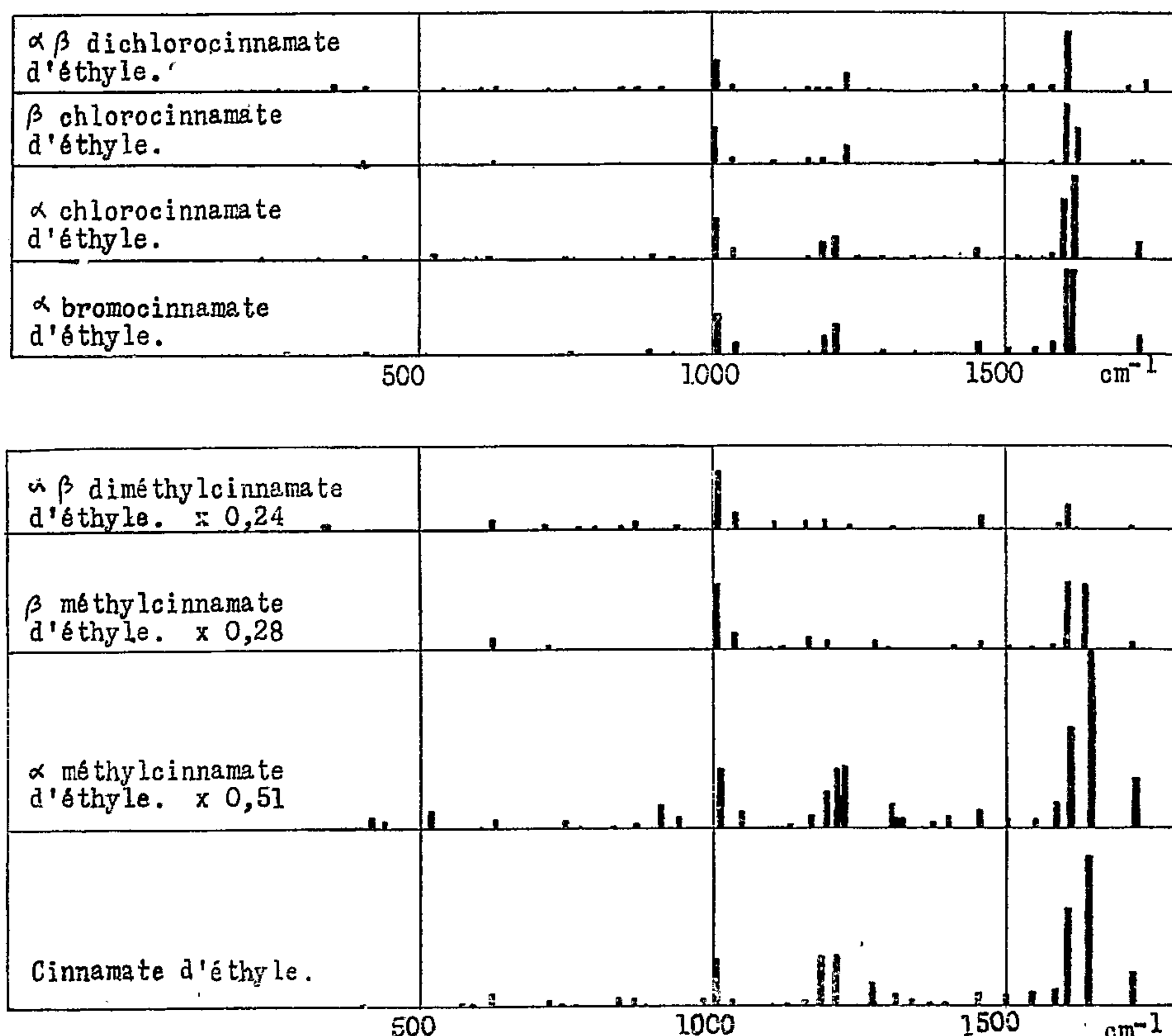
Les raies les plus fortement perturbées sont celles qui sont comprises entre 1600 et 1750 $cm^{-1}$ (celles du noyau benzénique : 1605; de C=C : 1640 et de C=O : 1716 $cm^{-1}$) dont l'intensité est quinze à soixante fois plus faible dans l'αβ-diméthylcinnamate d'éthyle que dans le cinnamate d'éthyle. Si l'on compare maintenant l'intensité des raies Rayleigh et que l'on prenne pour unité celle du cinnamate non substitué, on obtient respectivement 0,51, 0,28 0,24 pour l'α, le β-méthylcinnamate et l'αβ-diméthylcinnamate.

Nous avons poursuivi cette étude avec les halogènes : l'α-bromocinnamate d'éthyle fournit un bon spectre Raman mais le dérivé β n'a rien donné, d'une part parce que sans doute il diffuse moins que l'α-bromo comme le β-méthyl

([3]) F. Heise et O. Rang, *Optik*, juillet 1949, p. 201-216.
([4]) F. Heise, *Optik*, nov.-déc. 1949, p. 479-489.

([*]) Séance du 12 février 1951.
([1]) M[lle] M. Harrand, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 187 et 1217.

diffuse moins que l'α-méthyl et d'autre part parce que le produit obtenu était fortement coloré en jaune. Nous avons donc repris ce travail avec les chlorures qui sont à peine colorés et qui nous ont donné de beaux spectres. A cause de la coloration légère des produits nous n'avons pas fait de mesures photomé-




triques des intensités, mais les mesures visuelles et la comparaison des temps de pose montrent que le phénomène est identique avec les halogénures et avec les dérivés méthylés : le β-chlorocinnamate d'éthyle et l'αβ-dichlorocinnamate sont environ deux fois moins intenses que l'α-chloro, lui-même moins intense que le cinnamate d'éthyle.

La substitution d'un radical à un hydrogène perturbe aussi la valeur des fréquences : la fréquence de $C=C$ varie avec la position et la nature du radical, elle décroît quand le poids du radical augmente. Au contraire la fréquence de $C=O$ reste rigoureusement constante dans les dérivés méthylés (1716 $cm^{-1}$), alors que son intensité varie beaucoup. Les fréquences caractéristiques du noyau sont peu altérées par les substitutions.

Le tableau donne l'intensité des raies Raman rapportées à la raie Rayleigh. Les nombres placés en tête des spectres donnent les intensités respectives des raies Rayleigh. Pour les halogénures, les intensités sont très approximatives.

Il ressort de cette étude que les lois de la conjugaison ne sont pas suffisantes pour expliquer l'exaltation de l'intensité : en effet, bien que les molécules méthylées en α et en β soient presques planes, les intensités de leurs spectres sont bien différentes de celle du cinnamate d'éthyle; d'autre part le β-méthyl est un peu moins gauche que l'α-méthyl et son spectre est moins intense que celui de ce dernier.

L'exaltation des réfractions moléculaires varie dans le même sens que l'exaltation des spectres Raman : cinnamate d'éthyle 3,62; α-méthyl 3,16; β-méthyl 2,63; αβ-diméthyl 0,98. Donc l'introduction des groupes $CH_3$ affaiblit la conjugaison et diminue l'exaltation de la réfraction moléculaire.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *L'influence des électrodes dans la décharge entre cylindres coaxiaux dans l'air comprimé.* Note (*) de M. **William Bright**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des expériences sur la décharge dans l'air comprimé entre cylindres coaxiaux ont montré que, aux fortes pressions, le métal constituant l'anode aussi bien que celui de la cathode ont une influence considérable sur la tension disruptive.

Les études ([1]), ([2]), ([3]) sur la décharge dans les gaz comprimés à champ uniforme ont montré que, aux fortes pressions, la tension disruptive dépend des métaux constituant les électrodes. L'émission froide de la cathode était considérée comme responsable de ce fait.

Le présent travail a pour but la recherche de l'influence de la nature des électrodes sur la tension disruptive dans le cas d'un champ électrique non uniforme.

Les électrodes étaient constituées par deux cylindres coaxiaux bien polis, de diamètre $13^{mm},6$ et $5^{mm}$. Comme cylindre intérieur on a utilisé de l'acier inoxydable, du cuivre, du dural, du nickel et du chrome, et comme cylindre extérieur de l'acide inoxydable, du cuivre et du dural. On a également essayé le dural oxydé (épaisseur de la couche $\simeq 25^{\mu}$) et le cuivre oxydé ($Cu_2O$). La tolérance admise dans les dimensions des cylindres était $\pm 0^{mm},05$. La paire d'électrodes choisie était montée rigidement sur un support isolant et mise dans une enceinte sous pression. Comme générateur de haute tension, on a utilisé deux machines électrostatiques à transporteurs conducteurs donnant un débit de 100 μA sous 250 kV. La tension était mesurée à l'aide d'un spintermètre à sphères de $25^{cm}$ de diamètre.

---

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) Félici et Marchal, *Rev. Gén. d'Électr.*, **17**, 1948, p. 155.

([2]) Trump, Cloud, Mann et Hanson, *J. A. I. E. E.*, **69**, 1950, p. 961.

([3]) Young, *J. Appl. Phys.*, **21**, 1950, p. 222.

Après quelques centaines d'étincelles entre les électrodes, la tension disruptive, qui augmente pendant l'essai, atteint une limite stable. Ce processus s'appelle la « formation » des électrodes.

En général, la tension disruptive est toujours plus basse quand le cylindre intérieur est cathode. Pour des électrodes en acier inoxydable cet effet de polarité est de l'ordre de 45 % pour une pression de 60$^{atm}$. La tension pour laquelle ce phénomène se manifeste est fonction de la nature des électrodes. On a trouvé que, dans certains cas, la nature de l'anode aussi bien que celle de la cathode agit sur la tension disruptive à forte pression.

1. *Cylindre intérieur cathode.* — En ce cas, la plus grande tension disruptive est obtenue avec des cathodes présentant un travail d'extraction élevé. L'influence de l'anode est négligeable. Quelques valeurs caractéristiques sont données dans le tableau suivant, dans le cas d'un cylindre extérieur (anode) en acier inoxydable. On constate une influence marquée de l'oxydation du dural.

TABLEAU I.

*Champ maximum à la cathode* (kV/mm).

| Pression (atm). Cathode.... | Cr. | Acier inoxydable. | Ni. | Dural oxydé. | Cu. | Dural. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 115 | 103 | 104 | 101 | 97 | 92 |
| 50 | 101 | 92 | 92 | 93 | 86,5 | 82,5 |
| 40 | 88 | 82 | 82 | 83 | 75 | 72,5 |
| 20 | 56 | 56 | 56 | 57 | 52 | 47 |

2. *Cylindre intérieur anode.* — Alors, l'influence de l'anode est plus importante que celle de la cathode. Pour une anode donnée, la tension disruptive est plus grande pour les cathodes ayant un travail d'extraction élevé. Dans le tableau suivant, nous montrons d'une façon évidente l'influence de la nature de l'anode. Ce tableau correspond à l'utilisation des pressions de 60 et 50$^{atm}$.

TABLEAU II.

*Champ maximum à l'anode* (kV/mm).

| Cathode. Anode. . | Cr. | Acier inoxydable. | Ni. | Dural oxydé. | Cu. | Dural. | Pression (atm). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acier inoxydable | 132 | 147 | 126 | 134 | 135 | 118 | 60 |
| | 128 | 143 | 120 | 126 | 128 | 110 | 50 |
| Dural | 128 | 137 | 118 | 121 | 123 | 105 | 60 |
| | 120 | 121 | 112 | 116 | 116 | 98 | 50 |

L'influence de la cathode est due vraisemblablement à l'émission froide d'électrons, mais il est difficile de trouver une explication satisfaisante de l'influence de l'anode. Il semble qu'on ne puisse pas l'interpréter simplement à

partir du travail d'extraction de l'anode. L'effet de l'anode s'est montré important même dans le cas d'une cathode à faible travail d'extraction. Ces résultats ne peuvent donc pas s'expliquer simplement par la diminution du travail d'extraction de la cathode due aux parcelles arrachées à l'anode et déposées sur la cathode.

Deux conditions paraissent nécessaires pour mettre en évidence l'influence de l'anode :

1° Le champ à l'anode doit être plus grand que celui à la cathode.

2° Le champ à l'anode doit être de l'ordre de $10^6$ V/cm au moins. On peut proposer la possibilité d'une émission de l'anode, soit d'ions positifs ou de photons dus au bombardement de l'anode par des électrons, soit une émission froide d'ions. La première de ces hypothèses est peu probable car l'énergie des électrons arrivant à l'anode est relativement faible. Quant aux deux autres mécanismes, ils ont été peu étudiés jusqu'à maintenant.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Le rôle des électrodes dans le mécanisme d'amorçage de la décharge électrique dans les gaz.* Note (*) de MM. **F. Llewellyn Jones, E.-T. de la Perrelle** et **C. G. Morgan**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'émission d'électrons de cathodes froides de nickel et de tungstène dans l'air à la pression atmosphérique, sous l'action d'un champ moyen de l'ordre de $10^5$ V/cm, a été mesurée pour différents états de surface. On trouve que l'émission est augmentée par oxydation; elle semble, dans quelques cas, suivre la loi d'émission de champ. On a aussi étudié le rôle des ions positifs résiduels sur l'amorçage des décharges successives.

1. La technique employée permet de mettre en évidence la sortie d'un seul électron. Les électrodes étaient constituées par deux disques de $1^{cm},25$ de diamètre, distant de $0^{mm},3$; on leur appliquait une succession d'impulsions brèves ($\approx$ millisecondes) de tension d'environ 3 kV, à la fréquence de 1 à 30 par seconde et de forme carrée. On a employé des surtensions de 25 à 100 %. On a étudié une grande variété de surfaces; depuis des surfaces portant des poussières jusqu'à des surfaces soigneusement polies. L'expérience a montré que l'état de la surface des électrodes exerce une influence considérable sur l'émission.

2. Même quand les deux électrodes sont polies comme un miroir, il est probable qu'elles sont recouvertes néanmoins d'un mince film d'oxyde. Avant qu'aucune étincelle ne soit passée, l'émission était de l'ordre de $10^4$ électrons par seconde avec une surtension d'environ 70 %. L'émission décroît à mesure des décharges et, après quelques centaines de décharges, il devient impossible

(*) Séance du 12 février 1951.

de les amorcer régulièrement. L'émission était nulle, même avec des surtensions de 100 % ([1]). Il n'y avait alors pas d'ions initiaux. Cette observation correspond au phénomène de *formation* des électrodes.

En continuant à faire passer des étincelles, on passe à un nouvel état de plus grande activité émissive, où l'on peut obtenir des émissions de $10^4$ électrons/sec avec des surtensions de 50 %. On constate qu'une poussière fine de métal et d'oxyde se dépose sur les électrodes; cette poussière s'enlève facilement, laissant apparaître une couche adhérente formée sans aucun doute d'oxyde. Le dépôt d'un film sur la cathode a un rôle plus important que sur l'anode.

3. On sait que l'émission froide à partir de surfaces propres et lisses ne peut se produire que pour des champs de $10^7$ V/cm. Cependant, avec certaines conditions de surface, on peut obtenir des courants relativement intenses, avec des champs de seulement $10^5$ V/cm. Nous avons trouvé qu'avec des surfaces de nickel oxydé, l'émission suit une loi de champ $r = A \exp(-D/F)$, où D est une constante dont la valeur dépend du travail de sortie $\Phi$ des électrons, relatif aux éléments émissifs de la surface, et F le champ électrique appliqué. L'expérience a donné $\Phi = 0,3$ eV. Ce résultat suggère que les électrons proviennent de l'oxyde plutôt que du métal sous-jacent. Avec des électrodes lisses, légèrement oxydées, et avec des surtensions supérieures à 100 %, on a observé un type différent d'émissions électroniques : émissions soudaines, spasmodiques et très intenses. On peut les attribuer à de brusques modifications d'ordre microscopique, dans l'état de la surface de la cathode. En général, ces irrégularités sont atténuées par l'action des décharges au cours du processus de formation. Il n'est cependant pas exclu que ces petites aspérités soient à l'origine des fortes protubérances de métal ou d'oxyde qui sont parfois produites par le passage de décharges de grande intensité (env. 100 A); nous avons pu prendre une photographie d'une telle protubérance ([2]).

Il est possible que de telles modifications microscopiques dans l'état de la surface de la cathode interviennent dans le mécanisme du passage de la décharge luminescente à la décharge d'arc; cet effet peut aussi être à l'origine des « arcs en retour » dans les redresseurs à vapeur de mercure.

4. Après le passage de la décharge, des ions subsistent, dont le nombre décroît en raison de leur recombinaison en volume et de leur diffusion. Si alors il existe une mince couche de matière isolante sur les électrodes, cette couche se charge superficiellement, ce qui entraîne la formation d'un champ électrique intense dans l'épaisseur du dépôt.

Pour vérifier si les ions subsistants sont susceptibles de provoquer l'amorçage d'une décharge, nous les avons drainés par un champ électrique, soit vers l'anode, soit vers la cathode, avant d'appliquer une nouvelle impulsion de

---

([1]) A. Boulloud, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 514.

([2]) F. Llewellyn Jones, *British Science News*, 1949, p. 263.

tension. L'expérience a montré que la probabilité d'amorçage est plus grande lorsque les ions sont draînés vers la cathode que lorsqu'ils sont draînés vers l'anode ou lorsqu'on ne fait aucun entraînement des ions : on en a conclu que l'émission augmente lorsqu'on augmente la charge superficielle, et inversement.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur les explosions nucléaires et l'absorption des gerbes étroites dans le plomb.* Note de MM. **Joseph Hamelin** et **Maurice Schérer**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Les gerbes étroites sous un absorbant sont mêlées à des étoiles ou explosions nucléaires, ces dernières pouvant être en proportion élevée même au niveau de la mer. Maze [1] a attiré le premier l'attention sur les difficultés d'interprétation de ce type d'expérience provenant de cette existence simultanée des gerbes et des effets nucléaires qu'il a bien mise en évidence. Nous avons repris, au niveau de la mer, certaines de ces expériences en nous mettant à l'abri des gerbes locales perturbatrices (Effet du toit en particulier). Nous donnons ici l'étude de l'absorption dans le plomb des gerbes étroites de l'air et de la production des étoiles dans le même absorbant. Le montage utilisé est représenté figure 1.

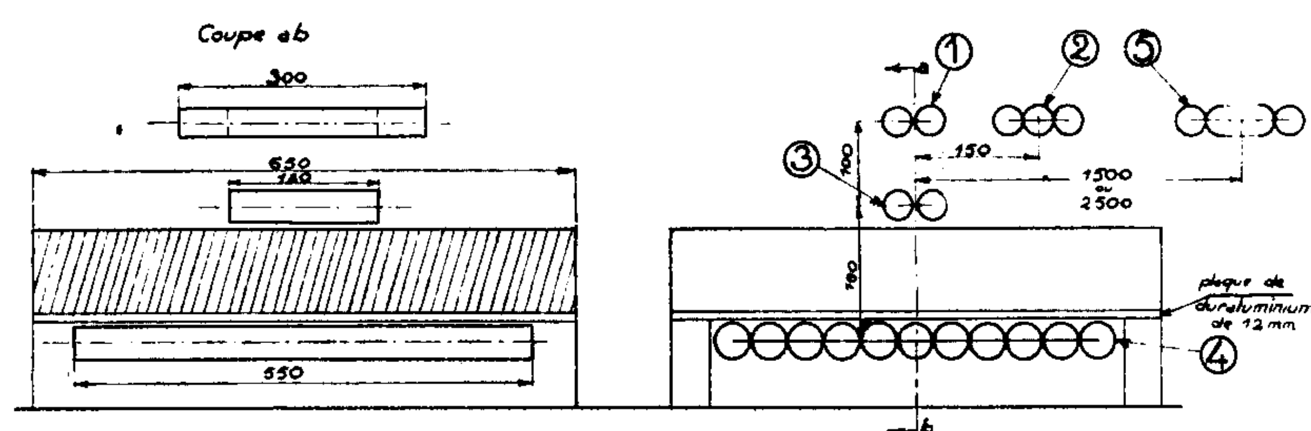



Fig. 1.

Les coïncidences suivantes $C(1, 2, 3)_x$, $C(1, 2, 3, 4)_x$, $C(1, 2, 3, 4, 5)_x$ sont mesurées simultanément et pour les diverses valeurs de l'écran de 0 à $10^{cm}$; la distance entre celui-ci et la paroi inférieure du télescope vertical est maintenue égale à $1^{cm}$.

Les pertes de comptage par inefficacité des compteurs et les erreurs dues aux fortuites sont négligeables; celles provenant de l'angle solide mort, correspondant aux parois des compteurs placés jointivement, a été examinée. Elle a été trouvée faible pour les gerbes étroites comme pour les gerbes étendues.

Une étude présentée d'autre part, des variations barométriques des gerbes étroites de l'air, a permis de faire les corrections nécessaires. On a envisagé les différences suivantes :

---

(1) *J. Phys. Rad.*, 6, 1950, p. 294.

$[C(1, 2, 3) - C(1, 2, 3, 4, 5)]_0$. — Sans plomb, elles mesurent la fréquence des gerbes étroites de l'air, l'expérience ayant en effet montré que toute gerbe étendue atteignant les plateaux (1) et (2) excite toujours le plateau (4).

$[C(1, 2, 3) - C(1, 2, 3, 4, 5)]_x$. — Avec plomb, mesurent la somme des gerbes étroites incidentes et des explosions nucléaires créées dans $x$ qui ont émis au moins deux particules ionisantes vers le haut ayant excité 1, 2, 3.

$[C(1, 2, 3, 4) - C(1, 2, 3, 4, 5)]_0$. — Sans plomb, représentent le taux des gerbes étroites qui ne sont pas absorbées dans les parois inférieures de 1, 2, 3 et supérieures de 4.

$[C(1, 2, 3, 4) - C(1, 2, 3, 4, 5)]_x$. — Avec plomb, somme des gerbes étroites non absorbées dans l'épaisseur $x$ et des explosions nucléaires créées dans $x$ qui ont émis au moins trois particules ayant excité 1, 2, 3, 4.

La séparation de ces divers effets nucléaires et de la partie non absorbée des gerbes étroites a pu être faite en faisant l'hypothèse que toutes les explosions nucléaires détectées vers le haut par 1, 2, 3, produisent aussi au moins une particule excitant le plateau de grande surface (4) placé aussi près que possible sous l'écran de plomb.

La considération des angles solides sous-tendus par les plateaux conduit en effet à une probabilité de détection d'une explosion nucléaire par (4) beaucoup plus grande que par les groupes 1, 2, 3 en coïncidence.

$[C(1, 2, 3) - C(1, 2, 3, 4, 5)]_x - [C(1, 2, 3) - C(1, 2, 3, 4, 5)]_0$ fournira en conséquence le taux d'explosions produites dans l'épaisseur $x$ et donnant lieu à au moins deux particules vers le haut.

Enfin $C(1, 2, 3, 4, 5)_x$ donne les taux des gerbes d'Auger détectées sous une épaisseur $x$ (le plateau 5 étant non protégé).

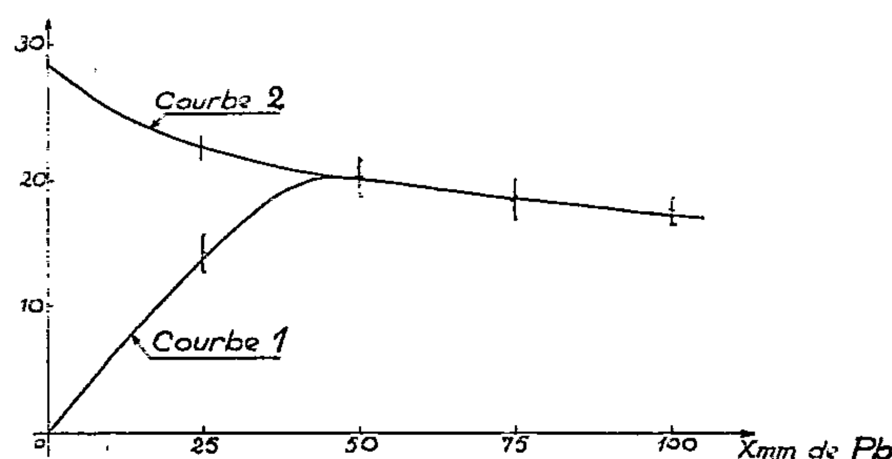



Fig. 2.

La courbe I, ci-contre, représente ainsi les taux, en 100 minutes, des étoiles donnant deux branches au moins vers le haut en fonction de $x$. La courbe II représente pour 100 minutes la somme des étoiles et des gerbes étroites ayant traversé $x$, elle peut être considérée comme figurant l'absorption de ces gerbes étroites, compte tenu de la production des étoiles. Aux erreurs statistiques près, ces deux courbes se confondent à partir de $x = 50^{mm}$. On en déduit :

1° Les gerbes étroites sont quasi-totalement absorbées par $50^{mm}$.

2° La fréquence des explosions nucléaires envisagées décroît à partir de cette épaisseur. On n'a pas cherché à déterminer avec précision le libre parcours des particules des explosions détectées, car l'épaisseur maximum de plomb employé est encore insuffisante. Il serait toutefois assez élevé d'environ 300 g/cm² avec une erreur assez importante, eu égard à une extrapolation incertaine.

3° La courbe d'absorption des gerbes étroites obtenue par différence des ordonnées des courbes I et II, rapprochée de la faible densité en particule de ces gerbes, conduit à penser qu'elles peuvent être composées d'un petit nombre d'électrons et de positons peu énergiques.

4° Le taux des gerbes d'Auger donné par $C(1, 2, 3, 4, 5)_x$ est sensiblement constant jusqu'à $10^{cm}$ de plomb. Ce fait peut s'expliquer en admettant, soit le passage de photons nombreux d'environ 10 meV qui se matérialisent dans l'écran, soit que le dispositif employé sélectionne surtout les gerbes d'Auger axées sur lui et qui contiennent des particules de grande énergie (Ise et Fretter) (²).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Différence de comportement par diffusion des électrons et du rayonnement* β. Note (*) de MM. **Francis Suzor** et **Georges Charpak**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons déjà exposé dans deux Notes (¹) le dispositif expérimental (*fig.* 1) nous permettant de mesurer la proportion de rayonnement diffusé dans tout l'espace situé d'un côté d'une feuille plane d'aluminium en fonction de l'épaisseur $h$ de cette feuille (courbe A); la source sans matière est placée sur la feuille elle-même du côté où le rayonnement est mesuré. Pour un radioélément donné, nous pouvons en particulier tirer de la courbe A la proportion P de rayonnement diffusé en arrière dans l'angle solide $2\pi$ par une feuille plane de 1 mg/cm² d'aluminium. La figure 2 représente P en fonction de l'énergie pour deux éléments émettant des électrons de conversion et trois éléments radioactifs β; pour les radioéléments β l'énergie portée en abscisse est le tiers de l'énergie limite du spectre correspondant environ au maximum d'intensité de ce spectre. Nous obtenons dans les deux cas (électrons, rayonnement β), deux courbes nettement différentes. Il serait nécessaire pour faire coïncider ces deux courbes de porter en abscisse pour les radioéléments β environ le 1/12 de l'énergie maximum du spectre. Autrement dit il faudrait que la montée

(²) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 933.

(*) Séance du 12 février 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1471, et **232**, 1951, p. 322.

rapide de A à son début pour les radioéléments β soit due de façon prépondérante à la partie très peu énergique du spectre. Afin d'élucider ce point nous avons disposé contre la feuille plane d'aluminium d'épaisseur variable $h$ une autre feuille d'aluminium d'épaisseur constante 11,3 mg/mc², la source se

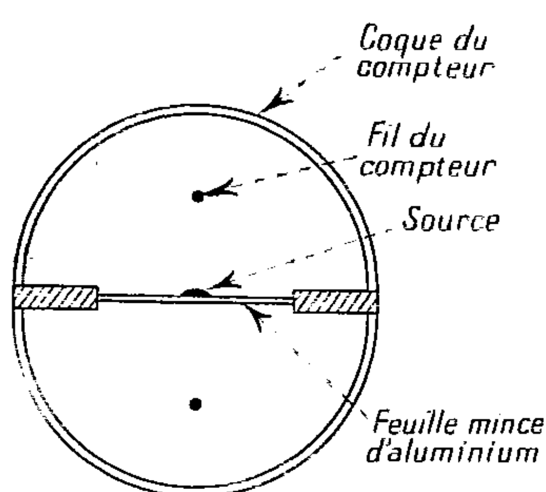



Fig. 1.

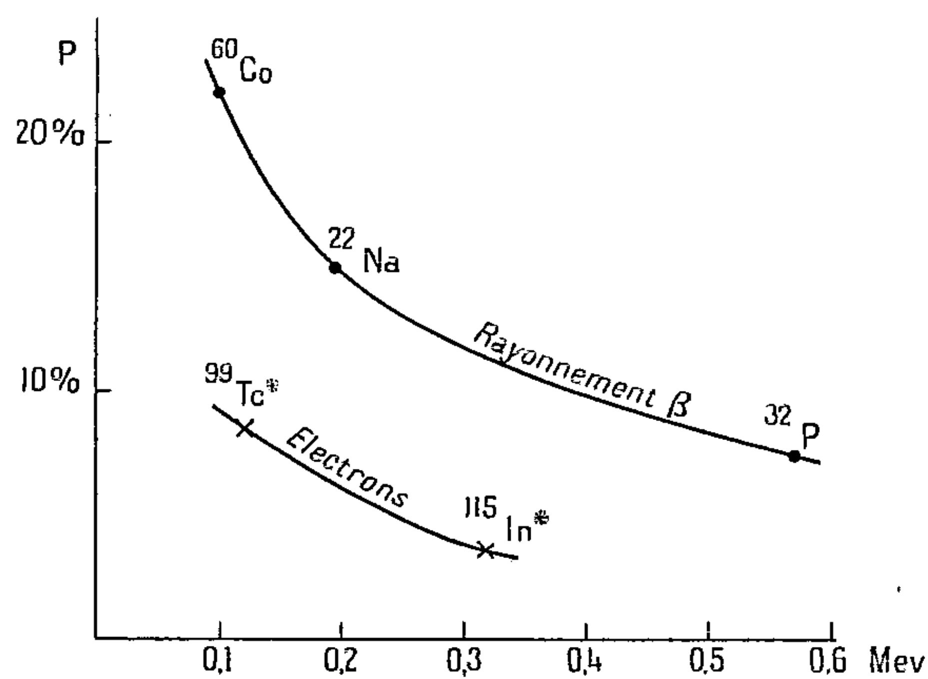



Fig. 2.

trouvant en sandwich entre ces deux feuilles; nous obtenons ainsi la courbe A′ représentant, pour le rayonnement ayant traversé la feuille de 11,3 mg/cm², la proportion de celui-ci diffusée par la feuille d'épaisseur variable $h$. Un écran de 11,3 mg/mc² arrête tous les électrons d'énergie inférieure à 80 keV; nous avons de plus constaté que la proportion de rayonnement diffusé en arrière par une épaisseur saturante à travers une feuille de 11,3 mg/cm² était de $0 \pm 1\%$ dans le cas des électrons de 120 keV du $^{99}$Tc*. La courbe A′ pour le $^{60}$Co est représentée sur la figure 3, elle donne pour 1 mg/cm² $P' = 10\%$.

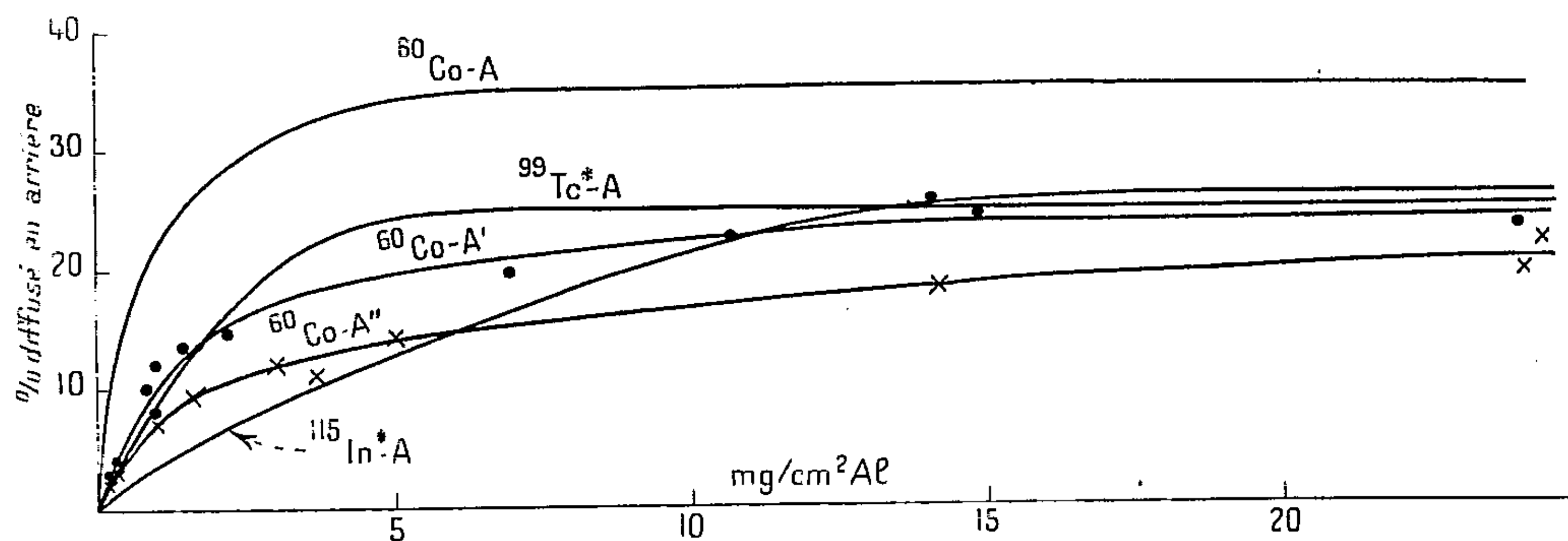



Fig. 3.

Ainsi la courbe « électrons » de la figure 2 est tout entière située nettement au-dessous de cette valeur 10 % obtenue avec la partie du spectre de $^{60}C_0$ située, d'après ce que nous venons de dire entre 120 et 308 keV, énergie limite

du spectre. Il en résulte qu'il n'est pas possible de faire appel aux électrons peu énergiques des spectres $\beta$ pour faire coïncider les deux courbes de la figure 2, et que celles-ci représentent un argument en faveur de la non-identité des électrons et du rayonnement $\beta$ que nous avons indiquée dans nos précédentes Notes ([1]). Ce raisonnement est vrai *a fortiori* si l'on remarque qu'il aurait fallu en réalité comparer la valeur $P' = 10\%$ pour le $^{60}Co$ non pas aux valeurs de $P'$ portées sur la figure 2 pour les deux raies électroniques mais aux valeurs $P'$ forcément inférieures ($P' = 0$) pour le rayonnement de 120 keV du $^{99}Tc^*$ que l'on aurait à travers 11,3 mg/cm² d'aluminium. Indiquons encore que la courbe $A''$ (*fig.* 3) à travers une feuille de 28,3 mg/cm² d'aluminium qui arrête les électrons jusqu'à 150 keV a donné pour le $^{60}Co$, $P'' = 7,5\%$ (proportion de diffusion en arrière donnée par 1 mg/cm² d'aluminium).

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité de l'air libre.* Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On opère au sol (plaine, altitude 300$^{m}$, montagne 1500$^{m}$) ou bien en vol à bord de l'avion-laboratoire équipé à cet effet. On a décelé le radon, le thorium et six fois le corps A, période apparente 20 à 30 heures, mais ce dernier en vol seulement.

116 mesures au sol (plaine et montagne) ont été effectuées au cours de l'année 1950. D'autre part, 46 vols expérimentaux ont été exécutés, dans la même période, à bord de l'avion-laboratoire du Service de l'Aviation légère (Sous-Secrétariat à l'Aviation civile) ([1]). Les mêmes méthodes de prospection ont été employées ([2]), ([3]).

Le tableau suivant fait état des vols d'essai, de mise au point et expérimentaux, ainsi que des résultats, lorsque ceux-ci ont pu être dépouillés avec certitude.

*Conclusions.* — Les mesures au sol, en plaine et en montagne confirment les résultats généralement connus : la teneur en radon de l'air libre varie dans de grandes proportions. Cependant le maximum, en plaine, apparaît vers la fin de la période chaude, alors qu'il a lieu, au pied de la montagne, au cœur de l'été ([4]). Le thorium a été décelé, mais le corps A, de période apparente 20 à 30 heures, n'a pu être mis en évidence.

---

(*) Séance du 18 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2279-2280.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1583-1584.

([3]) *La recherche du nuage radioactif*, Mémoire publié au *S. D. I. T. de l'Aéronautique*, Paris, n° **228**, 1949.

([4]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1272-1274.

| Date. | Durée. | Vol. | Teneur au plafond (*). Ra. | Teneur moyenne le long de la trajectoire au plafond (*). Ra. | Th. | A. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1950. | h m | | | | | |
| 10 janvier... | 2 40 | Convoyage | – | – | – | – |
| 28 » ... | 0 15 | Essais | – | – | – | – |
| 1er février... | 2 20 | Récept. 5000m | – | – | – | – |
| 15 » ... | 0 45 | Essais | – | – | – | – |
| 16 » ... | 2 50 | 5500m | – | – | – | – |
| 25 » ... | 0 50 | 2500m | – | – | – | – |
| 4 mars.... | 1 00 | Réception | – | – | – | – |
| 5 » .... | 1 30 | 2900m | $1.10^{-16}$ | = | 0 | 0 |
| 12 » .... | 3 15 | 1600m | 0,5 » | = | 0 | 0 |
| 19 » .... | 1 30 | P. S. V. | – | – | – | – |
| 19 » .... | 2 55 | 5050m | $0,2.10^{-16}$ | = | 0 | 0 |
| 28 » .... | 4 00 | 5670m | 0,1 » | = | 0 | 0 |
| 1er avril..... | 1 30 | P. S. V. | – | – | – | – |
| 8 » ..... | 3 10 | 4000m | $0,1.10^{-16}$ | = | = | = |
| 8 » ..... | 1 10 | Essais | – | – | – | – |
| 29 » ..... | 2 15 | Réception | – | – | – | – |
| 8 mai...... | 2 30 | Régulation | – | – | – | – |
| 10 » ...... | 1 20 | De compas | – | – | – | – |
| 13 » ...... | 3 30 | 4550m | $0,5.10^{-16}$ | $0,2.10^{-16}$ | 0 | { 0,003<br>{ $0,006.10^{-18}$ |
| 14 » ...... | 2 30 | 3000m | – | – | – | – |
| 14 » ...... | 0 20 | Essais | – | – | – | – |
| 28 » ...... | 0 30 | Incid. techn. | – | – | – | – |
| 11 juin..... | 6 30 | 2000m | – | $0,7.10^{-16}$ | $0,03.10^{-18}$ | $0,01.10^{-18}$ |
| 18 » ..... | 1 15 | Essai | – | – | – | – |
| 9 juillet ... | 1 40 | 4000m | – | – | – | – |
| 13 » ... | 3 40 | 4000m | – | – | – | – |
| 15 » ... | 1 45 | 3400m | – | – | – | – |
| 22 » ... | 3 45 | 4550m | $0,1.10^{-16}$ | $0,35.10^{-16}$ | Traces | 0 |
| 29 » ... | 3 00 | Essais | – | – | – | – |
| 2 août..... | 0 50 | Modifications | – | – | – | – |
| 9 » ..... | 1 50 | 2350m | – | – | – | – |
| 24 » ..... | 0 05 | Véritas | – | – | – | – |
| 27 » ..... | 5 50 | 1700m P. S. V. | – | $0,45.10^{-16}$ | Traces | Traces |
| 1er sept..... | 0 30 | Essais | – | – | – | – |
| 1er » ..... | 0 50 | P. S. V. | – | – | – | – |
| 2 » ..... | 1 00 | 2500m | $0,2.10^{-16}$ | – | – | – |
| 5 » ..... | 1 00 | Essais | – | – | – | – |
| 9 » ..... | 2 40 | 4300m | $0,2.10^{-16}$ | – | – | – |
| 16 » ..... | 4 30 | 4300m | – | $0,13.10^{-16}$ | Traces | 0 |
| 3 oct...... | 3 00 | 1900m | – | – | – | – |
| 8 » ..... | 4 00 | 2800m | $0,1.10^{-16}$ | $0,5.10^{-16}$ | $0,01.10^{-18}$ | 0 |
| 15 » ..... | 4 40 | 4500m | – | $0,4.10^{-16}$ | 0 | { 0,001<br>{ $0,002.10^{-18}$ |
| 20 » ..... | 0 10 | Essais | – | – | – | – |
| 29 » ..... | 3 40 | 4300m | – | $0,08.10^{-6}$ | 0 | Traces |
| 9 nov..... | 0 30 | Essais | – | – | – | – |
| 9 » ..... | 0 30 | 4000m | – | – | – | Traces |

(*) En curie de radon par centimètre cube, ou son équivalent.

En vol, on a toujours décelé le radon, quelques fois le thorium et le corps A. Celui-ci, bien que détecté à des altitudes moyennes (2000 à 5000$^{m}$) très inférieures aux altitudes d'opération de 1948 ([2]), possède une intensité du même ordre de grandeur qu'à cette date.

Par ailleurs, il semble qu'il y ait un certain parallélisme entre les trois composants décelés, pour une altitude donnée : ce fait est dû au lavage de l'atmosphère par les précipitations qui interviennent dans les basses altitudes et n'est pas contraire à l'hypothèse que le corps A tire son origine soit d'un nuage radioactif flottant dans la stratosphère, soit, comme je l'ai déjà formulé ([3]), de l'action des rayons cosmiques sur les constituants de la haute atmosphère.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'utilisation des émulsions photographiques dites « pour recherches nucléaires » pour l'examen microradiographique des roches et l'étude des inclusions radioactives*. Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des études antérieures sur la radioactivité des roches communes par l'émulsion photographique ont montré que cette radioactivité est due, en majeure partie, à des inclusions dont les dimensions et les compositions sont variables ([1]).

Si l'on examine les trajectoires laissées sur une émulsion par une plaque mince d'un granite par exemple, on peut, en observant successivement la plaque mince et l'émulsion, repérer en général l'origine des rayons $\alpha$. L'opération ne présente aucune difficulté lorsque les cristaux radioactifs sont assez gros (ordre du millimètre carré) ou très actifs. Mais il existe un grand nombre de petites inclusions qui, en raison de leurs dimensions réduites et de leur faible activité n'émettent qu'un nombre restreint de particules $\alpha$ dont le centre d'émission est difficile à trouver.

Il nous a semblé intéressant de prendre une radiographie de la roche, les cristaux radioactifs renfermant des éléments lourds (uranium, thorium et dérivés) et devant arrêter partiellement les rayons X.

Ces cristaux ayant des dimensions très petites, il nous a paru nécessaire d'utiliser une plaque à grains très fins et sans voile chimique qui puisse être examinée au microscope à fort grossissement. Nous avons utilisé une émulsion dite « pour recherche nucléaire » (Ilford $E_1$, 50$^{\mu}$) semblable à celle que nous

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) A. Hée, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 356; *Ann. Géophys.*, IV, 3 fasc. I, 1949; E. E. Picciotto, *Bull. Soc. Belge Geologie*, 58, 1948, p. 884; R. Coppens, *Thèse* 1949.

employons pour l'enregistrement des particules α. L'appareil à rayons X utilisé est un appareil de radiodiagnostic dentaire (Petit X Quétin) et l'impression a eu lieu à 6$^{cm}$ du générateur pendant trois secondes.

Comme prévu, la plaque développée montre à l'emplacement des inclusions radioactives une tache claire. Quelques rares cristaux ayant donné une très faible émission de rayons α ne semblent pas avoir laissé de traces, et d'autre part on distingue des taches claires ne correspondant pas à des centres radioactifs repérés.

Il est bien évident que des éléments lourds autres que U et Th (le plomb d'origine non radiogénique par exemple) peuvent absorber les rayons X même s'ils sont en faible quantité, et que des éléments à nombre atomique inférieur peuvent avoir une légère influence s'ils sont en forte proportion dans le cristal. Il faut aussi tenir compte des défauts de la plaque bien que ceux-ci semblent se distinguer nettement des taches d'absorption.

La méthode ne peut donc être employée seule, mais combinée à l'étude photographique des rayons α, elle semble devoir donner des résultats intéressants.

Elle peut en effet être utilisée pour localiser les inclusions d'activité faible ou pour déterminer l'origine des « zones radioactives » ([2]).

Il semble également possible d'avoir, dans certains cas, par un dosage convenable de l'émission de rayons X (durée de pose, longueur d'onde, distance), une idée de la teneur en éléments lourds des cristaux étudiés, l'absorption dépendant de cette teneur.

D'autre part une certaine quantité d'uranium et de ses dérivés en équilibre émet environ 4 fois plus de rayons α que la même quantité de thorium et de ses dérivés. Il en résulte que si deux cristaux, l'un à thorium, l'autre à uranium émettent le même nombre de rayons α par centimètre carré et par seconde, le premier a une teneur en thorium 4 fois plus grande que la teneur en uranium du second. Comme le thorium et l'uranium ont pratiquement le même coefficient d'absorption pour les rayons X, l'étude de la microradiographie peut donner des résultats intéressants même si l'absorption est augmentée par quelques impuretés.

Enfin la radioactivité des inclusions n'étant pas uniforme, ceci se traduit par une absorption irrégulière des rayons X que l'examen de la radiographie permet de déceler.

---

([2]) R. Coppens, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 343.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'état de valence de l'atome de manganèse dans les composés dits « bioxydes de manganèse »*. Note de M. **Jean Brenet** et M^lle^ **Anne-Marie Briot**, présentée par M. Louis de Broglie.

La possibilité d'attribuer la formule $MnO_2$ à tous les composés oxygénés présumés répondre à cette composition est contestée à la lumière de résultats magnétochimiques et cristallographiques. Ceci entraîne comme conséquence la révision des interprétations des réactions catalysées par ces oxydes ou des réactions avec échange isotopique.

La chimie des oxydes du manganèse s'est révélée souvent très complexe et les travaux concernant l'ensemble des oxydes de manganèse sont extrêmement nombreux et souvent discordants entre eux.

Nous nous sommes attachés plus particulièrement au problème du bioxyde auquel on attribue la formule $MnO_2$. A plusieurs reprises nous sommes revenus sur les diverses structures cristallographiques observées tant par rayons X que par diffraction électronique [1], [2].

L'ensemble de nos résultats acquis à ce jour nous a conduits à penser que du point de vue chimique le seul oxyde auquel on puisse effectivement attribuer la formule $MnO_2$ est l'oxyde préparé par voie sèche en l'absence de toute possibilité d'hydratation et de fixation de groupements OH. Ces oxydes donnent aux rayons X le diagramme bien connu du type rutile type $C_4$ quadratique.

Pour tous les autres composés auxquels on attribue généralement la formule $MnO_2$, mais pour lesquels la formule $MnO_x$, avec $x$ voisin de 2 est le plus fréquemment utilisé, nous sommes en fait en présence d'une phase pouvant encore comprendre des groupements OH.

En particulier, c'est le cas de tous les corps dénommés d'une manière générale bioxyde hydraté ou bioxyde précipité et préparés par voie humide.

Dans ces composés, il semble bien que l'état de valence de l'ion Mn ne soit pas 4 comme dans le véritable $MnO_2$. La dispersion des mesures de susceptibilité magnétique semble bien confirmer cette manière de voir, en particulier en opérant sur des corps donnant cependant à l'analyse chimique la même composition chimique. En outre, les diagrammes X de ces composés ne sont plus du tout comparables à celui de $MnO_2$ quadratique et nous avons à plusieurs reprises insisté sur la complexité de ces diagrammes dont l'interprétation finale n'est certainement pas encore absolument acquise à ce jour.

Dans ces conditions, dans des expériences telles que celles relatives à la décomposition catalytique de l'eau oxygénée, l'interprétation théorique est

---

(1) J. Brenet, *Bull. Soc. Minér.*, 73, 1950, p. 409.

(2) J. Brenet, H. Forestier et J. Boissier, *Congrès de Microscopie électronique*, Paris, 1950 (sous presse).

certainement mal assurée, car les divers auteurs traitent toujours le problème en attribuant à l'oxyde de manganèse utilisé comme catalyseur d'oxydation la formule $MnO_2$. Or, dans toutes ces expériences cet oxyde à été préparé précisément par voie humide et, d'après les diagrammes X, cet oxyde n'est pas en fait un composé répondant à la formule rigoureuse $MnO_2$. Nous avons d'ailleurs montré précisément qu'un oxyde $MnO_2$ quadratique est un catalyseur médiocre ([3]).

Une objection de même ordre doit être faite dans les interprétations des phénomènes d'échanges isotopiques tels qu'ils ont été étudiés par Pullmann et Haissinsky ou Broda, et rappelés récemment par Haissinsky ([4]). Dans ces études également, le composé oxygéné de Mn a été préparé par voie humide et ne saurait répondre à la formule rigoureuse $MnO_2$.

Il se dégage donc bien de l'ensemble des résultats obtenus que le problème de la détermination de la formule de ce type d'oxyde de Mn reste encore posé. Par suite, il est probablement prématuré d'envisager des interprétations de réactions en attribuant à l'ion Mn une valence positive 4, comme si nous étions uniquement en présence d'un bioxyde purement ionique. Il nous paraît plus normal de penser que l'état de valence ionique de Mn est assez mal défini, vu que la liaison de Mn aux oxygènes n'a certainement pas un caractère totalement ionique. La part de la nature covalente de cette liaison est certainement importante et nous pouvons en avoir une idée d'après l'étude approfondie de l'électronégativité du manganèse au sens de Pauling.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Échange d'iode entre l'iodure d'allyle et l'iodure de sodium: preuve expérimentale de l'hyperconjugaison.* Note (*) de M. **Serge May**, Mme **Pascaline Daudel**, Mlle **Josette Schottey**, MM. **Michel Sarraf** et **Alain Vobauré**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a mesuré la chaleur d'activation de la réaction d'échange précitée. Cette énergie semble plus faible que dans le cas de l'iodure de propyle.

On peut considerer que cette différence est une conséquence de l'hyperconjugaison entre la liaison CI et la double liaison éthylénique dans la molécule d'iodure d'allyle.

*Mode opératoire.* — Les conditions expérimentales dans lesquelles on s'est placé s'inspirent des travaux de Seelig et Hull ([1]).

On mélange dans des conditions thermostatiques $5^{cm^3}$ d'une solution alcoo-

([3]) J. Amiel, J. Brenet et G. Rodier, *Colloque Polarisation de la matière*, 1949.

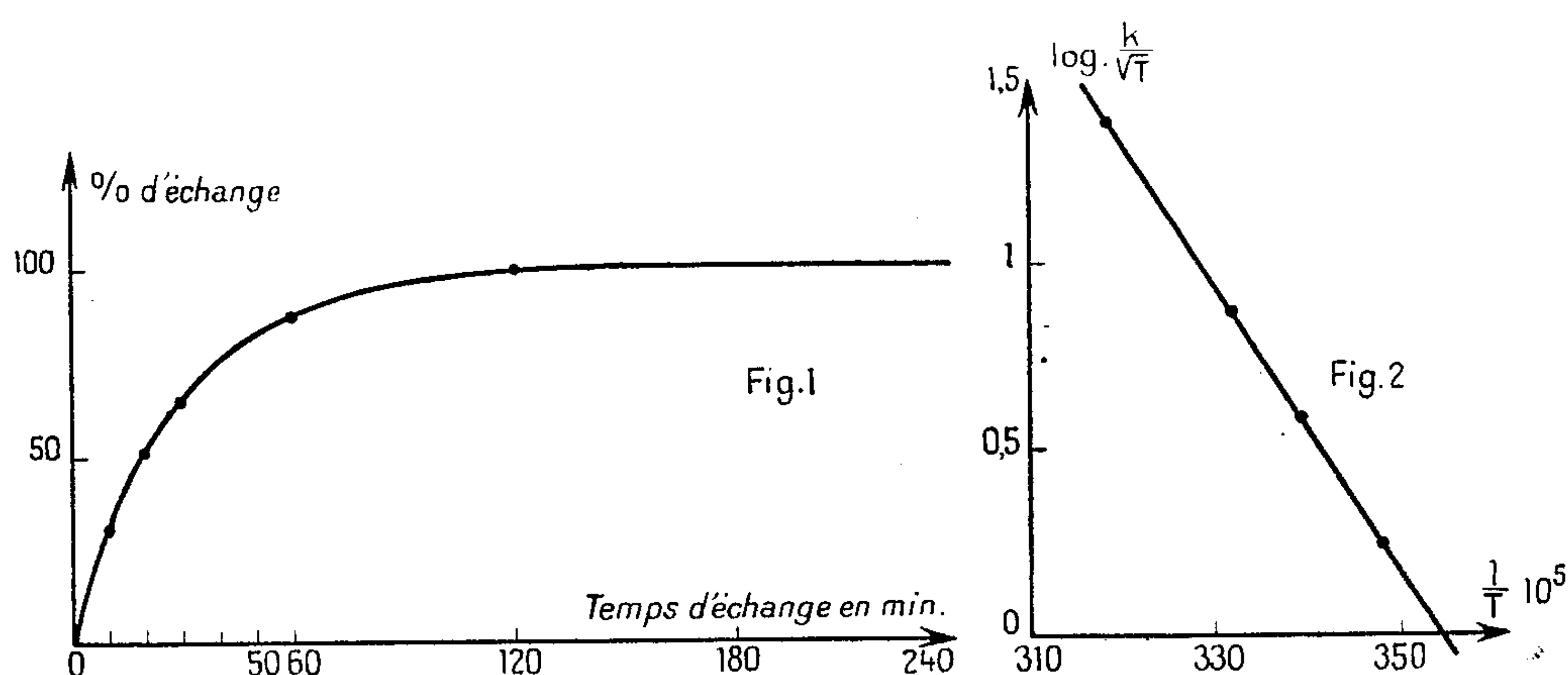
([4]) *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 957.

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) *J. A. C. S.*, 64, 1942, p. 940.

lique d'iodure d'allyle environ 0,02 moléculaire avec la même quantité d'une solution équivalente de radioiodure de sodium en provenance de la pile de Châtillon. Après un temps donné on refroidit brutalement le mélange aux environs de 0° et l'on sépare par entraînement gazeux sous vide le produit organique du produit minéral.

Ces deux substances sont transformées en iodure d'argent et leurs activités sont comparées à celle d'un étalon de même nature fabriqué directement à partir du radioiodure provenant de la pile.




La courbe suivante montre le résultat d'une expérience typique effectuée à 28°,5 (*fig.* 1). Le tableau ci-dessous donne pour chaque température les valeurs des constantes de vitesse obtenues.

| Température. | $k.10^4$. | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14° | 26,2 | 34,8 | – | – |
| 21,5 | 64,8 | 63,7 | – | – |
| 28,5 | 118 | 148 | 119 | 139 |
| 41 | 448 | 470 | 370 | 408 |

Ces constantes sont corrigées du petit échange qui a lieu à la température de séparation (0°). La courbe de la figure 2 établie d'après les valeurs moyennes de $k$ à chaque température permet le calcul de la chaleur d'activation. On obtient pour cette grandeur la valeur de $17,4 \pm 1$ Kcal/mol alors que dans le cas de l'iodure de propyle et dans les mêmes conditions Seelig et Hull ont obtenu pour la grandeur correspondante $20,77 \pm 0,15$. Signalons seulement que pour ce même corps Mac Kay (²) trouve seulement 19 Kcal/mol.

(²) *J. A. C. S.*, 65, 1943, p. 702.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation sulfo-chromique du carbone.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le dosage du carbone par voie humide a fait l'objet de nombreux travaux, notamment de la part de Simon (¹) et Florentin (²). Il est basé sur l'oxydation sulfochromique, qui a l'avantage de convertir tout le carbone en un mélange gazeux dont l'analyse peut ultérieurement conduire au résultat cherché.

Au cours des analyses que nous avons exécutées, il nous est apparu que ce procédé de dosage était susceptible d'améliorations. A cet effet, nous avons tout d'abord cherché à préciser, de façon aussi rigoureuse que possible, la composition des gaz produits. Pour cela, nous avons résolu d'opérer dans le vide et sur un échantillon de carbone aussi pur que possible. Nous nous sommes adressé à un graphite d'électrode préalablement chauffé à très haute température, et titrant 99,8 % de carbone. La prise d'essai, finement pulvérisée de façon à passer au tamis n° 200, a été exactement pesée et soumise à l'action d'une solution chromique ainsi constituée

| | |
|---|---|
| Acide chromique............ | $3^g$ |
| Eau ........................ | $5^{cm^3}$ |
| Acide sulfurique............ | $30^g$ |

L'acide sulfurique employé avait été débarrassé de toutes traces de matière carbonisable, par une distillation préalable en présence d'acide chromique. L'oxydation du graphite était faite dans un appareil relié à une trompe à mercure qui permettait d'opérer complètement dans le vide. L'attaque a été effectuée à 100°, température qui était atteinte en 30 minutes, et maintenue ensuite pendant un temps égal.

Dans une première série d'expériences, nous avons voulu vérifier si en dehors du sulfate d'argent choisi comme catalyseur par Simon, d'autres sels métalliques pouvaient être employés. Le tableau ci-après contient les résultats obtenus.

De l'ensemble de ces essais, il résulte que :

1° de tous les produits essayés, seul le sulfate de manganèse est susceptible de remplacer le sulfate d'argent plus coûteux;

2° la nature des gaz produits varie dans d'assez larges proportions, surtout en ce qui concerne la libération d'oxygène, qui peut parfois atteindre plus de 4 %. Cette présence de l'oxygène permet d'expliquer les résultats obtenus par Simon dans certaines de ses analyses, et dans lesquelles apparaissait une teneur en carbone trop élevée, de l'ordre de 1 à 2 %. Au contraire, elle n'altère

(¹) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1409, et **177**, 1923, p. 122.

(²) *Bull. Soc. Ch. Fr.*, 4ᵉ série, **31**, 1922, p. 1068, et **35**, 1924, p. 228.

en rien la valeur des résultats lorsqu'on utilise le mode opératoire de Florentin, dans lequel les gaz sont ramenés par combustion à l'état d'anhydride carbonique, représentant alors la totalité du carbone existant dans la prise d'essai;

3° Au cours de nos expériences, la présence d'oxygène et d'oxyde de carbone se manifeste de façon constante, et le carbone, déduit du volume anhydride carbonique et d'oxyde de carbone formé, a varié entre 70,6 (sans catalyseur) et 100,2 % (avec catalyseur). Il est à remarquer que certains sels, tels que ceux de nickel, de fer, d'uranium et de cérium n'influent pas sensiblement sur la marche de l'oxydation.

| Catalyseur. | Prise d'essai (g). | Volume total de gaz ($cm^3$) (0-760). | Analyse des gaz. | | | | Volume théorique. $CO_2$. | Carbone (%). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $CO_2$. | CO. | $O_2$. | Ind. | | |
| Ag | 0,0305 | 58,88 | 56,73 | 0,30 | 1,80 | 0,05 | 56,91 | 100,2 |
| | 0,0327 | 63,12 | 60,78 | 0,28 | 1,92 | 0,14 | 61,02 | 100,1 |
| Mn | 0,0353 | 69,45 | 64,59 | 1,00 | 3,70 | 0,16 | 65,86 | 99,6 |
| | 0,0386 | 75,76 | 70,96 | 1,10 | 3,45 | 0,25 | 72,02 | 100,1 |
| | 0,0346 | 68,18 | 63,46 | 1,03 | 3,52 | 0,17 | 64,56 | 99,9 |
| Pb | 0,0282 | 48,15 | 46,64 | 1,10 | 0,19 | 0,22 | 52,62 | 90,7 |
| V | 0,0315 | 53,34 | 52,46 | 0,27 | 0,54 | 0,07 | 58,78 | 89,6 |
| $Fe^{III}$ | 0,0340 | 48,92 | 47,56 | 0,75 | 0,56 | 0,10 | 66,44 | 72,4 |
| U | 0,0294 | 43,00 | 40,50 | 0,10 | 2,26 | 0,14 | 54,86 | 73,8 |
| Hg | 0,0388 | 64,85 | 61,19 | 0,06 | 3,46 | 0,14 | 72,40 | 84,6 |
| | 0,0373 | 61,92 | 58,44 | 0,09 | 3,29 | 0,10 | 69,60 | 84,1 |
| Ni | 0,0292 | 43,45 | 40,54 | 0,13 | 2,65 | 0,13 | 54,48 | 71,0 |
| Co | 0,0475 | 74,90 | 70,11 | 0,42 | 4,24 | 0,13 | 88,63 | 79,6 |
| Cu | 0,0381 | 55,63 | 54,00 | 0,43 | 1,10 | 0,10 | 61,09 | 89,2 |
| $Ce^{III}$ | 0,0301 | 44,56 | 41,98 | 0,26 | 2,18 | 0,14 | 56,16 | 75,4 |
| $Ce^{II}$ | 0,0388 | 57,49 | 54,94 | 0,45 | 1,97 | 0,13 | 72,40 | 76,5 |
| B | 0,0233 | 34,72 | 31,94 | 0,13 | 2,55 | 0,10 | 43,47 | 73,7 |
| Sans catalyseur | 0,0324 | 45,54 | 42,60 | 0,22 | 2,60 | 0,12 | 60,48 | 70,8 |
| | 0,0298 | 41,94 | 39,07 | 0,20 | 2,54 | 0,13 | 55,63 | 70,6 |

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la magnésie sur les solutions de chlorure de magnésium à* 100°. Note de M^me^ **Léone Walter-Lévy** et M^lle^ **Yolande Bianco**, présentée par M. Paul Pascal.

La formation des chlorures basiques de magnésium a surtout été étudiée à la température ordinaire, et parmi les nombreuses formules proposées celles de deux constituants des ciments magnésiens $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$ et $Cl_2Mg$, $5Mg(OH)_2$, $8H_2O$ ont été établies avec certitude (1).

Des essais systématiques en fonction de la concentration, à température plus élevée, ont permis de mettre en évidence d'autres chlorures basiques.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1077 et 1232.

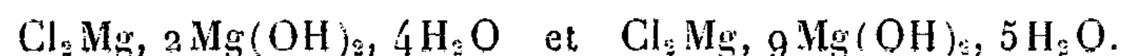
Il a été procédé, à température constante : soit, par digestion de magnésie MgO au sein de solutions de chlorure neutre [2]; soit, par précipitation lente de solutions basiques de chlorure. Celles-ci ont été préparées par dissolution rapide de magnésie dans des solutions de chlorure à leur température d'ébullition et filtration immédiate. Les deux procédés donnent les mêmes phases solides, mais le dernier conduit à des composés mieux cristallisés.

Les produits préparés à 100° ont été lavés à l'alcool, à l'éther, séchés à l'air à poids constant, soumis à des examens microscopiques et rœntgenographiques par la méthode des poudres, analysés chimiquement. Les liqueurs mères ont été analysées par les mêmes méthodes : détermination volumétrique de l'alcalinité, gravimétrique du chlorure et du magnésium à l'aide d'azotate d'argent et de phosphate d'ammonium.

Les résultats obtenus montrent la formation de deux chlorures basiques. Les rapports stœchiométriques de ces composés sont respectivement très voisins des valeurs théoriques

$$\frac{Cl^2}{Mg} = 0,333 \quad \text{et} \quad 0,100, \qquad \frac{H_2O}{Mg} = 2,00 \quad \text{et} \quad 1,40,$$

ce qui permet de leur attribuer les formules



$$Cl_2Mg,\ 2Mg(OH)_2,\ 4H_2O \quad \text{et} \quad Cl_2Mg,\ 9Mg(OH)_2,\ 5H_2O.$$

Ces composés se sont montrés stables pendant des durées qui ont varié de 1 jour à 1 mois.

Les concentrations étant exprimées en mol/gr pour 1000g de solution, les zones de formation des deux sels s'étendent de 5,0 à 3,7 pour le premier, de 3,6 à 3,25 pour le deuxième, au delà apparaît la magnésie $Mg(OH)_2$. Le domaine d'existence du composé $Cl_2Mg$, $9Mg(OH)_2$, $5H_2O$ est très étroit, cependant son individualité ne saurait être mise en doute; les préparations microscopiques formées de longues aiguilles, sont homogènes, alors que celles de brucite $Mg(OH)_2$ paraissent amorphes. Par ailleurs le diagramme de rayons X est nettement caractéristique.

La solubilité des deux sels est faible, comme l'accuse la détermination de l'alcalinité de la liqueur mère : $0^{mol},03$ de MgO pour 1000g.

L'eau, l'alcool hydraté à 75°, détruisent ces composés. A sec, le sel $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ n'est pas stable à la température ordinaire; au bout de quelques semaines, son diagramme de rayons X indique une transformation en $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$. Par contre le sel $Cl_2Mg$, $9Mg(OH)_2$, $5H_2O$ s'est conservé sans altération pendant un an.

Les deux chlorures basiques ont été physiquement caractérisés par leur

[2] Préparée par calcination du carbonate de magnésium $CO_3Mg$, $3H_2O$ à 700° à poids constant.

densité 1,804 et 2,011 et leurs constantes réticulaires (distances des plans réticulaires en angstrœms et intensités relatives des raies correspondantes à ces distances) :

$Cl_2Mg$, 2 $Mg(OH)_2$, 4 $H_2O$ : m 7,426; FF 5,506; F 3,857; f 3,367; f 3,253; f 2,919; f 2,740; m 2,575; F 2,408; ff 2,330; f 1,235; fff 2,047; m 1,925; f 1,873; f 1,840; ff 1,746; fff 1,677; f 1,599; f 1,571; ff 1,463; ff 1,441; ff 1,390; fff 1,370; fff 1,339; fff 1,291; fff 1,256; fff 1,207; fff 1,156.

$Cl_2Mg$, 9 $Mg(OH)_2$, 5 $H_2O$ : F 7,882; m 7,135; f 5,856; F 4,035; m 3,622; ff 3,053; fff 2,755; f 2,620; F 2,394; F 2,252, f 2,135; m 1,969; f 1,691; f 1,585; ff 1,560; m 1,517; f 1,454; ff 1,308; ff 1,285.

Nous pouvons donc admettre la formation par voie aqueuse à 100° de deux sels nouveaux $Cl_2Mg$, 2 $Mg(OH)_2$, 4 $H_2O$ et $Cl_2Mg$, 9 $Mg(OH)_2$ 5 $H_2O$ caractérisés à la fois par une composition chimique bien définie et un spectre X spécifique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action du chlorite et du bioxyde de chlore sur la laine*. Note (*) de MM. **Charles Schirlé** et **Jean Meybeck**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le mécanisme de l'oxydation de la tyrosine de la laine sous l'action du chlorite acide et du bioxyde de chlore a été éclairci en étudiant d'abord systématiquement le comportement de la tyrosine dans les mêmes conditions, puis en reprenant l'étude chromatographique des hydrolysats de laine oxydée.

Dans notre première Note [1] nous supposions que le brunissement de la laine traitée au chlorite acide ou au bioxyde de chlore devait être attribué à l'oxydation de la tyrosine. Pour éclaircir cette question nous avons commencé par étudier le mécanisme d'oxydation de la tyrosine pure par le chlorite acide et le bioxyde de chlore.

Une solution de tyrosine soumise à l'action de ces oxydants se colore rapidement en jaune puis en brun et quelquefois intermédiairement en rouge. Une étude chromatographique sur papier montre que l'on obtient dans les deux cas un produit d'oxydation ($x$) réagissant à la ninhydrine et ayant les « RF values » suivantes : dans le phénol 0,31 (contre 0,60 pour la tyrosine); dans la collidine 0,28 (contre 0,49 pour la tyrosine).

Comme cet amino-acide se produit aussi bien par oxydation de la tyrosine par le chlorite à pH 1,2, que par le bioxyde de chlore, il est probable que c'est le bioxyde de chlore dégagé des solutions de chlorite qui est responsable de cette oxydation.

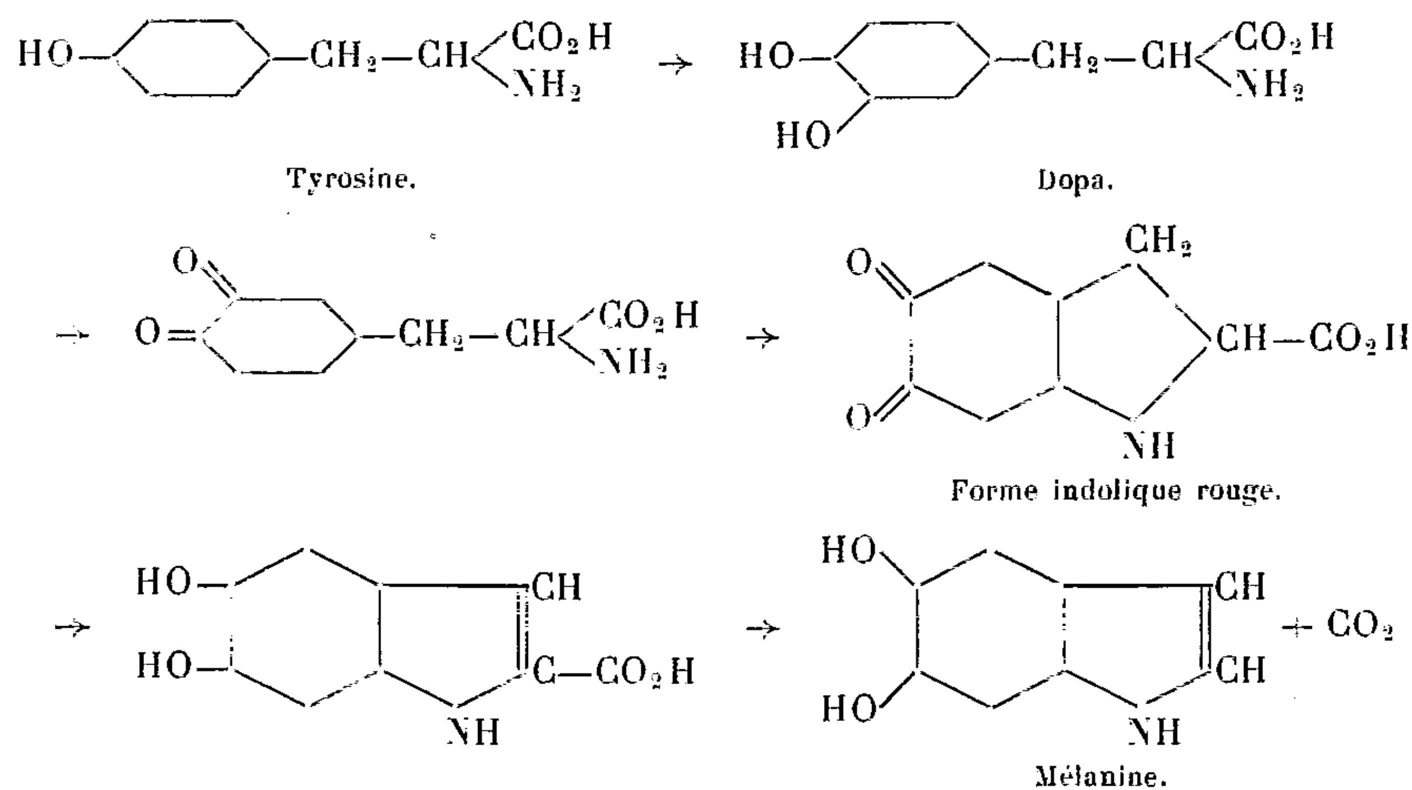
---

(*) Séance du 12 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 526.

(2) *Biochem. J.*, **17**, 1923, p. 454; **19**, 1925, p. 84; **20**, 1926, p. 735; **21**, 1927, p. 89.

Les phénomènes observés au cours de cette oxydation se rapprochent beaucoup de ceux qui ont été décrits par Raper [2] au sujet de l'action de la tyrosinase sur la tyrosine, où l'auteur avait pu mettre en évidence le mécanisme réactionnel suivant :




Pour élucider cette question nous avons comparé :

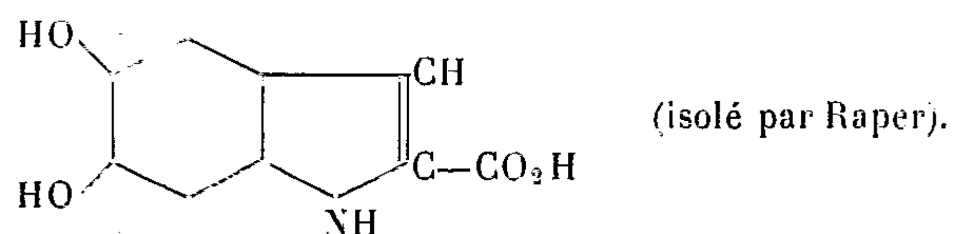
1° L'oxydation de la tyrosine et du dopa par le bioxyde de chlore.

2° L'oxydation de la tyrosine par le bioxyde de chlore et par la tyrosinase.

Le dopa, qui a une « RF value » de 0,36 dans le phénol, s'oxyde en donnant le même produit d'oxydation ($x$), de RF value 0,31, que la tyrosine. Ainsi le dopa semble bien être un terme intermédiaire de l'oxydation de la tyrosine par le bioxyde de chlore.

D'autre part, par action de la tyrosinase de Pomme de terre sur la tyrosine dans les conditions décrites par Raper, on obtient encore un produit ayant une « RF value » semblable à celle de ($x$) et donnant avec la ninhydrine une coloration analogue à celle de ce produit.

Ainsi, ce produit ($x$) est un dérivé d'oxydation du dopa que l'on obtient également par action de la tyrosinase sur la tyrosine; il s'agit vraisemblablement du dérivé :




(isolé par Raper).

En ce qui concerne l'oxydation de la tyrosine de la laine par le chlorite acide, nous avons montré que les chromatogrammes bidimensionnels phénol-collidine ne présentent pas la tache caractéristique du produit initial, pas plus que des taches nouvelles relatives à l'un des produits d'oxydation.

Cependant, si le produit ($x$) se formait dans ces conditions, on ne pourrait pas s'en rendre compte, car il serait confondu avec le groupe sérine-thréonine.

Pour écarter cette difficulté, on commence par faire une chromatographie sur colonne de charbon actif pour éliminer les amino-acides aliphatiques gênants qui passent dans l'éluat. Les produits aromatiques sont retenus sur le charbon actif. On les extrait par un autre solvant et on les identifie par chromatographie sur papier.

Ainsi, nous avons nettement mis en évidence la présence de notre produit ($x$) dans l'hydrolysat de certaines laines traitées au chlorite acide et au bioxyde de chlore. Cependant la réaction semble très complexe et il est vraisemblable qu'elle va plus loin, ou tout au moins se termine différemment de celle observée avec la tyrosine pure; il est possible qu'il se produise des repontages ultérieurement.

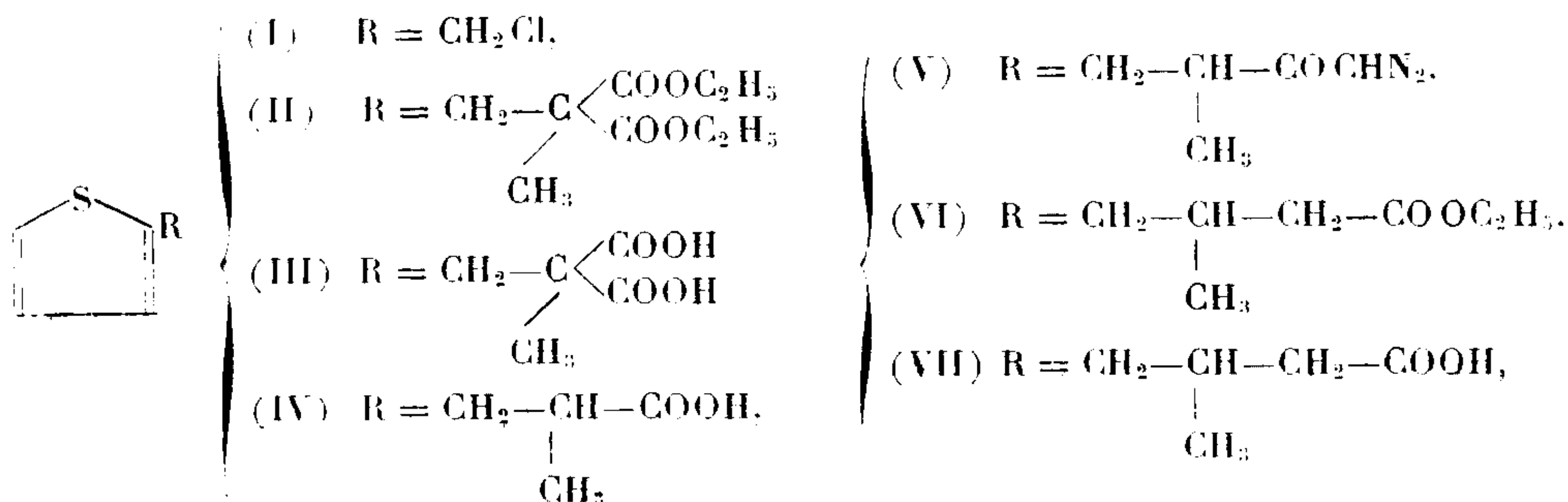
D'autre part la stabilité à l'hydrolyse du produit ($x$) n'est pas très bonne, surtout en milieu acide.

Si l'oxydation de la tyrosine est responsable du brunissement de la laine sous l'action du chlorite acide et du bioxyde de chlore, nous avons pensé qu'en bloquant les positions voisines du groupe hydroxy de la tyrosine par bromuration, on devait empêcher l'oxydation en dopa et par conséquent la formation de substances colorées. Effectivement, en bromant complètement la laine, on obtient une fibre assez dégradée, mais qui se colore beaucoup moins, par action du chlorite acide.

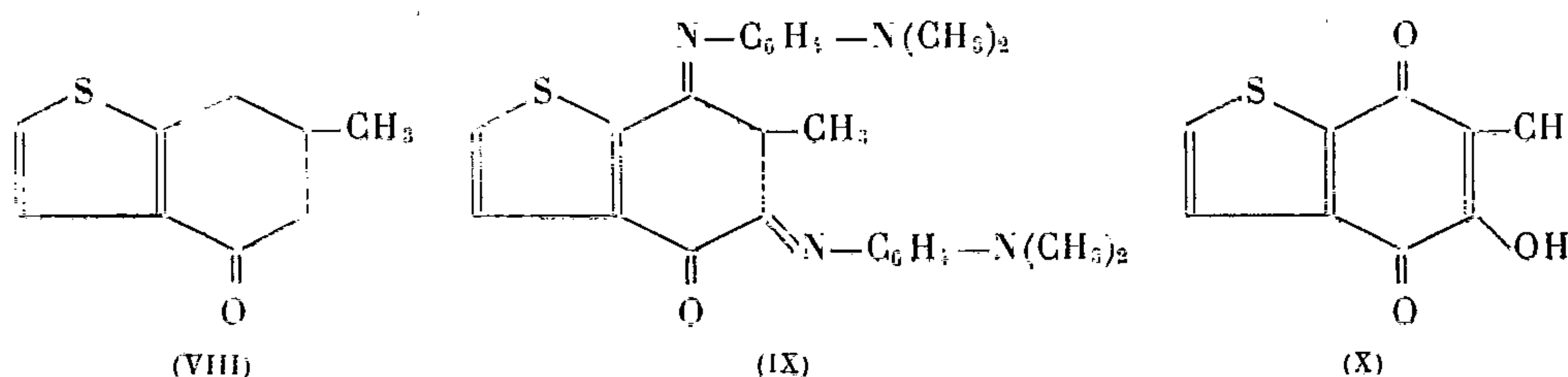
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'hydroxy-5 méthyl-6 thionaphtène-quinone-4.7, un des isologues soufrés du phtiocol.* Note de M. **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide γ-(thiényl-2) β-méthyl-butyrique a été synthétisé par la méthode au diazométhane de Arndt-Eistert, et son chlorure a été cyclisé en céto-4 méthyl-6 tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène. Cette cétone est convertie en la quinone attendue (X), par oxydation au moyen de $SeO_2$, ou par la méthode de Pfeiffer et Hesse à la $p$-nitrodiméthylaniline.

Par condensation du chlorométhyl-2 thiophène (I) avec le méthylmalonate d'éthyle sodé, on obtient, avec un bon rendement, le (thényl-2) méthylmalonate d'éthyle (II). Cet ester,



après saponification en diacide correspondant (III), et décarboxylation de ce dernier, nous conduit à l'acide β-(thiényl-2) α-méthylpropionique (IV). Par condensation du chlorure de cet acide avec le diazométhane, on obtient la diazocétone (V) aisément transformable en l'ester (VI), en employant la technique décrite par Blicke et Zienty ([1]). Le chlorure de l'acide correspondant (VII) est cyclisé, au moyen de $Cl_4Sn$, selon Fieser et Kennelly ([2]), en céto-4 méthyl-6 tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène (VIII). L'oxydation de cette cétone, en solution hydroalcoolique par $SeO_2$, selon les indications de Weygand et Schröder ([3]) nous conduit à l'hydroxy-5 méthyl-6 thionaphtène quinone-4.7 (X).




Dans les conditions indiquées par Buu Hoï et P. Cagniant ([4]) pour la méthyl-3 tétralone, la cétone (VIII) se combine avec deux molécules de *p*-nitroso-N-diméthylaniline pour donner l'azométhine (IX), dont l'hydrolyse fournit, avec un mauvais rendement, la quinone (X). Nous poursuivons ces recherches par la synthèse de la méthyl-5 hydroxy-6 thionaphtène quinone-4.7 isomère, à partir du bromométhyl-3 thiophène

*Description des corps nouveaux obtenus* ([5]). — 1° Ester (II) $C_{13}H_{18}O_4S$, $É_{17}$ 175°, huile incolore; acide (thényl-2)-méthyl malonique correspondant (III) $C_9H_{10}O_4S$, $F_{inst}$ 158°, cristaux incolores (benzène).

2° Acide (IV) $C_8H_{10}O_2S$, $É_{11,4}$ 162°,5, $n_D^{18,2}$ 1,5242, huile incolore; chlorure correspondant $C_8H_9OSCl$, $É_{6,5}$ 94°,5, liquide incolore; amide correspondant $C_8H_{11}ONS$, F 105°,5, paillettes brillantes incolores (benzène).

3° β-(thiényl-2) α-méthyl-propionyldiazométhane (V) $C_9H_{10}ON_2S$, huile jaune, d'odeur forte, $n_D^{15,8}$ 1,5644; γ-(thiényl-2) β-méthylbutyrate d'éthyle (VI) $C_{11}H_{16}O_2S$, $É_{13,5}$ 141°,5, $n_D^{15}$ 1,4997, liquide incolore.

4° Acide γ-(thiényl-2) β-méthylbutyrique (VII) $C_9H_{12}O_2S$, $É_{13,5}$ 177,5-178°, $n_D^{15,4}$ 1,5242, huile incolore; chlorure correspondant $C_9H_{11}OSCl$, $É_7$ 107-108°, liquide incolore; amide correspondant $C_9H_{13}ONS$, F 79°, paillettes brillantes incolores (benzène-éther de pétrole).

5° Cétone (VIII) $C_9H_{10}OS$, $É_{10,7}$ 141-141°,5, F 69°, touffes d'aiguilles incolores (éther de

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2945.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1611.
(3) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 74, 1941, p. 1844.
(4) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 87.
(5) Pour les détails opératoires : voir *Bull. Soc. Chim.* (à paraître). F non corrigés; $F_{inst}$ pris par projection sur bloc Maquenne.

pétrole); oxime $C_9H_{11}ONS$, F 149-149°,5, cristaux incolores (benzène); semicarbazone $C_{10}H_{13}ON_3S$, F 188-189°, cristaux incolores (alcool); dinitro-2.4 phénylhydrazone $C_{15}H_{14}O_4N_4S$, $F_{inst}$ 259°,5, paillettes rouge sang (benzène); azométhine (IX) $C_{25}H_{26}ON_4S$, $F_{inst}$ 249°, cristaux bruns (benzène).

6° Quinone (X) $C_9H_6O_3S$, F 155-155°,5, cristaux orangés (benzène-éther de pétrole), se dissolvant dans la soude aqueuse diluée en donnant une coloration violet-indigo. Coloration avec $Cl_3Fe$ : violet foncé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide αα-dibenzylsuccinique.* Note de M. **Henri Le Moal**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre d'une étude générale sur les diacides αα-diarylés F. Salmon-Legagneur a indiqué précédemment la préparation et les propriétés de deux termes de cette série : les acides αα-diphénylsuccinique et αα-diphénylglutarique ([1]). Plus récemment, F. Salmon-Legagneur et nous-même avons signalé la préparation et les propriétés d'un troisième terme : l'acide α-phényl-α-benzylsuccinique ([2]) La présente Note a pour objet l'étude d'un autre terme de cette série : l'acide αα-dibenzylsuccinique : $C_{18}H_{18}O_4$ (I).

$$\text{(I)}\qquad \begin{matrix} C_6H_5-CH_2 \\ C_6H_5-CH_2 \end{matrix}\!\!>\!C-CO_2H \atop \qquad\qquad CH_2-CO_2H$$

Nous avons d'abord essayé de préparer ce diacide par les deux méthodes suivantes :

1° Sodation, par l'amidure de sodium, au sein de différents solvants anhydres, du dibenzylacétonitrile $(C_6H_5-CH_2)_2-CH-CN$, suivie de condensation avec le brome-acétate d'éthyle, en vue d'obtenir le nitrile-ester éthylique αα-dibenzylsuccinique : $(C_6H_5-CH_2)_2-C(CN)-CH_2CO_2C_2H_5$.

2° Condensation, au sein de différents solvants anhydres, du malonate d'éthyle monosodé :

Soit sur le dibenzylbromoacétonitrile (II),

$$C_{16}H_{14}NBr,\qquad (C_6H_5-CH_2)_2-CBr-CN,$$

(F 118°, après cristallisation dans l'alcool à 80 %), en vue d'obtenir le composé $(C_6H_5-CH_2)_2-C(CN)-CH(CO_2C_2H_5)_2$.

Soit sur l'ester éthylique dibenzylbromoacétique, $C_{18}H_{19}O_2Br$ (huile), en vue d'obtenir le composé : $(C_6H_5-CH_2)_2-C(CO_2C_2H_5)-CH(CO_2C_2H_5)_2$.

Malgré des résultats partiels intéressants, aucune de ces méthodes n'a permis d'aboutir à l'acide αα-dibenzylsuccinique cherché.

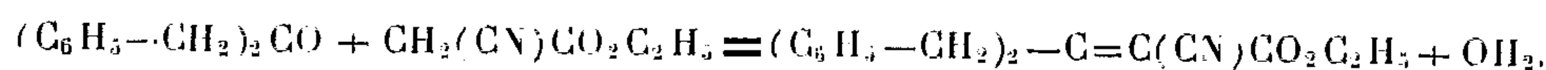
Nous avons alors adopté une méthode analogue à celle utilisée par

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1057, et **213**, 1941, p. 182.

([2]) F. Salmon-Legagneur et H. Le Moal, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 126-128.

E. J. Cragoc Jr, Charles M. Robb et James M. Sprague ([3]), pour la synthèse d'autres acides succiniques disubstitués.

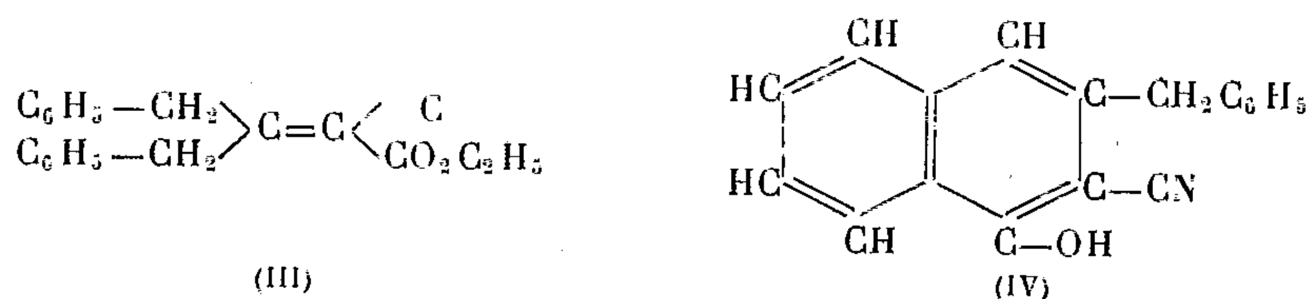
La dibenzylcétone ($0^{mol},1$), préparée à partir du phénylacétate de plomb ([4]), est condensée sur le cyanacétate d'éthyle ($0^{mol},2$), au sein du benzène anhydre ($50^{cm^3}$), en présence d'acide acétique glacial ($0^{mol},16$) et d'acétate d'ammonium ($0^{mol},12$). Ce dernier sel agissant comme catalyseur est ajouté progressivement dans le milieu réactionnel et le mélange est porté à une vive ébullition au bain de sable pendant 40 heures.



$$(C_6H_5-CH_2)_2CO + CH_2(CN)CO_2C_2H_5 = (C_6H_5-CH_2)_2-C=C(CN)CO_2C_2H_5 + OH_2.$$

L'eau formée est éliminée par un séparateur de Dean et Stark modifié. Dans ces conditions on obtient l'ester-nitrile éthylénique (III) $C_{20}H_{19}O_2N$, huile, $E_1$ 220°.

Si l'on distille cet ester, il se cyclise rapidement pour donner le naphtol-1-cyano-2-benzyl-3 (IV) : $C_{18}H_{13}ON$, F 206°, cristallise en paillettes dans l'alcool à 95° où il est cependant peu soluble.




Par contre la saponification de (III) en milieu hydroalcoolique conduit à l'amide éthylénique (V) : $C_{17}H_{17}ON$, $(C_6H_5-CH_2)_2-C=CH-CONH_2$, F 155°, belles paillettes brillantes dans l'alcool à 80 %.

Après avoir éliminé l'excès de cyanacétate d'éthyle du milieu réactionnel, on traite (III), sans l'isoler préalablement, par le cyanure de potassium, en milieu hydro-alcoolique, au bain de vapeur, pendant quinze minutes. Le mélange est alors refroidi et acidifié par l'acide chlorhydrique concentré. Après lavage à l'éther du précipité formé, ce dernier est recristallisé dans l'alcool à 80 %.

On obtient ainsi l'ester-amide-nitrile, $C_{21}H_{22}O_3N_2$, (VI), de formule probable $(C_6H_5-CH_2)_2-C(CN)-CH(CONH_2)CO_2C_2H_5$, formule dans laquelle la position respective des groupements —CN et $—CONH_2$ reste à préciser (F 134°, paillettes translucides dans l'alcool à 80 %).

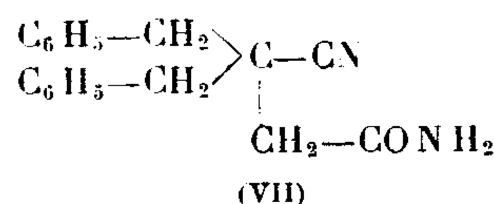
Le rendement en ester-amide-nitrile, calculé à partir de la dibenzylcétone, a été de 50 %.

La saponification alcaline de (VI) en milieu hydro-alcoolique conduit à la fois : à l'amide-nitrile de formule probable (VII), $C_{18}H_{18}ON_2$, F 239°, cristaux

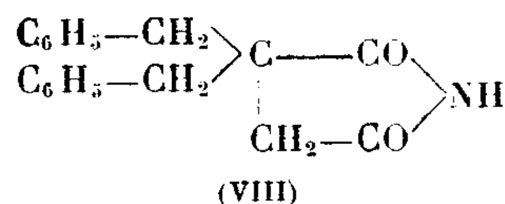
([3]) *J. Org. Chem.*, 15, 1950, p. 381-390.

([4]) James Kenver et Frank Morton, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 72, 1939, p. 452.

translucides dans l'alcool à 60 % et à l'imide (VIII), $C_{18}H_{17}O_2N$, F 142°, fines aiguilles dans l'alcool à 80 %.



(VII)



(VIII)

Finalement, par saponification prolongée de (VIII), au moyen de la potasse aqueuse à 20 %, pendant 24 à 30 heures, on obtient le diacide (I), F 182°, cristaux translucides dans l'alcool à 80 %.

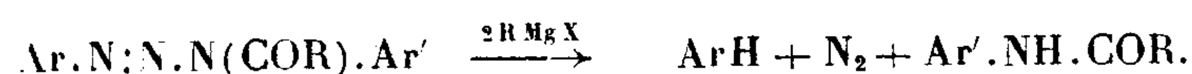
Notre nouveau diacide se laisse aisément et quantitativement transformer, par action de l'anhydride acétique à l'ébullition, en anhydride monomoléculaire $C_{18}H_{16}O_3$ (F 141-142°, après recristallisation dans $CCl_4$).

Nous continuons l'étude de l'acide α.α-dibenzylsuccinique par la préparation de ses autres dérivés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du réactif de Grignard sur les triazènes. II. Triazènes non substitués sur l'azote et leurs dérivés* N-*méthylés*. Note de M. **Joseph Klein**, présentée par M. Marcel Delépine.


A la température ordinaire, le groupement —N=N— des triazènes non substitués et de leurs dérivés N-méthylés n'est pas attaqué par $C_2H_5MgBr$. Un chauffage prolongé avec ce réactif les transforme partiellement en triazanes, dont seuls les produits de décomposition ont été isolés. Le H mobile des triazènes peut être dosé par la méthode de Zerevitinoff.


Il a été montré précédemment ([1]) que les dérivés N-acylés des triazènes entrent facilement en réaction avec les organomagnésiens mixtes en donnant naissance par coupure réductive à des anilides, aux carbures et à l'azote



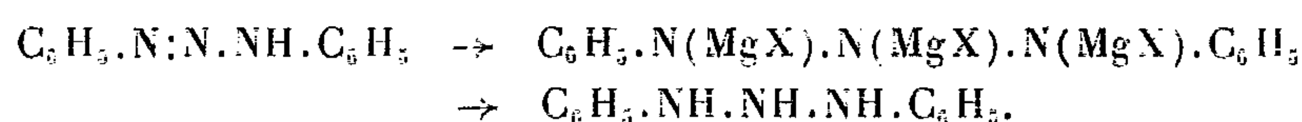
$$\mathrm{Ar.N{:}N.N(COR).Ar'} \xrightarrow{2\,\mathrm{RMgX}} \mathrm{ArH} + \mathrm{N_2} + \mathrm{Ar'.NH.COR}.$$

Les triazènes non substitués sur l'azote réagissent tout autrement. Alors que les dérivés N-acylés sont attaqués instantanément à froid et perdent une molécule d'azote, les triazènes non substitués ne réagissent que par l'hydrogène mobile du groupe fonctionnel et sont récupérés presque intégralement après l'hydrolyse du complexe magnésien. La différence dans le comportement de ces produits vis-à-vis des magnésiens n'est pas inattendu, si l'on prend en considération le fait que les dérivés N-acylés des triazènes sont réduits et subissent une scission déjà sous l'action de l'alcool, alors que les triazènes non acylés sont stables en milieu réducteur.

---

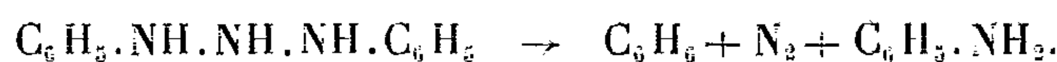
([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 528.

A la température ordinaire, l'action du réactif de Grignard sur les triazènes non substitués sur l'azote se limite pratiquement à la substitution à l'H mobile du reste MgX. Toutefois, après un chauffage prolongé avec $C_2H_5MgBr$ une petite partie du triazène est réduite. Les eaux de lavage acides du produit d'action du magnésien sur le diphényltriazène, additionnées d'un excès d'alcali, donnent du benzène et de l'aniline (10 à 15 % de rendement) et parfois de faibles quantités de β-éthylphénylhydrazine (2 à 3 % de rendement). La présence de ces produits peut être expliquée en admettant qu'une partie du triazène est réduite en triazane



$$C_6H_5.N:N.NH.C_6H_5 \rightarrow C_6H_5.N(MgX).N(MgX).N(MgX).C_6H_5$$
$$\rightarrow C_6H_5.NH.NH.NH.C_6H_5.$$

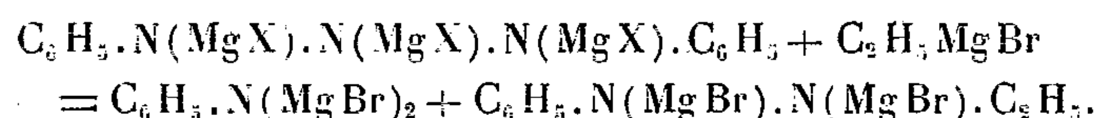
Sous forme de sel, ce dernier corps est relativement stable mais, libéré par les alcalis, il se décompose instantanément avec formation de benzène et d'aniline



$$C_6H_5.NH.NH.NH.C_6H_5 \rightarrow C_6H_6 + N_2 + C_6H_5.NH_2.$$

Un léger dégagement gazeux observé pendant l'alcalinisation semble confirmer cette hypothèse.

Une fraction du triazane peut en même temps être scindée par le magnésien en aniline et β-éthylphénylhydrazine



$$C_6H_5.N(MgX).N(MgX).N(MgX).C_6H_5 + C_2H_5MgBr$$
$$= C_6H_5.N(MgBr)_2 + C_6H_5.N(MgBr).N(MgBr).C_2H_5.$$

La formation du triazane au cours de l'action de $C_2H_5MgBr$ sur le diphényltriazène avait été admise par Gilman et Pickens [2]. Rappelons toutefois que nous n'avons pu confirmer ni l'argument mis en avant par ces auteurs (formation d'un dérivé tribenzoylé par action de $C_6H_5COCl$ sur le complexe magnésien) ni le rendement en triazane.

L'aptitude réactionnelle de la double liaison du groupe fonctionnel dans les dérivés N-méthylés des triazènes vis-à-vis des organomagnésiens mixtes est aussi faible que dans les triazènes non substitués. On observe ici encore la formation, en petites quantités, d'un carbure et d'une amine secondaire. Le mécanisme de l'action des magnésiens sur le groupe — N : N — des dérivés N-méthylés des triazènes est donc le même que dans le cas des triazènes non substitués.

La mobilité de l'hydrogène du groupe NH des triazènes et la stabilité de la fonction — N : N . N$<$ vis-à-vis du réactif de Grignard à la température ordinaire permettent leur dosage par la méthode de Zerevitinoff. Le dégagement gazeux se produit à froid et s'achève en quelques minutes. Dans le cas d'un

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2411.

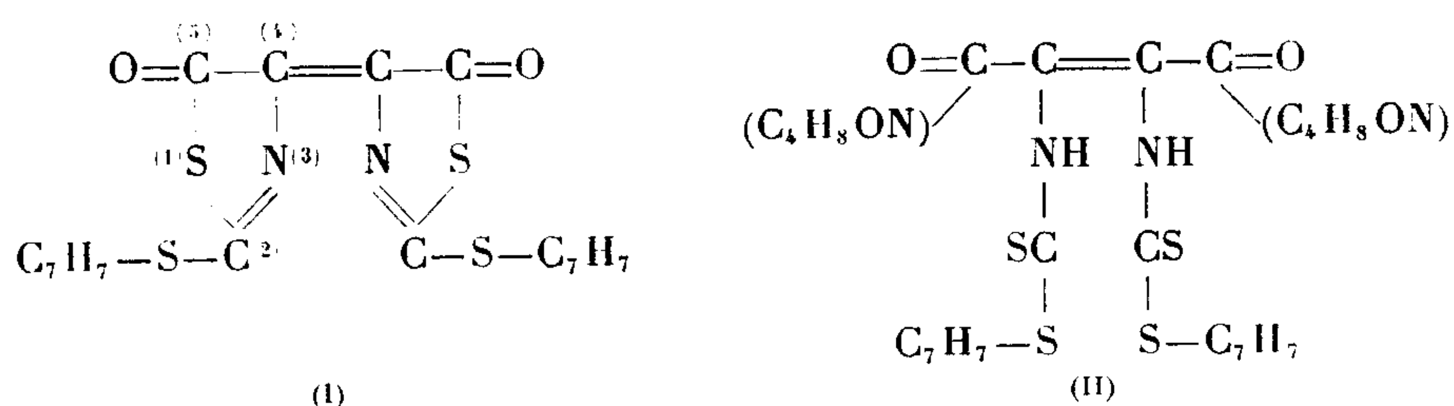
mélange de triazènes non substitués et N-alcoylés, on peut déterminer la teneur totale en triazènes par traitement avec des acides dilués, et ensuite la teneur en triazènes non substitués sur l'azote par dosage de l'hydrogène mobile. Par différence on obtient la teneur en triazènes N-alcoylés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ammoniac et d'amines sur le dibenzylthio-2.2' dithiazoline-4.4' indigo.* Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le carboxyméthyl-dithiocarbamate de benzyle

$$C_6H_5-CH_2-S-CS-NHCH_2-CO_2H$$

donne, par action du chlorure de thionyle, des aiguilles rouge foncé, auxquelles Ch. E. Dalgliesh (¹) attribue une constitution qui les range dans la classe des indigoïdes. J'adopterai une formule contenant deux atomes d'hydrogène de moins (I), car elle s'accorde mieux avec mes propres analyses. Un tel accord subsiste d'ailleurs pour les dérivés que j'ai préparés. Ce serait donc le dibenzylthio-2.2' dithiazoline-4.4' indigo.




Trois réactions différentes de ce corps peuvent être mises en évidence, lorsqu'il est attaqué par l'ammoniac ou les amines. La première se produit avec la morpholine diluée dans le benzène; après quelques minutes d'ébullition, évaporation du solvant, et cristallisation du résidu dans le dioxane, on isole des prismes à peine jaunâtres, F 225-228°. Leur composition centésimale correspond à la formule (II), mais l'hypothèse d'une addition des deux molécules de morpholine sur les deux groupes carbonyles n'est pas exclue. Ce corps, traité par l'acide acétique bouillant, jusqu'à dissolution, puis abandonné à la température du laboratoire, régénère (I), qui se dépose lentement.

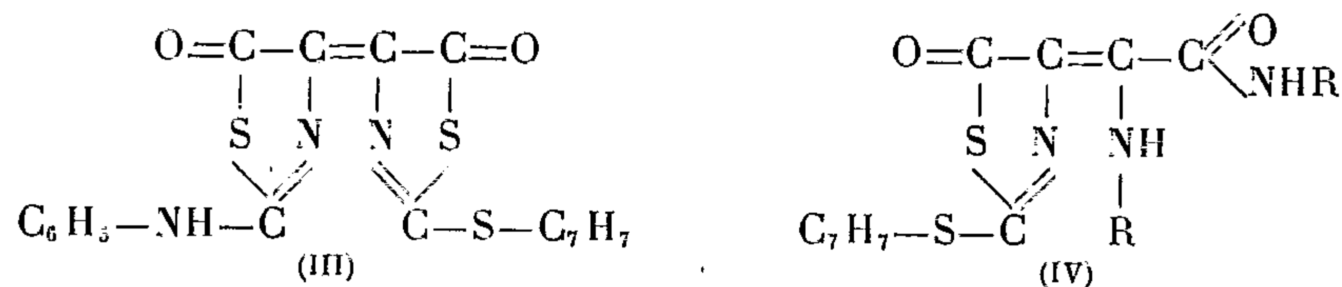
Lorsqu'on fait agir sur (I) l'aniline, en milieu benzénique, une heure à l'ébullition, un groupe phénylamino se substitue à un seul des groupes benzylthio; c'est un cas particulier d'une réaction signalée par M. Delépine (²).

(¹) *J. Chem. Soc.*, London, 1949, p. 2373.

(²) *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 1222.

Le phénylamino-2 benzylthio-2′ dithiazoline-4-4′ indigo (III) se sépare après refroidissement, et peut être purifié par cristallisation dans le benzène, l'acide acétique ou le dioxane. Il forme de longues aiguilles feutrées rouge orangé, F 147-148°, insolubles dans l'eau et les acides étendus; elles se dissolvent dans la soude normale chaude, avec une coloration rouge intense, fugace; par acidification, précipite alors l'acide phénylamino-2 thiazolinone-5 aminométhène-4 carboxylique, aiguilles jaune verdâtre, solubles dans l'alcool chaud, F 253-255°.

La *n*-butylamine se comporte comme l'aniline, vis-à-vis du dibenzylthio-2.2′ dithiazoline-4.4′ indigo; cependant, la substitution porte sur les deux groupes benzylthio, donnant le dibutylamino-2.2′ dithiazoline-4.4′ indigo, paillettes rouge orangé, F 325° environ, cristallisant dans l'alcool octylique secondaire, solubles dans la soude diluée, avec une coloration rouge violacé intense.




Enfin, l'action de l'ammoniac ou de l'aniline sur (I), en milieu alcoolique cette fois, conduit, par destruction de l'un de ses cycles, respectivement au benzylthio-2 thiazolinone-5 amino-carbonamido-méthène-4 (IV, avec R = H), et au benzylthio-2 thiazolinone-5 phénylamino-carbonamidophényl-méthène-4 (IV, avec $R = C_6H_5$).

Le procédé employé pour leur isolement repose sur leur insolubilité dans la soude diluée et leur solubilité dans l'alcool bouillant. Ils cristallisent dans ce solvant, ou dans le benzène, le premier en aiguilles jaunes F 159°, le deuxième en longs filaments jaune d'or F 193°. Très solubles dans l'alcool sodé froid, ces produits précipitent inaltérés par addition immédiate d'eau à leur solution. Si, au contraire, on abandonne celle-ci plusieurs jours, dans le cas du dérivé de l'aniline, des aiguilles jaunes se déposent lentement. C'est le sel de sodium du benzythio-2 thiazolinone-5 hydroxy-carbonamidophényle-méthène-4, cristallisé avec une molécule d'eau. Il est insoluble dans la soude diluée, et cristallise dans le dioxane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés dibromés des cyclohexylphénols ortho et para.* Note de M. **Maurice Nortz**, présentée par M. Paul Pascal

Les dérivés dibromés des cyclohexylphénols s'obtiennent aisément par action du brome sur ces phénols, dans l'acide acétique. Nous avons obtenu à partir de ces dibromocyclohexylphénols un certain nombre de leurs éthers-oxydes et de leurs esters.

*Dibromo-2.6 cyclohexyl-4 phénol-1.* — Dans un tricol de 500$^{cm^3}$, muni d'un agitateur mécanique, d'un thermomètre et d'un tube à dégagement, nous avons

dissous partiellement 44g de paracyclohexylphénol (F 130-131°) dans 176g d'acide acétique cristallisable et fait tomber goutte à goutte 80g de brome dans cette suspension. La température s'est élevée progressivement de 18° à 47°; en même temps, il s'est dégagé de l'acide bromhydrique et le produit est passé entièrement en solution. Lorsque, tout le brome ayant été ajouté, le dégagement gazeux a cessé, nous avons agité encore pendant une heure le contenu du ballon; puis nous avons coulé le mélange réactionnel dans deux litres d'eau froide additionnée de bisulfite de sodium en petite quantité et repris la partie organique par l'éther. Les extraits éthérés ont été réunis, lavés et séchés sur sulfate de sodium anhydre. Après avoir chassé l'éther, nous avons rectifié le résidu sous pression réduite. Nous avons ainsi obtenu 58g de dibromo-2.6 cyclohexyl-4 phénol-1, liquide incolore passant entre 211-213° sous 13mm de Hg. Ce liquide sirupeux s'est solidifié lentement en cristaux fondant à 26-28°.

| Analyse. | Trouvé. | Calculé pour $C_{12}H_{14}OBr_2$. |
|---|---|---|
| Br % | 47,6-47,8 | 47,9 |
| Cryométrie dans $C_6H_6$ | 327 | 354 |

*Dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénol-1.* — Nous avons alors dissous 176g d'orthocyclohexylphénol (E 278-280°) dans 350cm³ d'acide acétique cristallisable et coulé en 50 minutes 328g de brome. Au début, le contenu du ballon était limpide, mais après 10 minutes il s'est formé une émulsion rouge. L'absorption du brome a été rapide au début et sensiblement plus lente vers la fin. Après avoir agité une heure, nous avons laissé le contenu du ballon au repos et nous avons observé deux couches, l'une très dense, beige orangé, et une couche supérieure rouge foncé. Le mélange réactionnel a été versé dans 4l d'eau et extrait à l'éther. Par rectification, nous avons obtenu 227g d'un liquide incolore passant entre 198-200° sous 13mm (Rdt 68 %). Cette huile s'est solidifiée rapidement en cristaux cubiques fondant à 51-52°.

| Analyse. | Trouvé. | Calculé pour $C_{12}H_{14}OBr_2$. |
|---|---|---|
| Br % | 47,85-48,0 | 47,9 |
| Cryométrie dans $C_6H_6$ | 334-336 | 334 |

*Dibromo-2.6 cyclohexyl-4 phénate de méthyle-1.* — Nous avons chauffé pendant 2 heures à l'ébullition une solution de 3g,6 de potasse dans 65cm³ d'alcool éthylique avec 16g,7 de dibromo-2.6 cyclohexyl-4 phénol-1 et 7g,5 d'iodure de méthyle. La liqueur s'est colorée en jaune; il y a eu précipitation d'iodure de potassium et formation de deux couches. Après refroidissement, nous avons décanté la couche inférieure et chassé l'alcool de la couche supérieure. Nous avons traité par l'eau le résidu réuni à l'huile dense isolée précédemment, et repris par l'éther. Cette couche éthérée a été lavée par une solution de soude à 10 % puis par l'eau et séchée sur sulfate de sodium. Le résidu, après départ du solvant, est passé sous 18mm de pression entre 214 et 218° (Rdt 87,5 %), $n^D_{18}$ 1,5843.

*Dibromo-2.6 cyclohexyl-4phénate d'éthyle.* — Nous l'avons obtenu par action de l'iodure d'éthyle sur le phénate correspondant. E222-226° sous 17 à 18$^{mm}$ F 43-45°.

*Dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate de méthyle-1.* — Ce corps se prépare aisément par action de l'iodure de méthyle sur le dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate de potassium. Cet oxyde recristallise bien dans l'éthanol en donnant des cristaux fondant à 63-64° (Rdt 90 %).

*Dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate d'éthyle-1.* — Préparation identique à la précédente, mais avec l'iodure d'éthyle. E 202-204° sous 12$^{mm}$. Le magma cristallin obtenu par refroidissement fond à 30-32°.

*Dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate de propyle-1.* — Préparation identique, mais avec du bromure de N-propyle. E 208-210° sous 12$^{mm}$,5. $D_{13}$ 1,473; $n^{D}_{15}$ 1,572, d'où réfraction moléculaire 84,74 (calculé : 82,82).

*Dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate de* N-*butyle-1.* — Préparation identique, mais avec le bromure de N-butyle. F 218-221° sous 14$^{mm}$. $D_{15}$ 1,433; $n^{D}_{15}$ 1,5620.

*Dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate d'éthyle β bromé.* — Préparation identique, mais chauffge de six heures avec du bromure d'éthylène rectifié. $E_{12}$ 237-242°; $n^{D}_{15}$ 1,5952.

*Benzoate du dibromo-2.6 cyclohexyl-4 phénol-1.* — Cet ester est obtenu par action du chlorure de benzoyle sur le dibromo-2.6 cyclohexyl-4 pbénate de potassium-1. C'est un corps cristallisé blanc de F 143-145°.

*Acétate du dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénol-1.* — Cet ester est obtenu par action du chlorure d'acétyle sur le phénol correspondant en présence de pyridine. C'est un liquide incolore très visqueux. E 209-212° sous 14$^{mm}$; $D_{15}$ 1,580; $n^{D}_{15}$ 1,5845.

*Benzoate du dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénol-1.* — Nous l'avons obtenu par condensation du chlorure de benzoyle avec le dibromo-4.6 cyclohexyl-2 phénate de potassium-1, c'est un produit cristallisé; F 126-128°.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie du Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées-Orientales.* Note de M. **Pierre Cavet**, présentée par M. Charles Jacob.

L'essentiel de nos connaissances sur la région résulte des travaux de O. Mengel et L. Bertrand pour la Feuille géologique de Prades au 80/000$^{e}$. Sur les conseils de M. A. F. de Lapparent, j'ai entrepris, depuis 1947, des recherches détaillées dans cette région; à défaut de fond topographique récent, j'ai utilisé des photographies aériennes. Je puis maintenant avancer que, par suite du caractère azoïque des séries locales et de la présence de bancs calcaires et d'horizons carburés à divers niveaux, des confusions d'ordre stratigraphique avaient été faites; cela expliquerait certaines difficultés soulevées par l'inter-

prétation structurale de la carte. J'ai ainsi été amené à reconnaître, sous les formations classiquement datées, l'existence d'un certain nombre *d'assises nouvelles*, à leur affecter des noms tirés de la géographie locale; et à établir, pour l'ensemble des assises paléozoïques, la succession suivante :

A. *Gneiss de la Carança.* — Au centre de la région, un grand massif elliptique de gneiss affleure en position anticlinale sur une quarantaine de kilomètres, entre Llo et Baillestavy. Dans ces gneiss, ainsi que dans les « micaschistes » qui les surmontent, se trouvent coincées quelques écailles formées d'une roche granitique écrasée, bien distincte des granites hercyniens [Llo (1), Planes, environs de Prats-de-Mollo); d'autre part les gneiss ont été fréquemment introduits, sous forme d'écailles laminées, dans les « micaschistes ». Ces observations indiquent une fragmentation tectonique du socle gneissique et granitique.

Lorsque l'on descend dans cette puissante série à faciès d'embréchite œillée, on voit parfois s'effacer la stratification et l'on passe insensiblement à un granite d'anatexie.

Par contre, en remontant à partir du gneiss, on reconnaît la succession suivante, particulièrement régulière *au Nord d'une ligne Thuès-Nyer.*

B. *Série de Canaveilles* (« micaschistes *sensu lato* »). — La puissance de ce nouvel ensemble, concordant sur les gneiss de la Carança, est de l'ordre du millier de mètres. La zone des « micaschistes inférieurs » y est peu développée et très discontinue, probablement par suite de la montée, jusque dans cette zone d'un front de migmatites, de sorte que l'essentiel de la série correspond à des « micaschistes supérieurs ». Il s'agit ici principalement de phyllades « argentés » séricíteux, souvent gaufrés, admettant de façon très constante des intercalations qui peuvent se ramener à deux types :

*a.* des bandes plus ou moins puissantes et continues de *phyllades ampéliteux* efflorescents;

*b.* de nombreux bancs ou lentilles de *cipolins* (gîte des minerais de fer du Canigou et du Conflent).

C. *Schistes de Jujols.* — Notre série de Canaveilles passe très progressivement à des schistes gris, très puissants et relativement monotones, souvent ardoisiers, parfois un peu quartziteux ou même zonés, admettant quelques intercalations de quartzites lités.

D. Au sommet, O. Mengel avait déjà reconnu l'existence d'un *poudingue quartzeux à gros éléments,* que nous avons pu suivre en détail sur $20^{km}$, de Réal à Serdinya; ce précieux niveau-repère, formé de un, deux, ou trois bancs, présente une réelle continuité, bien qu'il ait été morcelé et disloqué par des failles postérieures.

---

(1) P. Cavet, *La lame de granite écrasé de Llo (P.-O.),* (*C. R. somm. Soc. géol. France,* séance du 1er mars 1948, p. 104).

Le poudingue est immédiatement surmonté par la classique « *grauwacke à Orthis* », où l'on récolte en abondance des empreintes de Cystidés, de Bryozoaires et de Brachiopodes. Ce premier horizon fossilifère indique, comme on le sait depuis longtemps, le Caradoc.

E. Au-dessus vient une *série schisto-calcaire* dans laquelle le gothlandien est certainement représenté par une alternance des formations suivantes : schistes altérés très fissiles, parfois ampéliteux, à mauvaises empreintes de *Monograptus*, et renfermant localement de gros nodules argilo-calcaires fossilifères; calcaires noirs encrinitiques, en petits bancs.

Nodules et Calcaires sont localement très riches en Orthocères, Lamellibranches, Brachiopodes et Monograptidés.

La série se termine par des Calcschistes jaune-verdâtres, de puissance variable, ne renfermant plus que de grandes entroques.

F. Cet ensemble est surmonté par des *Calcaires massifs* gris, formant généralement corniche; nous conviendrons de faire débuter ici le Dévonien. Le faciès se poursuit jusqu'à des griottes rouges à Goniatites, indiquant le Frasnien. Dans les Calcaires gris subordonnés, il ne semble pas possible d'établir des subdivisions; notons seulement l'existence d'un niveau de *Calcaires* lités où j'ai récolté des Polypiers et des fragments de *Phacops* (probablement dévonien moyen). Les griottes sont localement surmontées par des calcaires blancs amygdalins, équivalent possible du Famennien de la Montagne-Noire et d'Espagne.

G. Au Nord et au Sud de Villefranche-de-Conflent, de petits affleurements de *schistes psammitiques et de lydiennes* ont toujours été rapportés au Dinantien.

H. De gros batholites de *Granite hercynien* recoupent, et métamorphisent par une auréole de contact les différents termes de cette série, plissée antérieurement à leur mise en place. Ils doivent être soigneusement distingués des granites d'anatexie de la base des gneiss, ainsi que des lames granitiques d'origine tectonique, qui ne comportent évidemment pas d'effet d'auréole.

GÉOLOGIE. — *L'Age du Métamorphisme général du Massif de Petite Kabylie (Algérie)*. Note de M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans la partie Sud-Ouest du Massif ancien de Petite Kabylie, le Paléozoïque des Beni-Afeur, au Sud-Est de Djidjelli, montre un Gothlandien daté, composé de trois termes. Il repose en discordance sur le socle cristallin, dont il reprend des éléments, en galets. L'âge cambrien-ordovicien du matériel cristallin étant très probable, il s'ensuit que le métamorphisme général de ce massif, antégothlandien, est calédonien.

Le Paléozoïque des Beni-Afeur, découvert par M. Ehrmann, a donné lieu à cinq descriptions de cet auteur. Dans l'une d'elles (1), il distinguait trois cycles

(1) *C. R. Congrès géol. intern.*, Bruxelles, 1922, p. 849.

sédimentaires, précambrien, cambro-silurien, dévonien, séparés par des niveaux de conglomérats soulignant des discordances. Dans l'étude la plus récente ([2]), M. Ehrmann attribue le sommet de la série métamorphique au Gothlandien, daté par un *Monograptus*. Ce fossile, supposé provenir des micaschistes quoique recueilli dans un éboulis, a été diversement interprété, et, en dernier lieu, comme *M. hemipristis*, du Wenlock ([3]). Sur ce Gothlandien viendrait en légère discordance un Dévonien composé de trois termes, de bas en haut : arkoses, schistes et psammites, calcaires à Orthocères. Le problème de l'âge du métamorphisme n'a pas été abordé par M. Ehrmann, qui le dit seulement *antétriasique*.

Mes levers détaillés de 1948-1950 effectués dans cette zone me conduisent à des conclusions différentes, exposées ci-dessous.

*Le socle métamorphique* de la série des Beni-Afeur comporte, en gros, des gneiss, surmontés par des micaschistes qui admettent à divers niveaux des lentilles d'arkoses métamorphiques.

*La série sédimentaire primaire*, nettement discordante sur le socle, comprend, de la base au sommet, trois termes : 1° schistes grisâtres (10 à 60$^{m}$); 2° psammites violacés (8 à 20$^{m}$); 3° calcaires blancs (15 à 20$^{m}$).

Le niveau 1 repose sur les diverses assises du substratum, y compris les gneiss, et les ravine parfois. A leur base, les schistes 1 contiennent de rares blocs, mal roulés, de gneiss ou d'arkoses, tous éléments d'origine locale, trop peu nombreux d'ailleurs pour constituer un conglomérat.

Le niveau 2 possède, à sa partie moyenne, un horizon à Graptolithes, découvert en ma présence par M. L. Duplan. Les formes déjà déterminées, sous la bienveillante direction et avec le concours de M. G. Waterlot (*Monograptus convolus*, *M. communis*, *M. intermedius*, *Rastrites approximatus* var. *Geinitzi*, *R. longispinus*) datent le sommet du Llandovery moyen (Zone 20 d'Elles et Wood). Le niveau 3 montre, outre des représentants de divers groupes, les innombrables Orthocères déjà signalés par M. Ehrmann.

Cette série sédimentaire primaire, subhorizontale, est recouverte en discordance par de l'Oligocène, largement transgressif. Aussi apparaît-elle, au bord Sud-Ouest du synclinal *numidien* des Beni-Afeur, comme un mince liseré, allongé du Nord au Sud sur moins de 2$^{km}$ pour les niveaux inférieurs, sur un peu plus de 500$^{m}$ pour le niveau supérieur.

Ces observations permettent d'énoncer des conclusions importantes :

A. *La présence d'assises gothlandiennes non métamorphiques est établie en Petite Kabylie.* — La formation est constituée par des couches peu épaisses, concordantes entre elles, d'une série continue, appartenant, pour son niveau moyen,

([2]) *Notice explicative, feuille Tamesguida* 50000$^{e}$, 1947.

([3]) H. et G. Termier, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1$^{re}$ série, n° 11, 1950, qui donnent toute la bibliographie relative à ces questions.

au Llandovery, ainsi caractérisé pour la première fois en Algérie. Le niveau inférieur doit représenter l'extrême base du Gothlandien. Sauf confirmation des espèces citées par M. Ehrmann comme provenant des calcaires à Orthocères, supposés par lui dévoniens, il ne paraît pas exclu que le niveau 3 soit encore gothlandien. Car, ainsi que l'a souligné M. Blumenthal [4], son faciès est identique à celui des formations gothlandiennes de toute la Méditerranée occidentale (Sardaigne, Andalousie, Région de Ceuta et Massif des Bocoya dans le Rif espagnol) et même des Alpes Carniques.

B. *Une discordance antérieure au dépôt du Gothlandien inférieur est mise en évidence en Afrique du Nord.* — La coordination de mes observations me conduit à penser que dans la série métamorphique rentrent du Cambrien et de l'Ordovicien. En particulier, la puissante série de cipolins, intercalée dans la série gneissique, a beaucoup de chances de représenter les calcaires et dolomies du Géorgien, bien connus en Sardaigne et au Maroc. La phase orogénique, antérieure à la transgression gothlandienne, serait donc d'âge calédonien ancien.

C. *Le métamorphisme général de cette région a pris fin avant le dépôt du Gothlandien.* — Le fait est attesté par l'absence de métamorphisme dans le Llandovery daté, et surtout par l'existence, à sa base, de galets formés de gneiss de la série cristallophyllienne, sur laquelle il repose en discordance manifeste. Le métamorphisme n'est donc pas postérieur au cycle calédonien.

Par extension, il est permis de préciser l'âge du métamorphisme général des Massifs Kabyles, supposé, selon les auteurs, ou antécarbonifère ou tertiaire. Mes conclusions, établies pour le quart Sud-Ouest de la *Petite Kabylie*, peuvent être étendues au massif tout entier. Vers l'Ouest, en *Grande Kabylie*, on a récemment défini un Ordovicien avec Caradoc encore métamorphique, et un Gothlandien supérieur qui ne l'est pas. Trois hypothèses ont été émises [3] pour expliquer ce fait. Mes observations ci-dessus permettent de retenir l'une d'elles : le métamorphisme serait antégothlandien. Plus à l'Ouest encore, si dans le *Massif d'Alger* tout est métamorphique, dans le *Chenoua* on connaît du Dévonien supérieur non touché par le métamorphisme. Dans le *Massif bético-rifain*, le Gothlandien est le premier terme du Paléozoïque ancien qui soit non métamorphique et daté.

*Conclusion.* — La région des Beni-Afeur révèle une série gothlandienne jusqu'ici méconnue et désormais bien datée, déposée après une phase ancienne de l'orogenèse calédonienne. Cette phase a suivi de près la fin de la mise en place du métamorphisme général de Petite Kabylie. *Il semble possible d'étendre cette conclusion à l'ensemble du domaine ancien kabylo-bético-rifain, « bourrelet liminaire du continent africain ».*

---

(4) *Bol. Inst. geol. e min. Espana*, 14, 1937, p. 199-325.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de fossiles aux « pyramides calcaires » (Haut Val d'Aoste) et aux étroits du Saix (Tarentaise) et sur ses conséquences.* Note de M. **Reynold Barbier**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Prolongeant vers le Nord-Est mes études antérieures sur la zone subbriançonnaise (1), j'ai pu étudier, récemment, les « *Pyramides calcaires* » (situées à 1km à l'Est du Col-frontière de la Seigne) dont les calcaires avaient, jusqu'ici, été attribués au Trias par S. Franchi (2), (3).

Or, au pied de la paroi méridionale, des dalles présentant des zones de calcaire gris finement spathique, à patine rousse caractéristique, m'ont fourni (à 500m au Sud-Ouest des chalets de l'Alpe inférieure de la Lex Blanche) plusieurs rostres de *Bélemnites* et diverses sections ou moules d'*Ammonites*. Ces fossiles, malheureusement indéterminables spécifiquement, me permettent cependant d'affirmer que les *calcaires des « Pyramides » ne sont pas triasiques*.

Mais, de plus, il ne s'agit pas là d'un simple anticlinal (2), *mais de deux lames complexes* (correspondant aux deux pyramides) où l'on peut distinguer (à partir des terrains les plus anciens) :

1° des quartzites blancs, grisâtres ou verts, souvent à galets de quartz (anagénites) du Trias inférieur;

2° des calcaires dolomitiques gris, à patine blanchâtre, souvent accompagnés de pseudobrèches (Trias moyen);

3° des gypses et cargneules (en contact anormal, mais probablement du Trias supérieur comme en Tarentaise);

4° des calcaires, en dalles ou plaquettes, gris noir à la base, puis clairs, massifs et largement cristallins, contenant, vers le haut, les dalles fossilifères;

5° des brèches calcaires, massives, grises à patine jaune, à éléments de dolomies triasiques et de calcaires cristallins, dont la base est souvent rubéfiée (lacune ou même émersion);

6° La grande série de schistes, grès et brèches du « synclinal de Courmayeur », transgressive soit sur les calcaires, soit sur les brêches (« zona delle pietre verdi » de S. Franchi ou « Flysch » de H. Schœller).

On a donc là une *série stratigraphique tout à fait identique à celle de la Tarentaise* voisine (1), (4). Par comparaison, on est en droit de considérer les « *calcaires des Pyramides* » *comme liasiques et les brèches superposées comme*

---

(1) *Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère* (*Mém. Carte géol. Fr.*, 1948).

(2) *I giacimenti di antracite nelle Alpi occidentali* (*Mem. Carta geol. Italia*, **12**, fig. 2, p. 29, Roma, 1903).

(3) S. Franchi et A. Stella, *Carta geologica d'Italia al* 100 000, folio 27, Monte Bianco, 1912.

(4) *La Nappe de l'Embrunais au Nord de l'Isère* (*Bull. Carte géol. Fr.*, n° **175**, **33**, 1929).

*Jurassique moyen ou supérieur*, équivalent des brèches du Télégraphe et du Niélard ([1]).

Depuis, j'ai trouvé dans les *calcaires des « Étroits du Saix »*, entre Moûtiers et Bourg-Saint-Maurice, où l'on ne connaissait que de rares Bivalves ([4]) et ([5]), une grosse empreinte d'*Ammonite*, à allure d'Ariétite, dans les couches tout à fait analogues à celles des « Pyramides calcaires ». Ainsi se trouve confirmé l'âge liasique des calcaires cristallins de Tarentaise, déjà démontré antérieurement [*voir* ([1]), ([4]), ([5])].

De ces faits nouveaux on peut conclure :

*a*. que les *calcaires cristallins des « Pyramides calcaires » ne sont pas triasiques comme on le pensait jusqu'ici, mais liasiques* et qu'il en est sans doute de même pour les calcaires analogues que j'ai pu observer dans le Haut Val d'Aoste et qui sont, partout, attribués au Trias ([3]);

*b*. qu'*il y a, de ce fait, une identité complète entre la « Nappe des Brèches de Tarentaise », telle que je l'ai définie antérieurement* ([1]), *et la zone de Courmayeur;*

*c*. que ces faits doivent s'étendre également au *Val Ferret suisse*, où ont été récemment trouvées des *Gryphées* dans des couches analogues ([6]).

Nous rejoignons ainsi l'idée de H. Schœller ([4]), suivi par F. Hermann ([7]) d'une zone unique partant de Tarentaise pour atteindre le Val Ferret suisse à travers le Val d'Aoste, mais avec des arguments nouveaux et différents. Ainsi que le pensait M. Gignoux ([8]), c'est la zone subbriançonnaise, mais sa partie la plus externe seulement, comme je le montrerai dans une prochaine étude plus détaillée.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des acides 2.4-dichloro-phénoxy-acétique et 2.5-dichloro-thio-acétique sur les propagules de* Marchandia polymorpha *L.* Note (*) de M^lle **Jacqueline Rousseau**, présentée par M. Paul Becquerel.

Les acides 2.4-dichloro-phénoxy-acétique et 2.5-dichloro-thio-acétique induisent des réactions de croissance spéciales sur les propagules de *Marchandia polymorpha* L.

L'action bien connue, de l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique sur les plantes

([5]) W. Kilian et J. Révil, *Études géologiques dans les Alpes occidentales* (*Mém. Carte géol. Fr.*, 1, 1904 et 2, fasc. 2, 1912).

([6]) W. Nabholz, *Gryphæenfunde in den Schistes lustrés. Serien Bündens und des Wallis* (*Ecl. geol. Helv.*, 36, n° 2, 1943, p. 224).

([7]) *Carta geologica delle Alpi Nord-Occidentali al* 200 000 (Ufficio Cart^co, Milano, 1937).

([8]) *Géologie stratigraphique* (4^e édit., Paris, 1950).

(*) Séance du 12 février 1951.

supérieures nous a conduit à étudier l'action de cet acide et de l'acide 2.5-dichloro-thio-acétique sur les propagules de *Marchandia polymorpha*, et à la comparer à celle des hétéroauxines classiques du type des acides indol β acétique et α naphtalène acétique (¹) (²).

Les cultures ont été faites en boîte de Pétri, sur papier filtre imbibé des solutions actives aux concentrations de $10^{-4}$ à $10^{-9}$. Elles ont été comparées à des cultures témoins de même âge.

Pour l'acide 2.5-dichloro-thio-acétique les résultats sont les suivants : $10^{-5}$, 2ᵉ jour, 2 à 5 rhizoïdes dorsaux dans 25 % des propagules, 4ᵉ jour, 5 à 17 rhizoïdes dorsaux dans 85 % des propagules; $10^{-6}$, 5ᵉ jour, 1 à 4 rhizoïdes dorsaux dans 10 % des propagules. Ces rhizoïdes ont été éphémères; ils ont disparu 15 à 20 jours après leur apparition.

L'acide 2.5-dichloro-thio-acétique a aussi modifié le mode de croissance des propagules. Aux concentrations de $10^{-5}$ et $10^{-6}$ l'allongement des propagules traités a été d'environ 20 % supérieur à celui des propagules témoins, pendant les huit premiers jours; puis la vitesse de croissance est devenue égale à celle des témoins. La concentration de $10^{-5}$ a provoqué une croissance du thalle par dichotomies répétées (*fig.* 1 et 2).

*Marchantia polymorpha* : propagules âgés de 45 jours. 1, propagule témoin; 2, propagule traité par l'acide 2.5-dichloro-thio-acetique à $10^{-5}$; 3, propagule traité par l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique à $10^{-4}$; 4, propagule traité par l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique à $10^{-6}$; 5, zone des initiales d'un propagule témoin; 6, massifs muriformes avec poils chlorophylliens sur le bord des extrémités d'un propagule.

Pour l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique, les résultats sont les suivants : $10^{-4}$ et $10^{-5}$, 2ᵉ jour, 5 à 15 rhizoïdes dorsaux dans 70 % des propagules; 4ᵉ jour, 12 à 25 rhizoïdes dorsaux dans 98 % des propagules; $10^{-6}$, 4ᵉ jour, 3 à 8 rhizoïdes dorsaux dans 40 % des propagules; $10^{-7}$, 4ᵉ jour, 1 à 7 rhizoïdes dorsaux dans 10 % des propagules. Les rhizoïdes dorsaux obtenus avec l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique ont aussi été éphémères; mais leur vie a été plus longue. Ils ont persisté 30 à 35 jours.

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 675-676.

(²) *Travaux du Laboratoire de Botanique*, Poitiers, 1950.

Aux concentrations actives ($10^{-4}$ à $10^{-6}$) l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique a exercé pendant les huit premiers jours une action accélératrice sur la croissance (augmentation de 25 %). Puis la croissance a été ralentie et, le 20<sup>e</sup> jour, elle s'est arrêtée. Après 45 jours de culture, la longueur des propagules cultivés aux concentrations de $10^{-4}$ et $10^{-5}$ et de 40 % de ceux cultivés à $10^{-6}$ était seulement d'un tiers de celle des témoins. La croissance n'a pas été le résultat d'une division cellulaire, mais d'une augmentation de la longueur des cellules de la zone des initiales. L'allongement de ces cellules a été trois fois plus grand que celui des cellules témoins de même âge. Cet allongement n'a pas été indéfini, il s'est arrêté le 20e jour. L'orientation de la croissance est polarisée; c'est elle qui donne aux propagules leur aspect cruciforme caractéristique (*fig.* 3 et 4). Au moment où les cellules ont cessé de s'allonger, nous avons observé que les cellules des bords devenaient turgescentes et apparemment plus chlorophylliennes. Vers le 30e jour, aux extrémités incurvées des propagules, nous avons vu apparaître des massifs muriformes très turgescents. Peu à peu, ces massifs se sont étendus à la périphérie des propagules; quelques-uns se sont également différenciés sur le thalle un peu au-dessous du point végétatif et dans la zone des cellules-mères des rhizoïdes. Ces massifs étaient formés de cellules rondes, turgescentes (3 à 4 fois plus grandes que les cellules-témoins de même âge de la zone des initiales) (*fig.* 5 et 6).

Certaines cellules de ces massifs se sont allongées en donnant des poils chlorophylliens unicellulaires. Des poils analogues (15 à 30) sont apparus sur le thalle. Ces poils spéciaux sont différents des rhizoïdes par la présence de chloroplastes nombreux riches en amidon. A la concentration de $10^{-6}$ les massifs muriformes sont moins fréquents et 60 % des propagules, le 45e jour, ont des formes qui rappellent celles obtenues avec l'acide 2.5-dichloro-thio-acétique (*fig.* 4). Enfin, sur les propagules fortement intoxiqués par l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique, nous avons observé des réactions de dégénérescence cellulaire sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement.

Comparée à l'action des substances de croissance précédemment étudiées, celle de l'acide 2.4-dichloro-phénoxy-acétique présente des caractères spéciaux.

PHYSIOLOGIE. — *L'hypothermie et la glycémie asphyxique.* Note de MM. **Jean Giaja** et **Momčilo Stefanović**, présentée par M. André Mayer.

L'hyperglycémie et la glycosurie asphyxiques font défaut si l'on empêche par une température ambiante suffisamment élevée l'organisme de se refroidir au cours de l'asphyxie.

Dans l'asphyxie lente par confinement, le niveau de la glycémie s'élève et le sucre passe dans l'urine. C'est le phénomène depuis longtemps connu de la glycosurie asphyxique. Des deux facteurs pouvant être invoqués : la baisse de

la concentration de l'oxygène et l'élévation de la concentration de l'acide carbonique, c'est cette dernière qui est responsable de l'hyperglycémie asphyxique. Cordier ([1]) l'a démontré par ses expériences sur le Chien. Chez le Rat nous avons constaté dans l'asphyxie par confinement une hyperglycémie intense pouvant dépasser de 160 % la glycémie normale, tandis que dans le cas où l'atmosphère confinée est débarrassée du gaz carbonique à mesure qu'il se produit, cette asphyxie hypoxique, même lorsqu'elle est très prononcée, ne produit en général que de faibles variations du taux du sucre sanguin. Enfin, en confinant le Rat dans une atmosphère riche en oxygène, on constate également l'apparition de l'hyperglycémie, qui dans ce cas ne peut être attribuée qu'à l'accumulation du gaz carbonique puisque l'atmosphère confinée est à la fin de l'expérience encore suroxygénée.

Par conséquent, il est bien établi que dans l'asphyxie par confinement c'est l'acide carbonique qui est responsable de l'hyperglycémie. Toutefois, en plus de ces deux facteurs en rapport avec le confinement, diminution de l'oxygène et augmentation du gaz carbonique, il y a un troisième facteur accompagnant régulièrement les deux premiers si l'on ne prend pas soin de l'éliminer : c'est l'hypothermie.

Dans l'asphyxie lente par confinement, avec ou sans absorption de gaz carbonique, l'hypothermie apparaît dans les conditions habituelles de température ambiante. Ayant constaté l'importance de l'hypothermie dans la manifestation de plusieurs phénomènes qu'elle accompagne : hémorragies, effets de l'insuline, intoxication oxycarbonique, résistance à l'asphyxie, à l'urémie expérimentale et autres ([2]), nous nous sommes demandé si elle n'interviendrait pas également dans le mécanisme de l'hyperglycémie asphyxique. L'expérience justifia cette supposition : si l'on procède à l'asphyxie lente par confinement, de la même façon que plus haut, avec la seule différence que la température ambiante soit assez élevée pour empêcher l'apparition de l'hypothermie, on constate que l'asphyxie ne produit plus d'hyperglycémie. Au lieu de l'hyperglycémie intense de l'asphyxie avec hypothermie, on ne constate en général que de faibles variations dans les deux sens du taux du sucre sanguin, comme le montrent les valeurs suivantes, le premier des deux chiffres concernant la glycémie avant l'asphyxie, le second la glycémie dans l'asphyxie sans hypothermie : 102-124; 100-100; 91-104; 87-82; 136-181; 94-60; 109-112; 80-102; 117-70; 95-72. Dans l'asphyxie *avec* hypothermie la glycémie de nos rats était de 200 à 290$^{mg}$ %. Par conséquent, l'hyperglycémie asphyxique du Rat est due à la fois au gaz carbonique et à l'hypothermie. Sans accumulation de gaz carbonique il n'y a pas d'hyperglycémie asphyxique, mais ce facteur n'a une

([1]) *Ann. de Physiol.*, 9, 1933, p. 87-138.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 436-437.

action manifeste sur le niveau du sucre sanguin que si le niveau de la température de l'homéotherme est abaissé.

Sans aborder la question du rôle de l'hypothermie dans le mécanisme de l'hyperglycémie, nous ferons la remarque suivante d'ordre général. Un homéotherme qui a été obligé d'abaisser le niveau normal de sa température se trouve, par suite du dérèglement de son homéothermie et de la mise en jeu des mécanismes parant à ce trouble, dans un état physiologique particulier. Aussi l'hypothermie qui apparaît dans diverses interventions physiologiques ne doit pas être considérée uniquement sous le rapport de l'effet thermique d'une variation de température, souvent peu importante, mais aussi sous celui d'une modification de l'état physiologique, ainsi qu'il ressort des exemples que nous avons donnés.

PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION. — *Mécanisme glycostatique de la régulation de la nutrition.* II. *Mécanisme de correction par compensations à long terme.* Note (*) de M. **Jean Mayer**, présentée par M. André Mayer.

Dans une Note antérieure ([1]), j'ai montré que le mécanisme dont dépend l'ajustement à court terme des entrées et des sorties d'énergie dans l'organisme est sous la dépendance de la glycémie. Dans la présente Note j'étudierai le mécanisme de compensation à long terme.

Ce mécanisme repose essentiellement sur les variations du taux du glycogéne hépatique. Normalement, c'est-à-dire en l'absence de décharge d'adrénaline, l'hydrolyse du glycogène ne suit pas la vitesse d'utilisation du glucose sanguin; et c'est ce qui permet l'existence du mécanisme de régulation à court terme. Mais à une diminution relative de la teneur du foie en glycogène correspond une diminution chronique de la glycémie.

Tout facteur opérant à long terme qui tend à maintenir une teneur en glycogène hépatique élevée et relativement constante, tel par exemple qu'une ration riche en protéines, tend à diminuer la consommation énergétique.

La diminution du glycogène hépatique a l'effet inverse.

Lorsque des animaux ont été soumis à des jeûnes de durées variées, la teneur de leur foie en glycogène diminue. Les animaux laissés alors à eux-mêmes se suralimentent. Cette suralimentation ne cesse que lorsque la teneur en glycogène hépatique est redevenue normale.

Une injection d'adrénaline provoque une hyperglycémie immédiate et cause une diminution, sinon une disparition de l'appétit. Mais cette hyperglycémie

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 652.

est due à l'hydrolyse du glycogène hépatique et s'accompagne d'une diminution du taux de glycogène dans le foie. Alors apparaît une augmentation prolongée de l'ingestion d'aliments énergétiques.

Au cours d'une infection provoquée, les variations journalières de la glycémie subsistent et l'animal prend spontanément « des repas »; mais ils sont insuffisants et le bilan énergétique se solde par un déficit calorifique. La teneur en glycogène du foie diminue. Durant la convalescence, l'ingestion de calorique est supérieure à la normale jusqu'à ce que la teneur du foie en glycogène ait regagné son niveau habituel.

Au fur et à mesure du développement d'un jeune animal, la teneur du foie en glycogène, extrêmement basse au départ, augmente progressivement. La consommation de calorique (mesurée par rapport au poids) diminue en raison inverse de l'augmentation de la teneur en glycogène du foie de l'animal. Chez le Rat, la consommation calorifique journalière caractéristique de l'adulte est atteinte et maintenue vers l'âge de 60 jours, âge qui correspond aussi à la stabilisation du taux du glycogène hépatique. Tandis que la nature de la ration, et en particulier des hydrates de carbone et des graisses, influence profondément l'ingestion de calorique journalière des jeunes animaux (les fortes teneurs en sucre la diminuent, les fortes teneurs en graisse l'augmentent), ce phénomène disparaît lorsque les réserves hépatiques de glycogène sont suffisantes pour rendre la glycémie moins dépendante de l'apport fréquent de substances glycogéniques. Les graisses épargnent alors une quantité équivalente de sucres et l'hydrolyse du glycogène se poursuit normalement pendant que s'effectue le métabolisme.

Signalons enfin que chez les souris héréditairement obèses étudiées par l'auteur [2], le taux de glycogène hépatique est extrêmement bas en comparaison de celui qu'on trouve chez les animaux non obèses de la même lignée.

L'existence de ce mécanisme homéostatique fondamental que nous avons étudié chez les Mammifères n'est sans doute que le produit de l'évolution d'une caractéristique générale de toute matière vivante. Les variations du taux de glucose et, indirectement, du glycogène, conditionnent probablement l'excitabilité de toutes les cellules vivantes, sans doute grâce aux déplacements d'ions (potassium en particulier), causés par les variations du taux de phosphorylation qu'elles entraînent. (Un cas particulier est celui de la musculature gastrique : une augmentation de la glycémie semble diminuer, une diminution augmente l'amplitude des contractions.) Ainsi se trouverait démontrée, une fois de plus, l'identité fondamentale, mais la complexité croissante des mécanismes dans le règne animal de l'Amibe à l'Homme.

---

(2) J. MAYER et M. W. BATES, *Science* (sous presse).

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Phénomènes de tolérance et de résistance à l'arséniate diplombique chez* Rhynchites cœruleus *de Geer* (*Col. Curculionides*). Note (*) de Mme **Gilberte Guennelon-Aubanel** et M. **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'adulte du Coléoptère *Rhynchites cœruleus* présente, après la mue imaginale et avant l'hibernation, une « tolérance » individuelle à l'égard de composés arsénicaux habituellement toxiques en pulvérisations printanières. Le poison, utilisé à doses assez élevées, paraît exercer un « effet répulsif » sur l'Insecte.

Dès 1896, E. H. Forbusch et C. H. Fernald ([1]) observèrent que des chenilles du Bombyx *Lymantria dispar* L. pouvaient absorber une quantité relativement appréciable d'arsénic, en s'alimentant de feuillage recouvert d'une solution des composés arsénicaux habituellement utilisés comme insecticides d'ingestion. Plus tard, F. L. Campbell ([2]) essaya, sans succès, de démontrer des phénomènes de tolérance individuelle ([3]) à l'arsenic, chez le Ver à soie. Les auteurs attribuaient plutôt les cas de résistance au toxique à des phénomènes de répulsion ou de diminution d'appétit, dépendants ou non l'un de l'autre, comme le signalent les travaux de W. Moore ([4]) sur le Hanneton japonais, *Popillia japonica* Newn.

En fait, malgé la longue période de plus d'un demi-siècle pendant laquelle les composés arsenicaux furent les insecticides les plus couramment utilisés, avant l'apparition des composés organiques de synthèse, nous restons assez mal renseignés sur les mécanismes de l'intoxication arsenicale chez les Insectes. Les travaux de D. E. Fink sur les modifications de l'activité des enzymes digestives ([5]) et sur le rôle antitoxique du glutathion ([6]) chez le Doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* Say, présentent à cet égard un intérêt, parmi de nombreux autres.

Nous ne rapportons ici que quelques faits expérimentaux qui se rattachent aux phénomènes cités plus haut, et concernent le Charançonide *Rhynchites cœruleus*, après la mue imaginale et avant l'hibernation.

Du feuillage de Pommier reçoit une pulvérisation d'arséniate diplombique, titrant 20 % d'As, utilisé d'abord à la concentration de 0,5 % (soit 0,1 %

---

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) The Gypsy moth, *Porthetria dispar* L., 1896, 495 p.

([2]) *Journ. Econ. Ent.*, 19, 1926, p. 516.

([3]) L'auteur distingue opportunément la résistance individuelle de la résistance raciale. susceptible d'être acquise par sélection naturelle.

([4]) *Journ. Econ. Ent.*, 15, 1922, p. 67.

([5]) *Jour. Agric. Res.*, 45, 1932, p. 471.

([6]) *Jour. Econ. Ent.*, 20, 1927, p. 794.

d'As). Le traitement est effectué au moyen d'une seringue pulvérisant en moyenne 3$^{mg}$ de bouillie par centimètre carré de surface foliaire, soit 3$^{\gamma}$ d'As par centimètre carré.

Les rameaux traités sont introduits, ainsi que 25 insectes, dans un bocal en verre, recouvert d'une mousseline et celui-ci est placé dans une étuve à 20°C et à 90 % d'humidité relative. Cinq jours après la mise en expérience, *la mortalité est nulle* dans le lot traité à l'arséniate, comme dans le lot témoin et *l'alimentation est comparable* dans les deux cas.

Nous avons utilisé alors une préparation arsenicale de concentration double (0,2 % d'As) pour comparer le comportement du lot de Rhynchites ayant résisté pendant 9 jours au traitement précédent et d'un autre lot d'individus n'ayant pas encore absorbé de poison. Après 4 jours, la mortalité est restée très faible dans les deux cas : 1 mort sur 23 individus dans le premier lot et aucun mort sur 10 individus dans le second lot. Cependant la prise de nourriture a été très réduite et, fait remarquable, les rameaux ont été *très rarement visités* par rapport à ceux du lot témoin. Les insectes des lots traités ont repris leur activité normale lorsqu'ils ont été replacés en présence de feuillage frais non traité.

Cette deuxième expérience met en évidence un autre phénomène : la résistance de *R. cœruleus* à des dépôts assez concentrés d'arséniate diplombique sur la plante hôte, par suite de l'*effet répulsif* que ceux-ci exercent sur l'Insecte, et par conséquent de la non-ingestion de toxique par l'animal.

En conclusion, pendant une certaine période de son cycle évolutif, le Coléoptère *Rhynchites cœruleus* de Geer, présente des phénomènes de tolérance individuelle à l'égard de l'arséniate diplombique, pour une dose habituelle d'emploi insecticide; il éprouve une « répulsion » vis-à-vis du même poison utilisé à une dose double.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les méthodes de dosage des acides ribonucléique et désoxyribonucléique dans les tissus animaux appliquées aux levures de boulangerie.* Note de MM. **Albert Bourdet**, **Paul Mandel** et **Raymond Guillemet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Un examen des publications récentes révèle une grande diversité dans les principes analytiques utilisés pour le dosage de l'acide ribonucléique (A. R. N.) des levures; par contre, peu de travaux font mention de méthodes permettant un dosage précis de l'acide désoxyribonucléique (A. D. N.). Les résultats publiés s'échelonnent (en pour-cent de levure sèche) de 1 à 7 pour l'A. R. N., de 0,1 à 0,3 pour l'A. D. N. Il est probable que les différences proviennent de la diversité des méthodes analytiques plus que de différences entre les levures.

Bien que, chez les levures, les proportions respectives de l'A. R. N. et de l'A. D. N. soient totalement différentes de celles des tissus animaux, nous

avons utilisé comparativement les méthodes de Schneider (¹) d'une part, Schmidt et Thannhauser (²) d'autre part, consistant à doser spécifiquement les deux acides nucléiques après élimination des fractions phosphorées acido-solubles et lipidiques. La première procède à une extraction trichloracétique à chaud et à un dosage des pentoses correspondants; la seconde à une hydrolyse alcaline douce, une série de fractionnements pour séparer l'A. R. N. de l'A. D. N., puis doser leur phosphore et leurs pentoses respectifs.

Les déterminations ont été effectuées sur sept levures hautes pressées de boulangerie et, à titre comparatif, sur une levure basse de brasserie. Le ribose a été dosé par la réaction à l'orcine, le désoxyribose par celle à la diphénylamine, le phosphore selon la microméthode de Machebœuf et Delsal. La détermination de l'A.R.N. par le ribose a présenté certaines difficultés : il a fallu éliminer des substances parasites formées au cours de la réaction. La comparaison des résultats de chaque méthode a été effectuée sur la base du rapport équimoléculaire de l'acide phosphorique et des pentoses.

Pour l'extrait selon Schneider, comme pour l'hydrolysat alcalin selon Schmidt et Thannhauser, pris individuellement, les bilans des diverses fractions phosphorées étaient en accord avec leur phosphore total. Toutefois, pour un même poids sec de levure, les teneurs en phosphore évaluées dans l'extrait trichloracétique chaud (Schneider) se sont révélées inférieures à celles dosées dans l'hydrolysat alcalin (Schmidt).

Pour l'A. R. N., dans nos conditions expérimentales, la technique de Schneider a donné des valeurs inférieures à celles obtenues selon Schmidt. Dans cette dernière méthode la concordance est satisfaisante entre les valeurs déterminées par le phosphore ou le pentose (erreurs entre $\pm 0,14$ et $\pm 1,7\%$). La moyenne de ces deux valeurs exprime la teneur des levures en A. R. N. Elle est (en pour-cent de substance sèche) de 8,46 pour la levure de brasserie et comprise entre 7,01 et 8,17 pour les levures de boulangerie. En ce qui concerne l'A. D. N., une première série de dosages effectuée sur les levures fraîches a montré qu'il y avait concordance entre les valeurs obtenues par dosage colorimétrique sur l'extrait selon Schneider et celles fournies par dosage du phosphore selon Schmidt. Après vieillissement des levures, les valeurs d'A. D. N. déterminées selon le premier procédé se sont révélées légèrement inférieures à celles obtenues après dosage du phosphore. Par contre, dans la technique de Schmidt, le dosage colorimétrique de l'A. D. N. sur la fraction acido-insoluble a conduit dans tous les cas à des valeurs inférieures à celles fournies par dosage du phosphore sur la même fraction. Jusqu'à ce que l'on trouve l'explication de cette différence, il semble plus judicieux d'adopter les teneurs obtenues après dosage du phosphore selon

(¹) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 293, et 164, 1946, p. 747.
(²) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.

Schmidt, ces valeurs étant en parfait accord avec celles fournies par la détermination du désoxypentose dans l'extrait trichloracétique selon Schneider. On note dans ces conditions : 0,260 pour la levure de brasserie, entre 0,245 et 0,373 ponr les diverses levures de boulangerie (en pour-cent de substance sèche). Le rapport A. R. N./A. D. N. établi d'après les valeurs précédentes est compris entre 21,9 et 29,2 pour les levures hautes de boulangerie; pour la levure de brasserie le rapport est plus élevé (32,5).

Ces résultats appellent les remarques suivantes : la technique de Schneider ne permet pas une extraction quantitative de l'A. R. N. Alors que, dans le cas des tissus animaux, un seul traitement de 15 minutes à 90° C par l'acide trichloracétique à 5 % peut être suffisant pour extraire la totalité des acides nucléiques, le résidu, après quatre extractions, donne encore la réaction à l'orcine.

Les valeurs d'A. R. N. et d'A. D. N. déterminées par nous sont supérieures à celles obtenues antérieurement; elles sont dans l'ensemble en accord avec les résultats publiés par Euler et Hahn ([3]) bien que les méthodes d'extraction et de fractionnement utilisées par ces auteurs (isolement des acides nucléiques à l'état de sels de lanthane) soient différentes de celles pratiquées ici. Cette étude technique est une préface à l'étude de l'évolution des acides nucléiques pendant la culture industrielle des levures de boulangerie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Toxicité des p-amino et p-hydroxy-acétophénones pour* Aspergillus niger. *Spécificité d'action antitoxique des acides p-amino et p-hydroxybenzoïques.* Note de MM. **Jean Lavollay** et **Joseph Neumann**, présentée par M. Maurice Javillier.

Auhagen a établi que l'acide *p*-aminobenzoïque (PAB) exerce une action antixoxique vis-à-vis de certains dérivés *p*-aminés exempts de soufre de la série des phényl-cétones ([1]), aussi bien qu'envers les composés sulfamidés ([2]). Kuhn et collaborateurs utilisant le même microorganisme (*Streptobacterium plantarum*) ont confirmé ce résultat ([3]).

*Streptobacterium plantarum* est un microorganisme, dont le développement sur milieu synthétique exige la présence d'acide PAB. Mais, comme on sait, l'action antitoxique de cet acide envers les sulfamides s'observe aussi bien chez des espèces cultivables en l'absence d'acide PAB, comme *Aspergillus*

---

([3]) *Arkiv. Kemi. Mineral. Geol,*, 24 A, n° 28, 1947, p. 1-9 et 25 A, 1948.

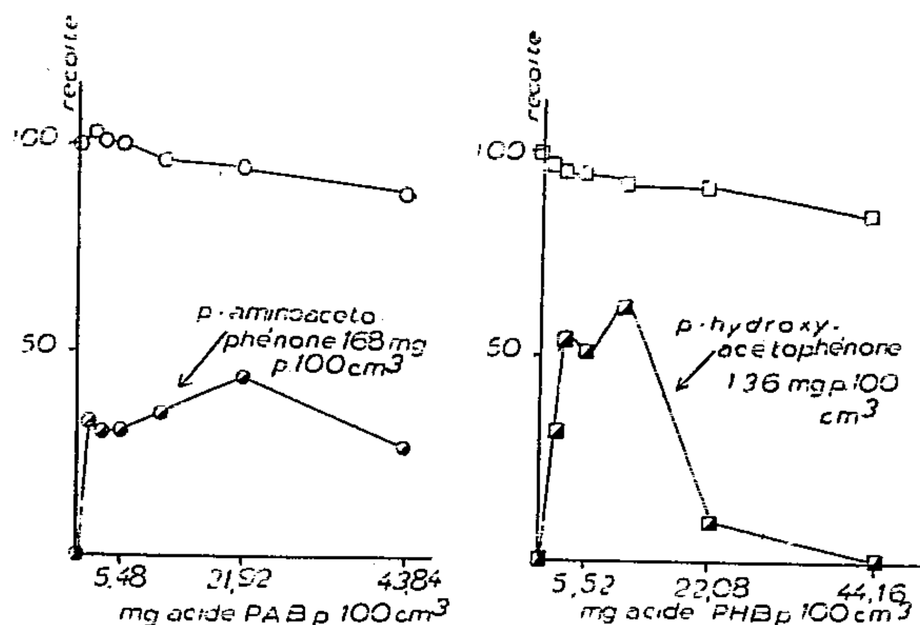
([1]) *p*-aminobenzophénone, *p*-aminoacétophénone et *p-p'*-diaminobenzophénone.

([2]) *Z. Phys. Chem.*, 274, 1942, p. 48.

([3]) *Ber.*, 74, 1942, p. 711.

*niger* (⁴). Nous avons cherché si l'antagonisme signalé par Auhagen entre l'acide PAB et la *p*-aminoacétophénone se retrouvait avec cette moisissure.

*Aspergillus niger* (souche anonyme entretenue au laboratoire) était cultivé sur liquide de Raulin-Javillier, en ballons de $50^{cm^3}$. Le liquide ($25^{cm^3}$) était additionné de doses croissantes de *p*-aminoacétophénone, de doses croissantes d'acide PAB ou de mélanges des deux substances. Les ballons, largement ensemencés, étaient placés à l'étuve à 34° C. Après 48 à 97 heures, les mycéliums étaient récoltés en même temps, essorés, séchés à poids constant et pesés. A la concentration de $5^{mg}$ pour $100^{cm^3}$, la *p*-aminoacétophénone déprime la récolte de 30 % ; à la concentration de $80^{mg}$ pour $100^{cm^3}$, l'inhibition de croissance est totale pendant 48 heures; pour une durée de 58 à 97 heures les concentrations nécessaires à l'inhibition totale sont de 135 à $168^{mg}$ pour $100^{cm^3}$. L'antagonisme de l'acide PAB est ici très net : l'effet dépressif de 5 à $10^{mg}$ de *p*-aminoacétophénone pour $100^{cm^3}$ est supprimé par 0,5 à $1^{mg}$ d'acide PAB. L'inhibition complète de la croissance (80, 135 et $168^{mg}$ de *p*-aminoacétophénone pour $100^{cm^3}$) est combattue par l'acide PAB (1 à $40^{mg}$ pour $100^{cm^3}$), mais le poids de la récolte n'est rétabli qu'à 40 % de sa valeur normale. Au-dessus de $40^{mg}$ d'acide PAB pour $100^{cm^3}$ la toxicité propre de ce corps intervient. L'inhibition complète de la croissance due à des *doses massives* de *p*-aminoacétophénone ($210^{mg}$ pour $100^{cm^3}$) ne peut pas être levée par l'acide PAB (0,3425 à $87^{mg}$,68 pour $100^{cm^3}$; 97 heures de culture).




Le poids de la récolte témoin est pris comme référence (= 100). $168^{mg}$ de *p*-aminoacétophénone arrêtent tout développement. L'acide PAB, qui, seul, déprime légèrement la récolte, rétablit 40 % de la récolte témoin à la concentration de $22^{mg}$ pour 100 cm³. $136^{mg}$ de *p*-hydroxyacétophénone arrêtent aussi tout développement. L'acide PHB, seul, déprime légèrement la récolte; il rétablit 60 % de la récolte témoin à la concentration de $11^{mg}$ pour 100 cm³.

La question s'est alors posée de savoir si l'acide PAB manifeste aussi un antagonisme vis-à-vis d'une acétophénone *différemment substituée*.

(⁴) A. Lwoff, F. Nitti, Mme J. Tréfouël et V. Hamon, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, p. 9.

La *p*-hydroxyacétophénone ([5]), au-dessus de $120^{mg}$ pour $100^{cm^3}$, supprime toute croissance; l'acide PAB essayé à des concentrations de 0,3425 à $87^{mg},68$ pour $100^{cm^3}$ est sans action sur l'effet toxique.

On était naturellement conduit à rechercher si l'acide benzoïque parahydroxylé (PHB) manifeste une activité antitoxique vis-à-vis de la *p*-hydroxyacétophénone.

Nous avons trouvé qu'il en est bien ainsi. Par exemple, l'inhibition complète (durant au moins 72 heures) due à $136^{mg}$ de *p*-hydroxyacétophénone pour $100^{cm^3}$ est levée par $5,52^{mg}$ d'acide PHB et le développement rétabli à 36, 50 et 52 % de celui du témoin en 60, 62 et 72 heures. Au-dessus de certaines doses ($11^{mg},04$ pour $100^{cm^3}$, pour une durée de culture de 72 heures) la toxicité propre de l'acide PHB intervient et s'ajoute à celle de la *p*-hydroxyacétophénone. Des doses élevées de cette acétophénone (égales et supérieures à $170^{mg}$ pour $100^{cm^3}$) ne peuvent plus être combattues par l'acide PHB (de 1, 38 à $44^{mg},16$ pour $100^{cm^3}$, en 4 jours de culture).

En outre, de même que l'acide PAB est inactif vis-à-vis de la *p*-hydroxyacétophénone, l'acide PHB s'est révélé incapable (aux concentrations de 0,126 à $44^{mg},16$ pour $100^{cm^3}$) de modifier les effets toxiques de la *p*-aminoacétophénone.

*En résumé*, avec *Aspergillus niger* cultivé sur un milieu artificiel, l'acide PAB se comporte comme un antitoxique de la *p*-aminoacétophénone et l'acide PHB comme un antitoxique de la *p*-hydroxyacétophénone. L'action antitoxique de l'acide benzoïque substitué est spécifique. L'acide para-substitué ne se conduit en antagoniste de l'acétophénone que si les deux molécules portent le même substituant en position 4.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de l'action de l'asiaticoside sur le tissu réticulo-endothélial.* Note (*) de M. **Pierre Boiteau**, Mme **Marie Nigeon-Dureuil** et M. **Albert Rakoto Ratsimamanga**, présentée par M. Roger Heim.

Au cours de recherches antérieures nous avons étudié l'action de l'asiaticoside vis-à-vis des bacilles acido-résistants et en particulier du B. K. ([1]).

Simultanément nous avons été frappés par l'intensité de la vascularisation que ce produit engendre au niveau du tissu mésenchymateux. La stimulation

([5]) Le premier échantillon de cette substance nous a été donné par M. Ch. Mentzer; le corps utilisé ensuite a été préparé au laboratoire par M. Georges Martin.

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) P. Boiteau, M. Nigeon-Dureuil et A. Rakoto Ratsimamanga, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1165.

est telle que, chez les animaux prépubères on assiste parfois à une accélération de la maturation sexuelle avec congestion des divers organes (poumons, reins, etc.).

Par ailleurs, P. Boiteau et R. Saracino [2] ont remarqué que l'asiaticoside est beaucoup plus actif vis-à-vis de certaines tuberculoses cutanées que pour les autres formes. Il en serait de même pour la lèpre. Ces résultats indiqueraient une action préférentielle sur les tissus cutanés, et réticulo-endothéliale par stimulation de la défense de l'organisme.

Nous avons donc estimé utile d'explorer l'action de ce corps sur le système réticulo-endothélial de l'animal sain. Plusieurs tests servent actuellement à ce sujet, surtout depuis la découverte des sérums orthobiotiques (type Bogomoletz); nous avons choisi la cicatrisation des plaies artificielles du fait qu'elle est facilement contrôlable [E. Lasfargues et A. Delaunay [3]; Loiseleur et F. Zajdela [4]].

La technique adoptée a été précisée et mise au point par deux d'entre nous [5]. Elle consiste à enlever 10 % de la peau de la surface du corps d'une souris mâle de 20-25$^{g}$, en utilisant des animaux issus d'une même souche connue. Les courbes pondérales et de mortalité (M) sont établies quotidiennement. Le degré de cicatrisation est évalué au 10$^{e}$ et au 20$^{e}$ jours par décalquage de la plaie et pesée de la surface de papier correspondante. L'indice de cicatrisation (I. C.) représente le pourcentage de la surface recouverte par rapport à la surface initiale de la plaie. 40 souris au moins, dont la moitié servent de témoins, doivent être utilisées. L'asiaticoside est appliqué trois fois par semaine, sous forme de pommade à base de vaseline stérile. La quantité appliquée à chaque séance correspond à 0$^{mg}$,10 d'asiaticoside.

Voici les résultats de nos expériences :

| Durée (en jours) | 10. | | 20. | |
|---|---|---|---|---|
| | I. C. (%). | M. (%). | I. C. (%). | M. (%). |
| Témoins (20 sujets) | 49 | 20 | 72 | 40 |
| Traités (20 sujets) | 78 | 15 | 89 | 15 |

L'asiaticoside possède de nettes propriétés cicatrisantes. Il ne s'agit pas d'un effet purement local, car les mêmes résultats sont obtenus sur des animaux qui reçoivent le produit par injection sous-cutanée bien loin de

(2) *Médecin Français*, 8, 1948, n° 19, p. 251.

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 909.

(4) *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 53.

(5) M. Nigeon-Dureuil et A. Rakoto Ratsimamanga (résultats inédits).

l'emplacement de la plaie. L'action générale se manifeste en outre par l'abaissement de la mortalité chez les animaux traités.

L'asiaticoside stimule donc le système réticulo-endothélial et accroît les possibilités de défense de l'organisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Importance de la position et de la mobilité des groupes nitrés sur l'action antibiotique des dérivés du benzène* (¹). Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Pierre Landrin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nos travaux préalables sur les propriétés antibiotiques des alcoxyaminonitrobenzènes et des dinitrophénols, nous ont amenés à penser que ces propriétés étaient dues au groupement $NO_2$ et que l'activité de ceux-ci se trouvait exaltée par leurs positions relatives (²). Nous nous sommes proposé d'étendre cette étude à de nombreux corps et de rechercher l'influence de la mobilité des groupes nitrés sur l'activité bactériostatique de ceux-ci.

Le groupe nitré fixé au noyau benzénique est d'une stabilité considérable quand il est seul; il reste encore très stable quand il y a deux groupes en position 1.3, position normale des groupements nitrés qui oriente la substitution en méta. Par contre les positions 1.2 et 1.4, plus difficiles à réaliser, s'accompagnent d'une grande mobilité d'un de ses groupes nitrés.

La mesure de la mobilité de $NO_2$ s'effectue le plus habituellement par action d'une quantité connue de méthylate de sodium, dont on dose l'excès par un acide titré au bout de temps variables permettant de suivre la vitesse de réaction.

Nos premiers essais ont été effectués selon cette technique que nous avons dû rapidement abandonner, en raison de ses inconvénients. Il arrive, pour des groupes très mobiles, que la réaction soit instantanée et que, dans d'autres cas, celle-ci se complique de réactions secondaires fort gênantes. Nous avons préféré substituer l'action de la soude, qui est plus douce, à celle trop brutale du méthylate de sodium. Au lieu de doser l'excès de soude, nous titrons après réaction la quantité de nitrite formée.

Pour ce faire, on mettra par exemple 1$^g$ de produit en présence d'une quantité de soude double de celle qui est nécessaire pour éliminer un groupe nitré. D'une part, cette quantité est dissoute dans une petite proportion d'eau ou d'alcool (selon la solubilité du produit essayé). D'autre part, le produit est dissous dans les mêmes conditions. On mélange alors les deux solutions et l'on complète à un volume déterminé, 40$^{cm^3}$ par exemple, en notant très exactement

(¹) Document retiré du pli cacheté n° 12577, déposé le 11 juillet 1949, ouvert à la demande des auteurs le 12 février 1951.

(²) R. Lecoq, P. Landrin et J. Solomidès, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1385 et *Acad. Pharmacie*, 1949.

le temps où le mélange est effectué. On répartit ensuite le liquide en 10 tubes; puis, au bout de temps échelonnés, on acidifie avec ClH et l'on ajoute un excès d'iodure de potassium. L'iode libéré sous l'action du nitrite est dosé par une solution titrée d'hyposulfite de sodium. Les résultats sont exprimés en pourcentage de départ d'un groupe $NO_2$ après des temps déterminés.

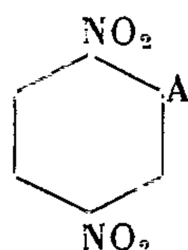
Parallèlement à ces mesures, qui furent effectuées sur la liste des produits ci-après, nous avons déterminé les dilutions inhibitrices agissant sur des souches sélectionnées de bacille tuberculeux humain et de streptocoques selon les techniques que nous avons précédemment utilisées et précisées. Les résultats obtenus sont schématisés dans le tableau suivant :

| Nom du produit. | Pourcentage de départ d'un groupe $NO_2$ au bout de 60 minutes. | Dilutions inhibitrices sur Bacille de Koch. | Dilutions inhibitrices sur Streptocoque. |
|---|---|---|---|
| 2.4-dinitrophénol........... | 7,3 | 1/ 100 000 | 1/ 10 000 |
| 2.5 » ........... | 57 | 1/1 000 000 | 1/ 200 000 |
| 3.4 » ........... | 9,2 | 1/ 100 000 | 1/ 10 000 |
| 3.5 » ........... | 9,2 | 1/ 100 000 | 1/ 30 000 |
| Acide 2.5-dinitrobenzoïque... | 0 | inf. à 1/ 10 000 | 1/ 1 000 |
| » 3.5 » ... | 0 | inf. à 1/ 10 000 | inf. à 1/ 10 000 |
| 1.3-dinitrobenzène.......... | 0 | 1/ 200 000 | 1/ 30 000 |
| 1.4 » .......... | 0 | 1/ 300 000 | 1/ 300 000 |
| 1.3.5-trinitrobenzène....... | 13 | 1/ 500 000 | 1/1 000 000 |

Les deux premières séries de déterminations furent pratiquées en solution aqueuse, la dernière en solution alcoolique. Précisons que les mesures, faites après 60 minutes pour les dinitrobenzènes, ont été effectuées à nouveau après 3 jours et ont donné les chiffres de 9,9 pour le 1.3 et de 29,7 pour le 1.4.

A la lecture de ce tableau, on constate qu'il existe un rapport très net entre la mobilité d'un groupe $NO_2$ et l'activité antibiotique. En outre, la position 1.4 apparaît la plus favorable pour les dérivés dinitrés. Si, dans un tel dérivé, on place en 2 un groupement électro-négatif (comme dans le 2.5-dinitrophénol), il semble qu'on augmente la mobilité et par suite la puissance bactériostatique.

C'est ainsi que nous avons été conduits à fabriquer des corps de formule générale :




dans lesquels A peut être un groupement phénol, amine, acide α-éthylénique ou un de leurs dérivés, un alkyl, un halogène, etc.

Parmi ceux-ci, nous avons déjà étudié le 2.5-dinitroacétanilide et le

2.5-dinitrochlorobenzène, ils se sont révélés tous deux grandement actifs. Les dilutions inhibitrices actives sur le bacille de Koch furent respectivement de $1/10^6$ et de $1/5.10^{10}$. Malheureusement, ces produits sont de préparation extrêmement difficile; ils ont cependant l'avantage de venir confirmer notre hypothèse et de montrer qu'elle correspond vraisemblablement à une loi très générale. Le dinitrochlorobenzène, dont l'activité est particulièrement élevée, joint sans doute à la mobilité d'un groupe nitré celle du groupe chloré.

*Conclusions.* — L'activité antibiotique des dérivés du benzène paraît liée à la position des groupes nitrés et en rapport étroit avec leur mobilité.

Cette loi générale permet déjà d'envisager une série de produits bactériostatiques di ou trinitrés. La position 1.4 des produits dinitrés paraît la plus favorable, quand on introduit en 2 un groupement électronégatif. Le 2.5-dinitrochlorobenzène se montre, en particulier, doué d'une activité antibiotique considérable.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité biologique des combinaisons streptomycine-acides gras* (1). Note de MM. **François Gros**, **Michel Macheboeuf**, **Mirko Beljanski**, Mme **Françoise Grumbach** et M. **Fernand Boyer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons montré que la streptomycine se combine avec diverses substances : acides gras, acide usnique, héparine, phospholipides, etc. (2), (3). L'étude biologique de ces combinaisons n'étant pas faite, nous l'avons entreprise dans le cas des acides gras.

Préparation de la combinaison streptomycine-acide oléique. — Mélanger $10^{ml}$ d'une solution de sulfate de streptomycine à 10% avec $22^{ml}$ d'une solution d'oléate de sodium à 2%. Le précipité formé est recueilli, puis lavé à l'eau. La combinaison contient $4^{mol}$ d'acide oléique pour une de streptomycine. La constitution est constante tant qu'il reste un excès de streptomycine en solution. La combinaison est donc bien définie. F (décomposition) 160 à 170°. Nous dénommons ce produit *oléostreptomycine* (*O. S. M.*). L'étude fut effectuée avec des solutions dans le propylèneglycol (stables à froid, se décomposent à 100°). Lorsqu'une telle solution est ajoutée au milieu de culture, l'*O. S. M.* forme une émultion stable très fine (simple opalescence si dilution suffisante).

Activité bactériostatique *in vitro*. — On compare les activités de solutions équimoléculaires de *O. S. M.* et de sulfate de dihydrostreptomycine (*D. H. S.*). Les titrages sont effectués par la méthode des dilutions. Pour *Staphylococcus*

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12766 déposé le 27 novembre 1950, ouvert à la demande des auteurs le 22 janvier 1951.

(2) Rybak et Gros, *Experientia*, 4, 1948, p. 346.

(3) Rybak, Grumbach et Gros, *Ann. Inst. Past.*, 77, 1949, p. 237.

*aureus*, *Escherischia coli* et *Diplococcus pneumoniæ*, le pouvoir antibiotique de *O. S. M.* est supérieur à 20 % en moyenne à celui de *D. H. S.* Pour *Mycobacterium tuberculosis* (milieu de Dubos ou de Youmans) le pouvoir antibiotique est identique à celui de *D. H. S.* (Propylèneglycol et oléate aux concentrations qu'ils ont ici n'ont pas d'action décelable sur les cultures témoins). Ces résultats sont en accord avec une récente observation de Bailey ([4]) d'après laquelle les savons simplement ajoutés au milieu de culture renforcent l'action de la streptomycine, mais Bailey n'a pas envisagé la formation de combinaison entre acides gras et antibiotiques.

ACTIVITÉ *in vivo*. — Étude effectuée sur la Souris; *O. S. M.* injecté en solution dans le propylène-glycol sans utiliser plus de $0^{ml},3$ par animal.

1° *Toxicité aiguë* (une seule injection par animal) :

| Doses équivalentes de streptomycine-base (µg/g). | *D. H. S.* | *O. S. M.* |
|---|---|---|
| 750 | Choc violent<br>Mortalité 20 % | Pas de symptôme<br>Mortalité 0 |
| 1000 | Mortalité 100 % en moins de 4 heures | Pas de symptôme<br>Mortalité 0 |
| 2000 | Mortalité 100 % en moins de 4 heures | Légère excitation<br>Mortalité 0 |

2° *Toxicité chronique*. — Six injections (une par jour) de *O. S. M.* équivalentes chacune à $1600^{\mu g}$ de streptomycine par gramme d'animal sont bien tolérées (mortalité nulle, faible perte de poids). Or chacune de ces injections aurait représenté 1,6, dose léthale 100 % pour *D. H. S.*

3° *Vitesse d'élimination*. — On titre le pouvoir antibiotique du sérum de Lapins [méthode ([5])] à des temps divers après une injection équivalente à $100^{\mu g}$ de streptomycine par gramme. Les résultats sont, une heure après l'injection (équivalence en *D. H. S.*) : 150 µg/ml pour *D. H. S.* injecté en solution aqueuse, 400 µg/ml pour *D. H. S.* en suspension dans le propylène-glycol, 30 µg/ml pour *O. S. M.* dans ce glycol.

Après 24 heures, on ne décèle plus d'activité du sérum dans le cas de *D. H. S.*, tandis que pour *O. S. M.*, on observe encore une forte activité (10 µg/ml) qui se maintient 2 jours, puis baisse lentement (2,5 µg/ml le quatrième jour). *Le fait de combiner la streptomycine à l'acide oléique a donc un effet retard considérable;* il limite en outre l'élévation dangereuse de la teneur du sang en antibiotique dans l'heure qui suit l'injection.

4° *Essais thérapeutiques :* Expériences sur la Souris. — *a. Mycobacterium tuberculosis* (Souche H 37). — L'infection, puis l'examen des lésions au

([4]) BAILEY et CAVALLITO et al., *Journal of Bacteriology*, 60, 1950, p. 269.
([5]) CHABBERT et SUREAU, *Ann. Inst. Past.* 73, 1947, p. 1142.

21e jour furent effectués selon Dubos. Chez les témoins, la mortalité est 30 % et les survivants ont des lésions considérables. Dans le lot traité par *D. H. S.* et le lot traité par *O. S. M.* (1mg streptomycine-base par animal chaque jour) : mortalité nulle, lésions très peu développées, situation identique des deux lots.

*b. Diplococcus pneumoniæ.* — Chaque Souris reçoit 5000 doses mortelles de bactéries, puis on compare l'action de *O. S. M.* et de *D. H. S.* Les doses sont équivalentes à 50µg streptomycine-base par animal et par jour pendant 3 jours. Chez les témoins, la mortalité est 100 % à la 48e heure. Chez les animaux traités, la survie moyenne est égale pour *O. S. M.* et *D. H. S.* (survie 70 % après 4 jours).

Nous avons obtenu des combinaisons comparables entre la streptomycine et d'autres acides (undécylénique, isolinoléique, hydnocarpique, etc.)

CONCLUSIONS : La combinaison formée dans la proportion de 4mol d'acide oléique pour une de streptomycine est beaucoup moins toxique que la streptomycine qu'elle contient et même que la dihydrostreptomycine et cependant son pouvoir bactériostatique *in vitro* ainsi que son action curative chez la Souris (Bacille tuberculeux et Friedlander) sont pratiquement égales à celles de la dihydrostreptomycine.

PHARMACODYNAMIE. — *Action du* S *gaiazulène sur la fibre utérine.* Note de MM. **Fernand Caujolle** et **Édouard Stanilas**, présentée par M. Léon Binet.

Les carbures azuléniques présentent une structure cyclopentènocycloheptènique d'un type sans équivalent parmi les substances de haute signification biologique jusqu'ici connues. Un diméthylisopropyl azulène, désigné sous le nom de S gaiazulène, le diméthyl-4.9 isopropyl-7 bicyclo-1.5 décapentène-1.3.5.7.9 a été mis à notre disposition dans un grand état de pureté, par M. Naves.

L'un de nous a précédemment indiqué les effets exercés par le S gaiazulène sur l'intestin isolé de cobaye [1]. Nous avons étendu nos investigations à la corne utérine isolée de cobaye.

Les organes prélevés après la mort par section du cou étaient gardés en survie à 38°, dans une solution de tyrode oxygénée.

L'insolubilité du S gaiazulène dans l'eau nous a contraints à utiliser un solvant intermédiaire, le monolaurate de polyoxyméthylène sorbitan ou tween 20. Cette solution peut être ensuite diluée facilement dans l'eau. La solution diluée est stable, elle répond à la formule : S gaiazulène $2^{cm^3}$, tween 20, $1^{cm^3}$, $H_2O$ bidistillée q. s. $1000^{cm^3}$.

---

(1) E. Stanislas, 69e *Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, Toulouse, septembre 1950.

Dans des expériences préliminaires, nous avons vérifié que le tween 20 est inactif sur la contractilité de la fibre utérine aux concentrations comprises entre 0,1 °/₀₀ et 2 °/₀₀.

A la concentration de $10^{-5}$, le S gaiazulène détermine de façon constante des effets nets; au-dessous de cette concentration, des effets appréciables peuvent encore être mis en évidence avec certains organes de grande réceptivité.

Nous avons considéré les réponses d'organes prélevés sur des cobayes impubères et pubères, et sur des souris gestantes *in vivo*.

1° *Utérus de cobaye impubère*. — Les cornes utérines isolées des cobayes impubères n'ont pas généralement de contractions spontanées; l'action du S gaiazulène se manifeste sur ces organes en déterminant une contraction extrêmement rapide et de très grande amplitude (*fig.* 1).

2° *Utérus de cobaye pubère*. — On sait que chez ces cobayes l'utérus, en survie, est le siège de contractions spontanées, sans périodicité nette. Selon la corne utérine mise en expérimentation, ou bien le rythme de la motricité sera à peu près seul affecté, ou bien le rythme moteur et le tonus des fibres seront simultanément modifiés.

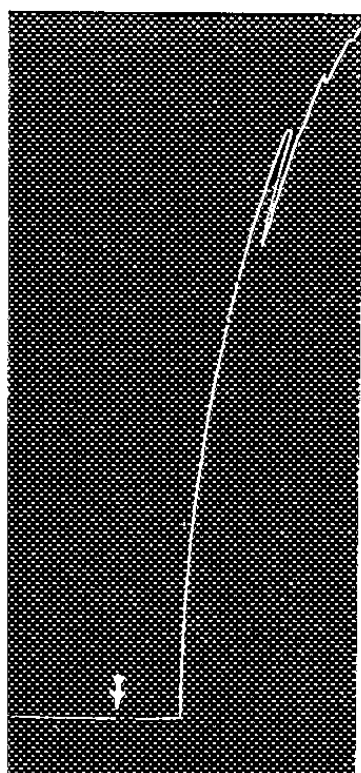


Fig. 1.

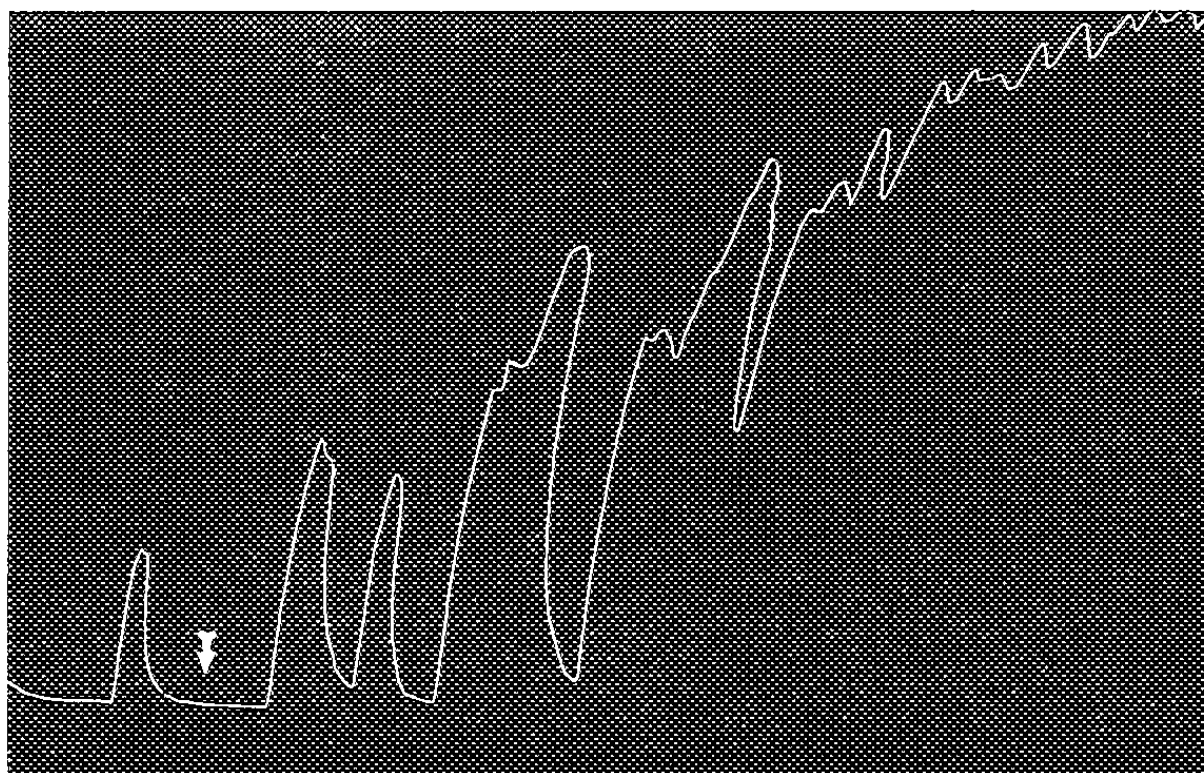


Fig. 2.

Fig. 1. — Cobaye impubère; en ↓ S gaiazulène $10^{-5}$.

Fig. 2. — Cobaye pubère; en ↓ S gaiazulène $10^{-5}$; augmentation de la fréquence des contractions et élévation du tonus des fibres.

La fréquence des contractions est toujours immédiatement accrue; leur amplitude n'est modifiée que si il y a une variation du tonus des fibres. Les variations observées se font toujours dans le sens d'une contraction plus soutenue. L'élévation du tonus s'établit progressivement.

Parfois, la présence d'azulène dans le milieu de survie, aux mêmes concentrations qui produisent les effets précédemment décrits, détermine l'apparition

de contractions très amples, suivies de relâchements de moins en moins accusés et tels que l'organe demeure en contracture (*fig.* 2).

Nous avons constaté qu'il s'établit pour certains organes, immédiatement ou après un certain temps de contact, une succession de contractions qui, à leur maximum d'intensité, donnent une courbe d'enregistrement affectant l'allure d'un palier (*fig.* 3).

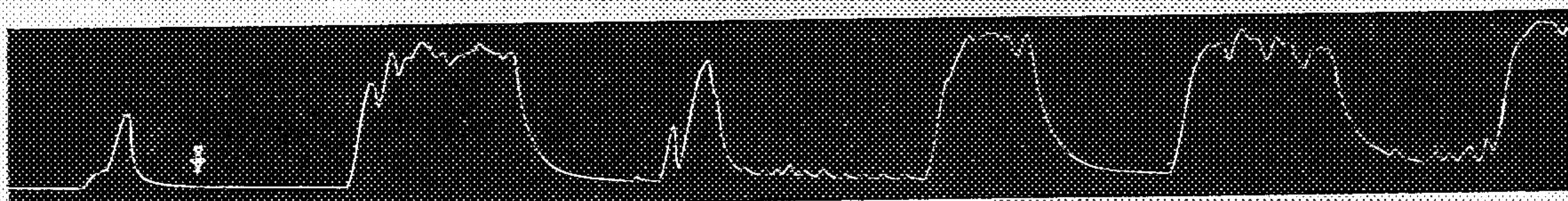


Fig. 3. — Cobaye pubère; en ↓ S gaiazulène $10^{-4}$ : contractions rythmiques.

3° *Action abortive sur la Souris.* — Nous avons administré une solution huileuse de S gaiazulène à 50 % par voie intrapéritonéale, à des souris gestantes depuis des temps variables. Presque toutes les injections ont été suivies d'avortement, mais beaucoup d'animaux sont morts au cours de la mise bas, surtout quand le ou les fœtus ne naissaient pas viables. D'autres femelles ont avorté par échelon; ainsi une souris a d'abord rejeté cinq souriceaux qui ont survécu normalement puis, quatre jours plus tard, trois autres fœtus qui semblent être nés au terme normal de la gestation.

L'action du S gaiazulène pourrait peut être expliquer les effets abortifs de certaines préparations végétales, telles que l'absinthe, riches en essences azuléniques.

PHARMACODYNAMIE. — *Antagonisme entre l'action curarisante [triiodo éthylate de tri (β-diéthylaminométhoxyl)-1.2.3 benzène] et l'action curariforme (iodure de tétraméthylammonium, acétylcholine, dibromure de décaméthylène bis-triméthylammonium et prostigmine).* Note de Mlle France Depierre, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les curarisants de synthèse (type 2559 F ou flaxédil) qui provoquent un bloc neuro-musculaire comme la *d*-tubocurarine en prévenant l'action excitante de l'acétylcholine au niveau de la jonction myoneurale, manifestent un antagonisme réciproque vis-à-vis des substances qui interrompent la transmission neuro-musculaire par une action acétylcholinique (type décaméthonium, tétraméthylammonium et prostigmine).

Nous savons que toute une série de corps [1] [2] manifestent, à des doses voisines, des propriétés soit curariformes, soit décurarisantes suivant qu'ils sont administrés à l'animal normal ou curarisé. Nous avons essayé d'élucider

(1) W. C. Wescoe, W. F. Riker et M. J. Brothers, *J. Pharmacol*, 97, 1949, p. 190.
(2) F. Depierre et A. Funcke, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2242.

cette dualité d'action en étudiant les interactions entre la plus simple de ces substances, l'iodure de tétraméthylammonium (TMA) et le triiodoéthylate de tri (β-diéthylaminométhoxy)-1.2.3 benzène (2559 F ou flaxedil) dont l'action curarisante est analogue à celle de la *d*-tubocurarine ([3]). Nous avons également étendu ces observations à la prostigmine, à l'acétylcholine elle-même et au dibromure de décaméthylène bis-triméthylammonium (décaméthonium ou C-10).

Nous avons déjà montré ([2]) que le TMA administré au Chat chloralosé, est capable de restaurer la transmission sciatique-gastrocnémien préalablement abolie par le flaxedil; inversement la paralysie provoquée par le TMA est supprimée par le flaxedil; dans ce dernier cas, la décurarisation est complète et définitive alors que dans le premier, elle était le plus souvent transitoire. Ni le chlorure de potassium, ni la prostigmine ne lèvent le bloc provoqué par le TMA. Les propriétés de la prostigmine, abstraction faite de son pouvoir anticholinestérasique, rappellent celles du TMA; en effet, on sait ([3]) que ce corps décurarise l'animal traité par le flaxedil ([3]) et que le chlorure de potassium ([4]) n'antagonise pas son action curariforme. Nos expériences nous ont montré que cette action curariforme apparaît, comme pour le TMA, à la dose de 0,5 à 1 mg/kg et qu'elle est également inhibée par le flaxedil; ici encore la dose efficace de flaxedil est le 1/10 de sa dose curarisante; un effet analogue a déjà été décrit avec le curare ([5]). Il a été observé ([6]) qu'après la prostigmine, l'acétylcholine est capable de restaurer l'excitabilité indirecte supprimée par le curare et qu'inversement ([7]) le curare peut empêcher une dépression neuromusculaire provoquée par l'acétylcholine; le flaxedil semble aussi abréger la durée de la paralysie neuromusculaire provoquée par l'acétylcholine chez l'animal prostigminisé.

Paton et Zaimis ont montré ([8]) que l'action curariforme du C-10 n'est pas antagonisée par le chlorure de potassium et la prostigmine. Ces auteurs pensent que cette action sur le muscle strié serait analogue à celle d'une acétylcholine non hydrolysable ([8]), ([9]); ils ont constaté que la *d*-tubocurarine ou le flaxedil, injecté avant le C-10, inhibait l'action curariforme de celui-ci mais ils n'ont pu mettre en évidence l'antagonisme de l'action du flaxedil par le C-10. Nos conditions expérimentales nous ont permis d'observer que cet antagonisme existe en réalité : le bloc neuromusculaire provoqué par le flaxedil sur le

---

([3]) D. Bovet, F. Depierre, S. Courvoisier et Y. de Lestrange, *Arch. inter. Pharm. Ther.*, 80, 1949, p. 172.

([4]) A. Schweitzer et S. Wright, *J. Physiol.*, 89, 1937, p. 384.

([5]) G. Briscoe, *Lancet*, 1, 1936, p. 469.

([6]) A. T. Wilson et. S. Wright, *Quater. J. exper. Physiol.*, 26, 1937, p. 27.

([7]) G. Briscoe, *J. Physiol.*, 87, 1936, p. 425.

([8]) *Brit. J. Pharmacol.*, 4, 1949, p. 381.

([9]) G. A. Buttle et E.-J. Zaimis. *J. Pharm. et Pharmacol.*, 1, 1949, p. 991.

sciatique gastrocnémien du Chat chloralosé est supprimé par le C-10 et, inversement, le flaxedil lève le bloc provoqué par le C-10; ici encore la dose efficace du flaxedil est égale au 1/10 de la dose curarisante. Dans le premier cas l'action du C-10 ne persiste pas, alors que celle du flaxedil peut durer plusieurs heures; cela explique pourquoi, préventivement, seule l'action du flaxedil a pu être mise en évidence par Paton et Zaimis ([8]).

La dose de flaxedil qui antagonise l'action curariforme du TMA, de la prostigmine, de l'acétylcholine et du C-10 étant la même et égale au 1/10 de sa dose curarisante, nous nous demandons si cette dose ne correspondrait pas à l'action « lissive » décrite par West ([10]) pour les agents curarisants.

Les propriétés du TMA, de la prostigmine et du C-10 s'opposent donc à celles du flaxedil sur le muscle strié; toutefois l'iodure de tétraéthylammonium décurarise également la préparation sciatique-gastrocnémien du Chat chloralosé traité par l'un ou l'autre de ces agents.

L'interprétation la plus plausible de nos résultats est que les substances curarisantes (flaxedil) sont capables de s'opposer, non seulement à l'action excitante de l'acétylcholine sur le muscle strié, mais aussi à l'effet paralysant de ce corps (action curariforme). Certains auteurs ont déjà émis cette hypothèse ([11]); cet antagonisme s'exercerait vis-à-vis de toutes les substances qui se comportent comme l'acétylcholine sur la jonction myoneurale, ce qui est le cas de la prostigmine ([11]), du TMA et du C-10; en effet Paton et Zaimis ([8]), ([9]) ont mis en évidence l'analogie d'action de l'acétylcholine, du TMA et du C-10. Nos résultats confirment les leurs mais, contrairement à ces auteurs, nous avons pu observer un antagonisme réciproque entre le flaxedil et le décaméthonium, ce qui nous permet de penser que le point d'action de ces deux corps est le même.

Les activités curariformes de la prostigmine et du TMA étant voisines, il ne nous paraît pas nécessaire de faire intervenir les propriétés anticholinestérasiques intenses de la prostigmine pour expliquer cette activité.

MICROBIOLOGIE. — *Synergie de l'activité thérapeutique antituberculeuse de l'association entre la β-pyridine-aldéhyde-thiosemicarbazone* (G 469) *et la dihydrostreptomycine*. Note de MM. **Constantin Levaditi, André Girard, Aron Vaisman, André Ray** et M^me **Henriette Chaigneau-Erhard**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons récemment attiré l'attention sur l'activité curative antituberculeuse de la β-pyridine-aldéhyde-thiosemicarbazone (G 469) chez la Souris

([10]) *Arch. int. Pharm. Ther.*, 50, 1937, p. 81.
([11]) W. F. Riker, J. C. Wescoe et M. Brothers, *J. Pharmacol.*, 97, 1949, p. 208.

tuberculisée par voie intraveineuse ([1]). Cette activité s'est révélée nettement supérieure à celle du Tb I de Domagk ([2]), ([3]) (*p*-acétylamino-benzaldéhyde-thiosemicarbazone) et équivalente à celle de la streptomycine. Nous nous sommes demandé si, du point de vue curatif, une synergie existait entre le G 469, d'une part, et la streptomycine, de l'autre; en d'autres termes si l'effet thérapeutique de ces deux médicaments associés dépassait manifestement celui de chacun d'eux utilisé séparément. C'est afin de répondre à cette question, dont l'importance pratique n'est pas discutable, que nous avons effectué les essais qui font l'objet de la présente Note.

*Technique.* — Des souris sont contaminées avec la souche H 512 de bacilles tuberculeux (injection intraveineuse de $1^{mg}$ d'une culture sur Löwenstein âgée de trois semaines). Un *premier lot* sert de témoin non traité. Un *second* est traité, par voie sous-cutanée, par une dose journalière de 500 U par $20^{g}$ de dihydrostreptomycine (Specia), dose qui, dans nos recherches antérieures, s'est révélée la dose limite douée d'une certaine activité antibacillaire. Un *troisième lot* reçoit quotidiennement *per os* $0^{mg},5$ par $20^{g}$ de G 469, dose très faiblement efficiente (*voir* nos travaux antérieurs). Enfin, un *quatrième lot* est traité journellement, et par les mêmes voies, avec une association de dihydrostreptomycine (500 U) et de G 469 ($0^{mg},5$). On note l'incidence des décès et on sacrifie les animaux survivants le 36$^{e}$ jour. Examens histo-pathologiques des organes (en particulier du tissu pulmonaire) et appréciation de la teneur bacillaire du poumon (sur coupes). Même notation des résultats, entre 0 et ∞, que dans nos investigations précédentes.

RÉSULTATS. — *Souris témoins.* — *Mortalité* (entre le 15$^{e}$ et le 35$^{e}$ jour) : 80 % ; *survie* : 20 % (le 36$^{e}$ jour).

*Lésions pulmonaires* : +, 5 % ; ++ à ∞, 95 %.
*Taux bacillaire* (*poumon*) : 0 à +— 10 % ; ++ à ∞, 90 %.
*Donc, infection massive et généralement mortelle.*

2° *Souris traitées par la dihydrostreptomycine.* — Dose totale reçue par les souris survivantes : 13 500 U par $20^{g}$.

*Mortalité* : 0 % ; *survie* : 100 %.
*Lésions pulmonaires* : +—, 5 % ; +++ à ∞, 95 %.
*Taux bacillaire* (*poumon*) : +—— à +— 35 %; + à ∞, 65 % (entre ++ et ∞, 55 %).
A signaler l'intensité des lésions pulmonaires (+++ à ∞, 95 %) et le taux bacillaire également élevé du poumon (+ à ∞, 65 %).

*Donc, la dose quotidienne de* 500 U *de dihydrostreptomycine par* $20^{g}$ *est juste à la limite de l'activité curative antibacillaire de ce médicament* (*en dépit de la survie des animaux le* 36$^{e}$ *jour*).

---

([1]) C. LEVADITI, A. GIRARD, A. VAISMAN et A. RAY, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1174.
([2]) DOMAGK, BENISCH, MIETZSCH et SCHMIDT, *Chemotherapie*, 1950, Stuttgart.
([3]) C. LEVADITI, A. GIRARD, A. VAISMAN et A. RAY, *C. R. Soc. Biol.*, janvier 1951 (sous presse).

3° *Souris traitées par le* G 469. — Dose totale reçue par les souris survivantes : $13^{mg},5$.

*Mortalité* (entre le 19ᵉ et le 35ᵉ jour) : 50 % ; *survie* : 50 %.
*Lésions pulmonaires* : entre + + et ∞, 100 %.
*Taux bacillaire* (*poumon*) : + —, 5 % ; + à ∞, 95 % (entre + + + et ∞, 90 %).

On conclura que *le* G 469, *à la dose quotidienne de* $0^{mg},5$ *par* $20^{g}$, *se révèle faiblement actif* (*mortalité* 50 %, *contre* 80 % *chez les témoins; bacillose identique dans les deux cas*). *Ajoutons que les chiffres ci-dessus se rapprochent sensiblement de ceux enregistrés antérieurement* ([3]).

4° *Souris traitées par l'association dihydrostreptomycine* (500 U) *et* G 469 ($0^{mg},5$). — Doses totales reçues par les sujets survivants : 13 500 U de dihydrostreptomycine et $13^{mg},5$ de G 469.

*Mortalité* (entre le 14ᵉ et le 30ᵉ jour) : 15 %. Les animaux décédés ne sont pas morts de tuberculose, mais accidentellement. En fait, *la mortalité spécifique est de l'ordre de* 0 % (*survie* : 100 %).
*Lésions pulmonaires* : 0 à + — —, 50 % ; + à + + +, 50 %.
*Taux bacillaire* (*poumon*) : 0 à — —, 85 % ; + à + +, 15 %.

Les lésions offraient, dans la plupart des cas, les caractères cicatriciels qui traduisent l'effet des doses réellement efficientes de streptomycine (1000 à 2000 U par $20^{g}$), à savoir la présence de tout petits follicules lymphocytaires plus ou moins riches en cellules granulo-adipeuses, lesquelles renferment des bacilles involués et hypochromatiques.

Conclusions générales. — *Lorsqu'on traite des souris tuberculisées par une association de* G 469 *et de dihydrostreptomycine, les résultats obtenus sont supérieurs à ceux fournis par ces deux médications utilisées séparément aux mêmes doses, alors inopérantes ou faiblement efficientes.*

A $15^{h}45^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}45^{m}$.

R. C.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 26 FÉVRIER 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Émilio Segré**, Professeur à l'Université de Californie, et **Carlos Chagas**, Professeur à l'Université du Brésil (Rio de Janeiro), qui assistent à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Georges Denigès**, Correspondant pour la Section de Chimie, survenu le 20 février 1951.

### *Notice nécrologique sur* Georges Denigès,
par M. **Maurice Javillier**.

L'une des plus marquantes figures de la Chimie analytique et de la Biochimie vient de disparaître. Georges Denigès, Correspondant de l'Académie pour la Section de Chimie, Professeur honoraire à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux, est mort le 20 février dans sa 92e année.

Dès l'âge de 20 ans, Denigès se passionne pour la Chimie expérimentale et publie déjà ses premiers essais. Il conquiert les grades de Docteur en Médecine, Pharmacien supérieur, Docteur ès sciences. Il passe par tous les stades de la hiérarchie universitaire : préparateur, chef de travaux, agrégé, chargé de cours, enfin professeur dans la chaire de Chimie biologique et médicale fondée en 1898 à son intention.

Il est difficile de rendre compte d'une carrière scientifique aussi nourrie que fut celle de Denigès. Dès qu'il est aux prises avec les difficultés de l'enseignement, il recherche, pour les ions même usuels, des réactions fines, spécifiques, d'exécution simple, pour que ses élèves aboutissent à des identifications sûres. Un exemple : pour le chlore, il tire parti de la propriété qu'ont les hypochlorites de donner avec un mélange d'aniline et phénol un indo-

phénol bleu. Dans l'atmosphère du tube à essai où l'on traite un chlorure par l'acide sulfurique en présence de permanganate, on capte, au moyen d'une baguette de verre imprégnée de soude, un peu du chlore qui se dégage; celui-ci se transforme en chlorure et hypochlorite; la baguette portée dans l'aniline phéniquée produit la réaction caractéristique.

Denigès établit pour brome et iode, pour soufre, sélénium, tellure et leurs dérivés oxygénés, pour les produits d'oxydation de phosphore, antimoine, bismuth, pour les ions sodium, potassium, calcium, baryum, strontium, magnésium, fer, nickel, cobalt, manganèse, cuivre, argent, plomb, mercure, des réactions élégantes et fines.

Il en est de même pour une foule de composés organiques, biologiques notamment, dont l'identification est demandée à des réactions colorées ou à des microcristaux caractéristiques. Un exemple : l'alloxane donne de l'oxaluramide peu soluble lorsqu'on la met en présence d'ammoniaque et de cyanure, ce dernier agissant comme catalyseur. Or le composé obtenu a un aspect cristallin très spécial. Denigès utilise ces faits à la caractérisation de l'acide cyanhydrique. D'un seul haricot à glucoside cyanogénétique, l'on peut faire dégager plus d'acide cyanhydrique qu'il n'en faut pour obtenir, dans les conditions opportunes, les cristaux d'oxaluramide et caractériser par là le nitrile formique.

Pour un nombre considérable de principes intéressant la Chimie végétale ou médicale, Denigès a ainsi donné de délicates et ingénieuses méthodes d'identification. Il fallait pour arriver à un tel résultat une connaissance profonde de la Chimie et un exceptionnel talent de mise en œuvre des réactions.

Énoncer ces travaux, s'inspirant d'une même pensée, mais un peu dépourvus de lien les uns avec les autres, c'est donner une inexacte idée de l'œuvre de Denigès. Il a, en fait, poursuivi une série de recherches systématiques et de longue haleine, dont je cite quelques-unes : *l'acidité urinaire* (thèse de Médecine); *les lactoses* (thèse de Pharmacie); *combinaisons des sulfites et autres sels avec les amines aromatiques* (thèse de Sciences); la *méthode cyanimétrique* et ses applications (dosages de l'argent, des chlorures, bromures, iodures, iodates, de l'iode organique, des composés xanthouriques, de la théobromine, de l'hydroxylamine, de l'arsenic, et, par des voies détournées, du mercure, des protéines, etc.); obtention de *nouvelles combinaisons mercuro-organiques* (par action du sulfate de mercure sur les carbures éthyléniques et thiophéniques, sur divers aldéhydes et cétones) et applications (diagnose de divers carbures et alcools, dosage de l'acétone et de substances génératrices d'acétone, du thiophène, etc.); la *méthode chronométrique*, basée sur la relation entre la concentration d'une substance et le délai d'apparition d'un louche dû, en de certaines conditions, à une réac-

tion d'insolubilisation (dosage de formol, acétone, acide malonique, etc.); *diagnose des alcools*, notamment des polyalcools, par transformation en composés aldéhydiques ou cétoniques donnant des combinaisons hydraziniques facilement identifiables; la *céruléo-molybdométrie*, basée sur la formation d'un oxyde bleu de molybdène et de ses combinaisons avec les acides phosphorique et arsénique; *l'acide azothydrique* $N_3H$ et ses rapports avec les acides halogénés binaires; *le groupe trimercurique* $HgX_2Hg_2$ dans les combinaisons complexes du mercure; *l'intoxication arsenicale*, etc.

Il est vraiment impossible, dans une brève notice, de donner une idée d'une œuvre aussi variée, qui a donné lieu à environ 600 notes ou mémoires.

Après avoir brillamment consacré 50 ans à l'enseignement et à la recherche, G. Denigès, admis à la retraite, a continué à travailler dans son laboratoire personnel. Membre non résidant de l'Académie de Médecine, il avait été élu, en 1937, Correspondant de notre Compagnie. Il avait été mis sur les rangs pour une place de Membre non résidant.

Son œuvre vaut non seulement par la multiplicité des faits découverts et des méthodes instituées, mais par quelque chose de plus haut. Denigès fut un précurseur dans le domaine de la Microchimie, qui donne au Biochimiste et au Médecin des moyens d'enquête d'une si belle fécondité. Il n'est peut-être pas de chimiste de ce temps qui n'ait eu l'occasion de mettre en œuvre quelqu'une de ses méthodes et on le pouvait faire avec confiance et sécurité, car c'était un technicien d'une éminente valeur. Il n'est pas non plus d'homme de laboratoire ou d'étudiant-chimiste qui n'ait eu entre les mains son Précis de Chimie analytique, si plein de faits, si clair, si riche en idées générales dans un domaine où beaucoup pensent à tort qu'il n'y a place que pour des détails techniques.

Denigès était un homme simple, modeste, désintéressé, qui a sacrifié beaucoup de ses propres moyens matériels à l'exécution de ses travaux; il était éloigné de toute intrigue et même de tout désir de faire telle légitime démarche pouvant servir sa carrière.

Il a conservé jusqu'à ses derniers jours un esprit admirablement actif et clair, un jugement pénétrant sur les hommes, qui s'alliait à une parfaite bienveillance. Il quitte ce monde, entouré du respect et de l'estime de tous. Il a gagné sa dernière demeure dans la stricte simplicité voulue par lui.

A ses enfants, petits-enfants et arrière-petits-enfants, Madame et le Professeur Louis Chelle, Madame et le Docteur Jean Chelle et leur famille, à l'Université de Bordeaux, j'adresse l'expression de notre très vive sympathie.

RADIO-ENDOCRINOLOGIE. — *Sur la pénétration de la thyroxine dans le lobe postérieur de l'hypophyse.* Note de MM. **Robert Courrier**, **Alain Horeau**, **Maurice Marois** et **François Morel**.

Nous avons constaté antérieurement (1) que l'iode ionique et l'iode thyroxinien se comportent d'une façon différente à l'égard de l'hypophyse du Lapin. Nous avions conclu qu'il est vraisemblable que la thyroxine pénètre dans cet organe de façon élective. Nous apportons une confirmation de ce fait, en y ajoutant des résultats nouveaux.

Par fixation d'$I^{131}$ sur la diiodothyronine (2), nous avons obtenu une thyroxine d'une radioactivité spécifique particulièrement élevée : 30 millicuries pour $12^{mg},5$ de thyroxine; ce qui nous a permis, au moment de l'expérience, de déceler avec précision le 10/1000 de $\gamma$ (70 impulsions par minute au compteur de Geiger).

La pureté de cette thyroxine a été vérifiée de deux manières :

1° *par dilution isotopique* : on ajoute à quelques $\gamma$ de thyroxine marquée, $25^{mg}$ de thyroxine ordinaire en solution sodique, et l'on purifie à fond cet ensemble par dissolution, reprécipitation et cristallisation du sel de potassium. La mesure de la radioactivité spécifique montre que la pureté de la thyroxine marquée est supérieure à 95 % ;

2° *par radiochromatographie sur papier* : la radioactivité du chromatogramme est concentrée sur une tache unique dont la localisation est celle de la thyroxine (3).

Nous avons injecté cette thyroxine marquée par la voie veineuse à différentes espèces animales (Lapin, Cobaye, Rat, Chat, Singe, Coq). Les animaux traités sont sacrifiés deux heures après l'administration, et l'on prélève chez eux : sang, plasma, hypophyse et différents organes.

Pour pouvoir affirmer une pénétration élective de la thyroxine marquée dans l'hypophyse, il faut être sûr que la radioactivité de cette glande dépasse celle du sang et des liquides extra-cellulaires qu'elle contient. C'est certainement le cas quand le rapport des radioactivités $1^{mg}$ d'hypophyse/$1^{mg}$ de sang est plus grand que 1. Toutefois, même inférieur à 1, ce rapport laisse encore subsister la possibilité d'une pénétration plus discrète de l'hormone dans

(1) F. Joliot, R. Courrier, A. Horeau et P. Süe, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 769; R. Courrier, A. Horeau, M. Marois et F. Morel, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 935; R. Courrier, A. Horeau, J. Jacques, M. Marois, F. Morel et P. Süe, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 275.

(2) A. Horeau et P. Süe, *Bull. Soc. Chimie biologique*, **27**, 1945, p. 483.

(3) Expérience effectuée par R. Michel suivant la technique de J. Roche, M. Jutisz, S. Lissitzky et R. Michel, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 723.

l'hypophyse, puisque pour l'organisme entier nous trouvons dans ces expériences de 0,30 à 0,35 pour le rapport suivant :

$$\frac{\text{radioactivité injectée par milligramme de poids d'animal}}{\text{radioactivité trouvée par milligramme de sang}}.$$

Chez le Lapin mâle, pesant de 1,5 à 2$^{kg}$, nous avons obtenu les chiffres suivants pour le rapport des radioactivités : 1$^{mg}$ d'hypophyse/1$^{mg}$ de sang :

après injection de 25$^{\gamma}$ de thyroxine par kilogramme d'animal : 1,6 en moyenne sur cinq animaux;

après injection de 250$^{\gamma}$ de thyroxine par kilogramme d'animal : 1,8 en moyenne sur quatre animaux.

Le rapport étant plus grand que 1, l'iode thyroxinien a donc pénétré de façon élective dans l'hypophyse du Lapin. Nous pouvons affirmer que c'est bien la thyroxine marquée qui pénètre dans la glande : nous avons vérifié le fait par dilution isotopique, par chromatographie sur papier, et par extraction butylique selon le procédé classique de N. F. Blau ([4]).

Nous avons réalisé la même expérience chez des lapins ayant reçu un traitement préalable à l'hormone thyréotrope ou à un antithyroïdien (propylthiouracil). Les rapports de radioactivité obtenus ne présentent pas de différences notables quand on les compare à ceux enregistrés chez des lapins normaux; peut-être voit-on une légère diminution sous l'influence du propylthiouracil ?

*Lapins.*

| Traitement. | Dose injectée (γ/kg). | Nombre d'animaux. | Hypophyse/Sang. |
|---|---|---|---|
| Témoins | 25 | 5 | 1,6 |
| | 250 | 4 | 1,8 |
| Hormone thyréotrope | 25 | 5 | 1,8 |
| | 250 | 5 | 1,5 |
| Antithyroïdien | 25 | 5 | 1,3 |
| | 250 | 5 | 1,0 |

Nous avons répété l'expérience chez les lapins normaux, en mesurant séparément les radioactivités de l'hypophyse antérieure et de l'hypophyse postérieure. Des mâles de 2$^{kg}$ environ reçoivent 50$^{\gamma}$ de thyroxine marquée par kilogramme dans la veine marginale de l'oreille. Deux heures après l'injection, nous avons noté les résultats moyens suivants :

pour l'hypophyse antérieure, radioactivité : 1$^{mg}$ hypophyse/1$^{mg}$ sang = 0,58;

pour l'hypophyse postérieure, radioactivité : 1$^{mg}$ hypophyse/1$^{mg}$ sang = 4,38.

C'est donc dans l'hypophyse postérieure du Lapin que la thyroxine se

(4) *J. Biol. Chem.*, 110, 1935, p. 351.

concentre. Ce résultat présente sans doute une importance physiologique à souligner.

Nous avons poursuivi des recherches analogues chez d'autres espèces. Nous en indiquerons brièvement les résultats dans un second tableau :

| Espèces. | Dose de thyroxine ($\gamma$/Kg). | Anté-hypophyse / Sang | Post-hypophyse / Sang | Hypophyse totale / Sang |
|---|---|---|---|---|
| Chat | 50 | 0,42 | 0,42 | 0,42 |
| Cobaye | 150 | 0,48 | 0,47 | 0,48 |
| Rat | 150 | 0,53 | 0,85 | 0,57 |
| Coq | 150 | 0,74 | 0,93 | 0,80 |
| Singe (cercopithèque callitriche ♂) | 50 | 0,41 | 1,67 | 0,97 |
| Lapin | 50 | 0,58 | 4,38 | 1,38 |

Signalons que nous n'avons trouvé de concentration de thyroxine ni dans le testicule, ni dans la glande sous-maxillaire. Ce résultat négatif s'ajoute à ceux obtenus antérieurement (myocarde, surrénale, etc.).

*En conclusion*, parmi les organes que nous avons étudiés, le seul dans lequel la thyroxine se concentre est l'hypophyse. Mais le résultat est variable selon les espèces. Chez les animaux où nous avons décelé le phénomène, c'est dans l'hypophyse postérieure que la thyroxine pénètre davantage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude du mécanisme de la saccharification de l'aldéhyde formique sous l'influence de dérivés calciques.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Jean Peyrade.**

L'accélération du processus de saccharification du formaldéhyde par le carbonate de calcium agissant en présence d'une petite quantité de sa chaux, provient du fait que cette chaux, dans une première phase, engendre rapidement une petite quantité de sucre qui, par autocatalyse, accélère la saccharification qui se produit plus lentement dans une deuxième phase sous l'influence du carbonate de calcium.

Dans une première Note ([1]) nous avons décrit l'intervention variable des diverses formes de carbonate de calcium lors de la saccharification du formaldéhyde. Par ailleurs nous avons montré que l'addition d'un peu de chaux au carbonate dont elle est issue, hâte fortement la conversion en sucre ([2]).

L'étude a été réalisée en examinant la disparition du formaldéhyde en fonction du temps d'après les techniques déjà utilisées par l'un de nous et Claude Renaud ([3]); elle a conduit aux courbes suivantes : *courbes* 1 : consommation

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) R. Cornubert et J. Peyrade, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 600.

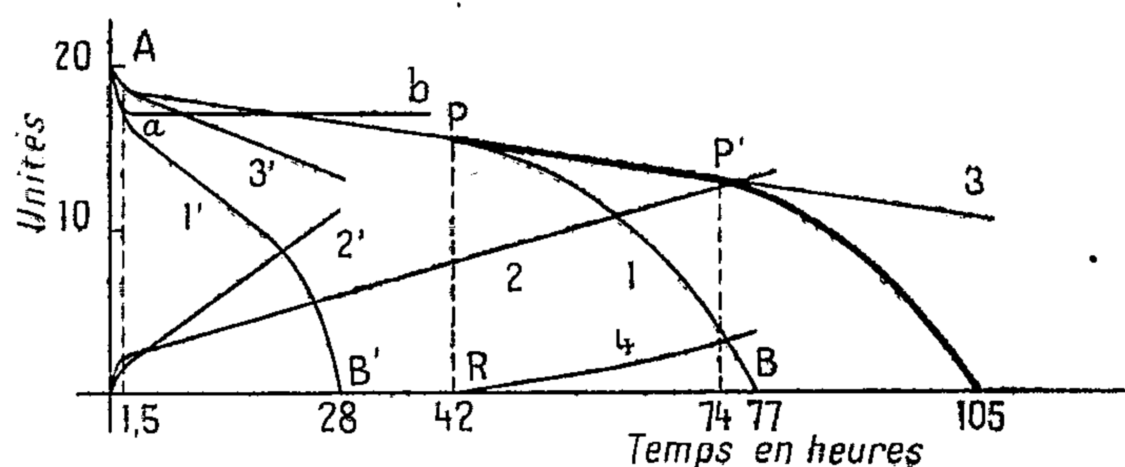
([2]) R. Cornubert, P. Anziani, A. Aubry et J. Peyrade, *Bull. Soc. chim. France*, 1947, p. 402.

([3]) R. Cornubert et Cl. Renaud, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 897.

globale de l'aldéhyde (unité : 1g H — CHO par litre); *courbes* 2 : calcium dissous (unité : 0g,2 Ca par litre), ce qui a fait connaître les *courbes* 3 (unité : 1g H — CHO par litre) donnant la quantité d'aldéhyde formique convertie par dismutation en alcool méthylique et formiate de calcium (nous avons vérifié que tout le calcium dissous se retrouve à l'état de formiate, ce qu'ont corroboré des dosages de méthanol dès l'instant où celui-ci existe en quantité suffisante); *courbes* 4 : pouvoir réducteur à froid (unité : 0cm³,2 d'hyposulfite N/10).

Toutes les expériences ici décrites ont fait employer 1 litre d'une solution de formaldéhyde à 20g par litre et il a toujours été fait usage d'un certain carbonate précipité. Elles ont été effectuées à l'ébullition.

1° *Action du seul carbonate de calcium* (10g). — On observe que la droite 3 se superpose jusqu'en P avec la courbe 1, l'abscisse de P coïncidant pratiquement avec l'apparition R du pouvoir réducteur à froid.




2° *Action de la chaux* (0g,5). — La courbe de consommation A*ab* de l'aldéhyde formique tombe jusqu'à disparition de la totalité de la chaux, qu'on retrouve à l'état de formiate; il y a simultanément production de 1g,9 de sucre. A ce moment l'évolution du système s'arrête.

3° *Action du carbonate de calcium* (9g,5) *et de sa chaux* (0g,5). — La courbe de disparition du formaldéhyde représente alors l'ensemble des deux précédentes courbes 1, la partie A*a* correspond à l'action de la chaux et la partie *a*B' à celle du carbonate de calcium.

Pour ce qui est des expériences relatives à l'action du seul carbonate de calcium, il fallait d'abord savoir si le formiate de calcium et l'alcool méthylique sont des catalyseurs de la réaction nécessitant cependant une certaine concentration pour révéler leur efficacité; or il n'en est rien et ce seraient même plutôt des retardateurs. De plus, la reconstitution du système en P d'après les dosages effectués, donc en partant de 15g de formaldéhyde par litre et spécialement des quantités trouvées de méthanol pur et de formiate de calcium pur, n'a pu faire éviter l'observation d'une période d'induction PP' (courbe en trait gras). Il fallait donc penser que le système au point P contient le véritable accélérateur du phénomène de saccharification formé à l'état de trace le long de la branche AP. Effectivement, en reconstituant de nouveau le

système au point P, mais avec du formiate de calcium brut isolé au cours d'une expérience arrêtée au point P, la période d'induction a été supprimée et la branche PB a été pratiquement retrouvée; le phénomène de la saccharification est donc déclenché en P par une matière qui n'a pu être décelée ni par le pouvoir réducteur ni par les réactions colorées que présentent les sucres. C'est cependant à une trace de sucre qu'il faut songer, car nous avons noté que les sucres préparés par saccharification du formaldéhyde suppriment la période d'induction et font retrouver la branche PB [Schmalfuss (4), travaillant avec de la magnésie à 120°, a déjà observé cette influence du sucre].

Ceci est aussi conforme aux résultats de Langenbeck (5) qui a montré que la saccharification de l'aldéhyde formique est accélérée par divers sucres purs en présence de chaux et tout spécialement par la dihydroxyacétone et un peu moins énergiquement par l'aldéhyde glycolique, substances caractérisées par A. et H. Euler (6) lors de cette saccharification. Un essai d'estimation de la quantité de sucre existant au point P par mesure du poids équivalent de dihydroxyacétone nous a fait noter que la concentration de $6,25.10^{-3}$ g de dihydroxyacétone par litre de solution aqueuse représente la limite de décèlement certain du pouvoir réducteur de ce corps. Par ailleurs une mesure du pouvoir réducteur au point P a fait connaître un pouvoir réducteur équivalent à une quantité comprise entre 6,25 et $25^{mg}$ de dihydroxyacétone par litre.

Des expériences faites avec la dihydroxyacétone pure nous ont montré, dans une première série d'essais, l'influence très marquée de $25^{mg}$ de dihydroxyacétone par litre sur le phénomène de saccharification, mais dans une deuxième série $100^{mg}$ ont eu le même effet que $12^{mg},5$ dans la première. Le phénomène est donc encore plus compliqué qu'on pouvait le supposer.

EMBRYOLOGIE. — *Évolution des ébauches blastiques chez l'embryon de quelques Madréporaires.* Note (*) de M. **Constantin Dawydoff.**

Dans la Note précédente (1) nous avons laissé l'embryon des Madréporaires (*Seriatopora, Pœcillopora*) au stade diploblastique. A ce stade de périgastrula la partie la plus importante du matériel dont se compose le feuillet endodermique est concentrée sur la périphérie de la masse vitelline de l'ébauche, immédiatement sous l'ectoderme qui est déjà organisé en un épithélium régulier.

---

(4) *Bioch. Z.*, 185, 1927, p. 70.
(5) *Die Naturwissenschaften*, 1942, p. 30.
(6) *Ber. d. Chem. Ges.*, 39, 1906, p. 39.

(*) Séance du 19 février 1951.
(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1183.

*Endoderme.* — Il importe de noter que l'endoderme des Madréporaires que j'ai étudié se compose de deux ébauches. En effet, outre cette agglomération subpériphérique des éléments endodermiques qui forme une couche dense, continue et franchement délimitée, je trouve toujours un autre composant de l'endoderme représenté par des cellules isolées, dispersées de-ci de-là, en désordre, dans la masse vitelline centrale de l'embryon. L'analyse ultérieure montre que ce deuxième composant du feuillet endodermique est appelé à jouer le rôle temporaire, purement physiologique : celui des vitellophages. Il est donc possible de distinguer dans la gastrula des Madréporaires deux ébauches de l'endoderme, un *endoderme plastique*, constructif et un *endoderme abortif*.

Une fois la différenciation des feuillets fondamentaux terminée, commence la formation de la *cavité gastrale*. Cette dernière s'ébauche dans la moitié supérieure, orale, de l'embryon et sa première apparition est indiquée par la formation dans cette région d'une fissure qui sépare la couche endodermique de la masse vitelline centrale. Disposée dès le début excentriquement, la cavité gastrale reste pendant longtemps très restreinte, et même quand elle s'agrandit, la masse vitelline fait dans sa partie aborale une grosse saillie vers l'intérieur. Puis cette portion du vitellus s'individualise dans le gastrocœle et finit par disparaître consommée par l'embryon. Peu à peu, cette cavité s'élargit et la couche de l'endoderne plastique achève de s'organiser autour du gastrocœle en une couche épithéliale continue, très épaisse. Si les premières phases de la formation de l'appareil gastrovasculaire ne montrent chez les Madréporaires étudiés par moi, rien de particulier (la subdivision de l'endoderne en deux ébauches mise à part), par rapport aux autres Zoanthaires, les phases ultérieures de son évolution présentent un intérêt considérable. Nous avons en vue les processus de la différenciation sur les extrémités externes, libres, des cloisons des *filaments mésentériques* (*entéroïdes*). Leur formation est liée à l'évolution de l'ectoderme.

*Ectoderme.* — L'ectoderme, outre du tégument, donne le *pharynx*, les *entéroides* et, probablement, le *mésenchyme*.

On sait que le mode de formation des entéroïdes chez les Zoanthaires est encore peu clair. En effet, l'origine ectodermique de certaines de ces structures (aux dépens de la paroi du pharynx) défendue par les anciens auteurs (Wilson, Gardnier) reste toujours discutée. Or, pour moi, chez *Pœcillopora cespitosa* leur provenance de l'ectoderme ne laisse aucun doute. Pourtant, en opposition à la manière de voir des auteurs précédents, je viens à la conclusion que les formations structurales qui nous occupeut prennent naissance non pas de l'ectoderme qui tapisse le pharynx déjà achevé, mais d'une ébauche ectodermique spéciale, très précoce, et qui se forme indépendamment du pharynx larvaire.

C'est en étudiant l'embryon de *Seriatopora* aux stades postgastrulaires,

quand la gastrula commence à se transformer en une planula (tout en restant incubée dans la cavité gastrale de sa mère) qu'on assiste à un phénomène embryologique très curieux et fort important pour l'organogenèse ultérieure. On voit se produire au pôle supérieur (oral) de l'embryon une invagination de l'ectoderme. Cette dépression plus ou moins profonde, mais d'un calibre assez restreint, qui tantôt reste en cul-de-sac, tantôt s'ouvre dans la cavité gastrale, est tout à fait semblable à une ébauche ectodermique du pharynx connue chez tous les Anthozoaires. En réalité, sa signification morphologique est tout autre : nous avons affaire ici à une ébauche des *entéroïdes*. En effet, la portion de l'ectoderme provenant de l'invagination que nous avons signalée, s'isole du tégument producteur (qui de nouveau devient ininterrompu) et s'organise en une plaque sous-ectodermique qui repose sur la paroi du sac gastral.

Cet état de chose reste stationnaire jusqu'au moment critique de la métamorphose, quand la planula, devenue libre, nageante, se fixe au substratum (parfois même avant sa fixation) et s'achemine vers l'achèvement de son système gastrovasculaire. C'est à ce moment qu'apparaît de nouveau à son pôle oral, une profonde dépression et cette nouvelle invagination persiste pour donner cette fois le pharynx définitif. Celui-ci pour s'ouvrir dans la cavité archéntérique doit passer à travers la plaque ectodermique discoïde sous-tégumentaire (devenue maintenant annulaire) précédemment formée. Or, cette plaque, avant même la formation dans la portion endodermique de l'appareil gastrovasculaire des premières cloisons pousse à la périphérie de la larve, six branches radiaires compactes. Ces dernières s'allongent et, une fois les cloisons formées, s'associent à leurs extrémités externes pour donner les entéroïdes.

Ainsi se passent les choses chez *Seriatopora gracillis*. Chez *Pœcillopora cespitosa* le processus suit, sans doute, la même voie, car j'ai observé, ici aussi avec netteté, l'apparition de l'invagination de l'ectoderme dans la région orale de la gastrula, l'invagination indépendante de celle appelée à donner beaucoup plus tard le pharynx ([1]).

*Mésenchyme*. — On sait que chez certains Alcyonnaires, en plus des deux feuillets fondamentaux, ectoderme et endoderme, on trouve aussi un véritable mésoderme représenté par une ébauche du *mésenchyme*. Chez les Zoanthaires, l'apparition de ce dernier n'a pas été constatée jusqu'ici. Or, mes observations sur le développement d'une espèce de *Acropora* m'autorisent, me semble-t-il, à résoudre cette question dans le sens positif. En effet, il convient de noter que les embryons de ce Madréporaire montrent au stade de perigastrula la différence dans la structure de l'ectoderme oral et aboral. Ainsi, au niveau du

---

([1]) Il reste à ajouter qu'il me paraît possible qu'en dehors des entéroïdes, la plaque que nous venons de décrire, prenne également part à la formation du pharynx définitif, sa portion restée inutilisée pour la production des filaments mésentériques s'associant à la dépression de l'ectoderme appelée à donner l'appareil pharyngien.

pôle qui correspond au futur pôle aboral de la larve, l'épithélium ectodermique se présente comme multistratifié. De plus, j'ai pu constater à ce niveau une prolifération des éléments cellulaires. Il n'est donc pas impossible que nous ayons affaire ici à un foyer de formation du mésenchyme, comme cela a lieu chez certains Octocoralliaires, d'après Kowalevsky et Marion (1883). Notons qu'en opposition aux Alcyonnaires, où l'ébauche du mésenchyme est fort tardive (elle se forme ici seulement au début de la métamorphose, chez la larve fixée), chez *Acropora* sa formation est très précoce. On la voit apparaître immédiatement après la gastrulation.

C'est dans ce mésenchyme qu'il faut chercher, probablement, la source des éléments musculaires qu'on trouve chez les larves de certains Madréporaires et qui donnent aux planulas nageantes qui en sont dotées, une forte contractilité.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Georges Durand-Viel** :

Service central hydrographique. *Rapport sur les observations faites par le « Commandant Charcot » au cours de sa croisière dans l'Antarctique durant l'été Austral* 1948-1949, par Max Douguet.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Georges Mouriquand** est élu Correspondant pour la Section de médecine et chirurgie, en remplacement de M. *Émile Jeanbrau*, décédé.

## DÉSIGNATIONS.

MM. **Pierre Jolibois**, **Gustave Ribaud**, Membres de l'Académie, **Georges Allard**, **Jacques Bénard**, **Georges Champetier**, **Gaston Charlot**, **Georges Chaudron**, **Jean Courtois**, **Raymond Delaby**, **Clément Duval**, **René Fabre**, **Claude Fromageot**, **Georges Kersaint**, **Maurice Letort**, **Louis Margaillan**, **Charles Mariller**, M[lle] **Marguerite Perey**, MM. **Eugène Raguin**, **Charles Sadron**, **Albert Tian**, **Félix Trombe**, **Charles Volet**, **Maurice Deschiens**, **Jean de Laire**, **Jean Marteret**, **François Martin**, **Jean Vizern**, **Georges Wolff**, **Charles Ziegler** sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'**Union internationale de Chimie**, qui aura lieu à New-York et Washington, du 3 au 16 septembre 1951.

M[lle] **Yvette Cauchois**, MM. **Hubert Curien**, **Gérard Fournet**, **Robert Gay**, **Stanislas Goldsztaub**, **André Guinier**, **Raymond Hocart**, **Jean Laval**,

**Jacques Méring**, **Philippe Olmer**, **Adolphe-Jean Rose**, **Louis Royer**, M[lle] **Cécile Stora**, M. **Jean-Jacques Trillat**, M[me] **Adrienne Weill**, M. **Jean Wyart** sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'**Union internationale de Cristallographie**, qui se tiendra à Stockholm, du 27 juin au 3 juillet 1951.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Que sais-je ? *La méthode statistique dans l'industrie*, par André-G. Laurent.

2° *New York State freedom train.*

3° Académie serbe des sciences. *Klasitchin naoutchin Spisi*, I. *Matematitchki Institout*, I.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les approximations diophantiennes linéaires* P-*adiques*. (III). *Problème non homogène*. Note (*) de M[lle] **Élisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

Pour les notations, définitions, résultats, *cf.* les Notes antérieures (I) [1] et (II) [2]. Quel que soit le système linéaire $L_j(x) = x_j + \Sigma a_{ij} x_{p+i}$, $1 \leqq i \leqq q$, $1 \leqq j \leqq p$, $p+q=n$, $a_{ij} \in E_P$ et quel que soit $x^{(0)} \in E_P^n$ on a trivialement $L(x+x^{(0)}) \prec\prec P^{\lambda}$. L'analogue P-adique du théorème de Kronecker caractérisera donc les $x^{(0)}$ pour lesquels on a une approximation meilleure que cette approximation triviale. Nous pouvons toujours nous ramener à des $x^{(0)}$ pour lesquels $pj_{p+i} x^{(0)} = 0$, $1 \leqq i \leqq q$, nous démontrons alors que pour de tels $x^{(0)} \in E_P^n$ *une condition nécessaire et suffisante pour que* $L(x+x^{(0)}) \prec\prec \varepsilon P^{\lambda}$ *pour tout choix de* $\varepsilon > 0$ *est que* $x^{(0)} y$ *soit entier pour tout* $y \in Z^n$ *tel que* $M(y) = 0$ [$M_i(y)$, $1 \leqq i \leqq q$ désignant le système associé du système $L_j(x)$, $1 \leqq j \leqq p$]. La démonstration repose sur le lemme suivant : *si* $L(x+x^{(0)}) \leqq P^{-\lambda}$, $H(x) \leqq c_1$ *et* $M(y) \leqq P^{-\lambda}$, $0 < H(y) \leqq c_2$ *n'ont pas de solution en* $x$ *et en* $y \in Z^n$ *alors* $c_1 c_2 < P^{\lambda} n^n 2^{-1}$.

Pour $A \in Q_P^n$ posons $|A|_P = \operatorname{Max} |pj_i A|_P$. Nous dirons qu'une suite de points $A_1, \ldots, A_\lambda, \ldots \in E_P^n$ est une suite distinguée (pour P) si $A_\lambda \neq 0$ et $\in Z^n$, $|A_1|_P = 1$, $|A_{\lambda+1}|_P < 1$ entraîne $A_{\lambda+1} = P A_\lambda$. *Étant donné une suite distinguée*

(*) Séance du 19 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 587.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 667.

*nous montrons qu'on peut déterminer un point* $B \in E_P^n$ *tel que pour tout* $\lambda$ *on ait* $|BA_\lambda + m|_P > P^{-\lambda}$ *quel que soit* $m$ *entier rationnel avec* $|m| \leqq P^{\lambda-3}$. Pour cela nous construisons dans $E_P^n$ une suite de points $B_\lambda \in Z^n$ tels que

$$|B_{\lambda+1} - B_\lambda|_P \leqq P^{-\lambda}, \qquad |xA_\lambda + m|_P > P^{-\lambda}$$

pour tout $x \in E_P^n$ tel que $|x - B_\lambda|_P \leqq P^{-\lambda}$ et tout entier rationnel $m$ avec $m| \leqq P^{\lambda-3}$, le point limite des $B_\lambda$ fournit le point B cherché.

Étant donné une fonction $\varphi(\lambda) > 0$ telle que $\varphi(\lambda) < P^\lambda$, $\varphi(\lambda+1) \leqq P\varphi(\lambda)$ si $L(x) \prec\prec \varphi(\lambda)$ alors pour chaque valeur de $\lambda$ on peut choisir une solution particulière $x^{(\lambda)}$, de sorte que la suite de points $x^{(\lambda)} = (x_{p+1}^{(\lambda)}, \ldots, x_n^{(\lambda)})$ soit une suite distinguée de $E_P^n$.

En utilisant l'identité entre systèmes associés, le lemme précédent et un résultat de (II) [2], on obtient la propriété suivante qui montre que le « théorème de Kronecker » ne peut être amélioré : *étant donné une fonction* $\varepsilon(\lambda) > 0$, *tendant vers zéro avec* $\lambda^{-1}$, *pour toute signature* $(p, n)$, $1 \leqq p < n$, *on peut trouver un système libre* $L_j(x, a)$ *et un point* $x^{(0)} \in E_P^n$ *tels que* $L(x + x^{(0)}, a) \succ \varepsilon(\lambda)P^\lambda$.

Si $L_j(x)$ et $M_i(y)$ désignent 2 systèmes associés de signatures $(p, n)$ et $(q, n)$ les mêmes résultats nous montrent aussi : *si pour une fonction* $\varphi(\lambda) > 0$ *avec* $\varphi(\lambda) < P^\lambda$, $\varphi(\lambda+1) \leqq P\varphi(\lambda)$ *on a* $M(y) \prec\prec \varphi(\lambda)$ *alors on peut déterminer un point* $x^{(0)} \in E_P^n$ *tel que* $L(x + x^{(0)}) \succ\succ P^{\lambda-3}(n\varphi(\lambda))^{-1}$.

En prenant un système dont l'associé est un des systèmes singuliers purs dont l'existence est démontrée dans (II) [2] on voit : *quand* $(n+2)3^{-1} \leqq p < n$, (resp. $1 \leqq p \leqq n3^{-1}$), *quel que soit le choix de la fonction* $\varphi(\lambda) > 0$, *croissante telle que* $P^\lambda \varphi^{-1}(\lambda)$ (resp. $P^{\lambda p(n-1)^{-1}}\varphi^{-1}(\lambda)$) *tend vers* $+\infty$ *avec* $\lambda$, *il existe un système* $L_j(x)$ *de signature* $(p, n)$ *dont l'associé est pur et un* $x^{(0)} \in E_P^n$ *tels que* $L(x + x^{(0)}) \succ\succ \varphi(\lambda)$. En particulier, pour toute signature $(p, n)$, $1 \leqq p < n$, différente de $(1, 2)$, on peut trouver un système dont l'associé est pur, un point $x^{(0)} \in E_P^n$ et une constante $\varepsilon > 0$ de façon que $L(x + x^{(0)}) \leqq [H(x)]^{-np^{-1}-\varepsilon}$ n'ait pas de solution en $x \in Z^n$ de hauteur arbitrairement grande. Pour la signature $(1, 2)$, au contraire, nous savons, [*cf.* Mahler [3]] qu'il y a un théorème analogue au théorème de Tchebycheff, de sorte que l'existence de systèmes dont les associés sont purs et qui satisfont à une inégalité du type précédent caractérise les signatures différentes de $(1, 2)$.

Nous savons d'autre part que *pour tout système linéaire* $L_j(x)$, $1 \leqq j \leqq p$, *canonique* et pour tout $\lambda$ les inégalités $L(x) \leqq P^{-\lambda}$, $0 < H(x) \leqq P^{\lambda pn^{-1}}$ admettent une solution en $x \in Z^n$, *donc il existe* $x^{(0)} \in E_P^n$ *tel que* $[L(x + x^{(0)})]^p [H(x)]^n < n^{-n}P^{-3}$ *n'admet pas de solution en* $x \in Z^n$, $x \neq 0$ [4].

---

(3) *Math. B. Zutphen*, 7, 1938, p. 5.

(4) Dans le cas réel (*Comptes rendus*, 231, 1950, p. 938-939), *lire* : au lemme III : $\rho_{h+1} \geqq (2\sqrt{q}+1)\sqrt{q}\,\rho_h$; quatre lignes avant le théorème 1 : $\psi(z) \geqq (24q^2 t(z))^{-1}$; au théorème 2 : $f(p, n) = (\sqrt{p}(\sqrt{p}+1))^{-1}(4n)^{-n/p} \geqq (3p)^{-1}(4n)^{-n/p}$.

La même méthode montre aussi : *si un système* $L_j(x)$, $1 \leqq j \leqq p$, *est singulier, il existe* $y^{(0)} \in E_p^n$ *tel que quel que soit* $c > 0$ *on ait* $M(y+y^{(0)}) \succ\succ cP^{qn-1}$. En tenant compte du dernier résultat donné dans (I) ([1]) et du fait qu'un système et son associé sont en même temps réguliers (resp. singuliers) nous établissons : *une condition nécessaire et suffisante pour qu'un système soit régulier est que pour tout* $x^{(0)} \in E_p^n$ *il existe une constante* $c(x^{(0)}) > 0$ *telle que* $L(x+x^{(0)}) \prec c(x^{(0)}) P^{\lambda pn-1}$. Il résulte de ce qui précède que l'existence de $c(x^{(0)}) > 0$ pour tout $x^{(0)}$ avec la propriété ci-dessus entraîne l'existence d'une constante $c' > 0$ indépendante de $x^{(0)}$ donnant lieu à la même propriété, à savoir : $L(x+x^{(0)}) \prec c' P^{\lambda pn-1}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un nouveau théorème d'existence pour les systèmes d'équations.* Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Perfectionnement d'un résultat communiqué antérieurement ([1]) sur les conditions de résolubilité d'un système d'équations dans un espace vectoriel.

1. Le théorème d'existence donné dans une Note précédente ([1]) peut être considérablement étendu en utilisant la « distance généralisée » de Minkowski. Dans un espace réel linéaire $R^n$ à $n$ dimensions, on fait correspondre à chaque vecteur $\xi$, de coordonnées $x_1, \ldots, x_n$, une fonction

(1) $$\varphi(\xi) = \varphi(x_1, \ldots, x_n),$$

sa « longueur généralisée », satisfaisant aux conditions suivantes :

1° $\varphi(\xi) \geqq 0$, $\varphi(\xi) = 0$ seulement pour $\xi \equiv 0$;

2° $\varphi(t\xi) = t\varphi(\xi)$, $t \geqq 0$;

3° $\varphi(\xi_1 + \xi_2) \leqq \varphi(\xi_1) + \varphi(\xi_2)$;

4° $\varphi(\xi)$ est une fonction continue de $\xi$.

On définit alors la distance de P à Q comme la longueur généralisée du vecteur $\overrightarrow{PQ}$.

2. Soit d'autre part $\chi(\xi) = \chi(x_1, \ldots, x_n)$ une fonction du vecteur $\xi$ jouissant des deux propriétés 1° et 2° et telle qu'on a, pour une constante positive $c$ et pour chaque vecteur $\eta$ de longueur euclidienne 1 :

(2) $$\chi(\eta) \geqq c > 0, \quad |\eta| = 1.$$

Alors nous poserons, pour une matrice quadratique A d'ordre $n$

(3) $$\Lambda_{\varphi,\chi}(A) = \operatorname*{Sup}_{\eta} \frac{\varphi(A\eta)}{\chi(\eta)}.$$

---

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1114-1116.

On montre facilement que $\Lambda_{\varphi,\chi}(A)$ est une distance généralisée au sens de Minkowski dans l'espace des matrices réelles quadratiques A d'ordre $n$:

3. Théorème. — *Soient*

$$(4)\qquad y_\nu = f_\nu(P) = f_\nu(x_1, \ldots, x_n) \qquad (\nu = 1, \ldots, n)$$

*n fonctions de* P *variant dans un voisinage* U *d'un point* $P_0(a_1, \ldots, a_n)$, *et supposons que* $U = U_\rho(P_0)$ *soit défini par*

$$(5)\qquad \varphi(\overrightarrow{P_0P}) \leqq \rho \qquad \{U_\rho(P_0)\}.$$

*Supposons que les dérivées partielles des fonctions* (4) *existent en* U *et que le Jacobien des* $f_\nu$ *par rapport aux* $x_\mu$ *reste* $\neq 0$ *en* U.

*En désignant par* J(P) *la matrice Jacobienne des* $f_\nu$ *par rapport aux* $x_\mu$, *supposons que l'expression* $\Lambda_{\varphi,\chi}[J^{-1}(P)]$ *possède une borne supérieure finie en* U, *et désignons la borne exacte de cette expression par* $\delta$.

*Posons maintenant*

$$(6)\qquad \chi[-f_1(P_0), \ldots, -f_n(P_0)] = \sigma.$$

*Alors si l'on a* $\delta\sigma \leqq \rho$, *le système d'équations* $f_\nu = 0\ (\nu = 1, \ldots, n)$ *possède au moins une solution dans* U.

4. Désignons, pour une matrice quadratique A d'ordre $n$, les racines carrées de la plus grande et de la plus petite racine fondamentale de AA' respectivement par $\Lambda(A)$ et $\lambda(A)$. Alors, dans le cas spécial où les fonctions $\varphi(\xi)$, $\chi(\xi)$ sont toutes les deux les *longueurs euclidiennes* de $\xi$, on a

$$(7)\qquad \Lambda_{\varphi,\chi}(A) = \Lambda(A), \qquad \Lambda_{\varphi,\chi}(A^{-1}) = \frac{1}{\lambda(A)}.$$

L'emploi de $\Lambda[J^{-1}(P)]$ permet parfois de resserrer considérablement les bornes données dans notre Note [1]. D'autre part on obtient, pour les variations des expressions $\Lambda(A)$, $\lambda(A)$, des évaluations en termes de $\Lambda(\delta A)$ complètement analogues à celle donnée dans une Note précédente [2].

5. On peut donner, dans un cas suffisamment général, une borne très commode pour $\Lambda_{\varphi,\chi}(A)$. Supposons que $\varphi(\xi)$ satisfasse, outre les propriétés 1°—4° du n° 1, à la condition

$$5^\circ\qquad \varphi(x_1, \ldots, x_n) = \varphi(|x_1|, \ldots, |x_n|),$$

et possède des dérivées continues du premier ordre.

Quant à $\chi(\xi)$, nous supposerons qu'elle soit la « fonction conjuguée » de $\varphi(\xi)$ [3], c'est-à-dire qu'elle soit donnée par

$$(8)\qquad \chi(\xi) = \max_{\eta} \xi\eta \qquad [\varphi(\eta) = 1].$$

---

(2) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1019-1021.

(3) H. Minkowski, *Gesammelte Werke*, Bd, 2, p. 144-147.

6. Désignons alors dans une matrice quadratique A d'ordre $n$ par $\alpha_\mu$ ($\mu = 1, \ldots, n$) le vecteur formé par les éléments de la $\mu^{\text{ième}}$ ligne de A, et posons

(9) $$K_\varphi(A) = \varphi[\varphi(\alpha_1), \ldots, \varphi(\alpha_n)],$$

(10) $$S_\varphi(A) = \max[K_\varphi(A), K_\varphi(A')].$$

Alors on a

(11) $$A_{\varphi,\chi}(A) \leqq K_\varphi(A) \leqq S_\varphi(A).$$

D'autre part, on a, en désignant par le symbole $\delta$ la différentiation unilatérale par rapport à un paramètre quelconque dans le cas où $\delta(A)$ existe, l'inégalité très générale

(12) $$\left| \delta \frac{1}{S_\varphi(A^{-1})} \right| \leqq S_\chi(\delta A),$$

qui embrasse, en les généralisant considérablement, les résultats donnés dans (²).

CALCUL MÉCANIQUE. — *Étude expérimentale d'un filtre linéaire par une méthode optique.* Note (*) de MM. **André Blanc-Lapierre**, **Marcel Perrot** et **Pierre Dumontet**, présentée par M. Joseph Pérès.

On discute un montage simple permettant de réaliser des filtres linéaires par une méthode optique et l'on donne les résultats fournis par l'expérience dans le cas d'un filtre de réponse percussionnelle $(1/2\tau)\, e^{-|x|/\tau}$.

Les filtres linéaires [qui transforment une fonction $F(x)$ en son produit de composition $H(x)$ par une fonction $R(x)$], interviennent dans de nombreuses questions (¹), (²), (³), (⁴). On peut (¹), (²) les réaliser comme suit : soit $Oxy$ deux axes rectangulaires dans un plan P où l'on produit une répartition d'éclairement $E(x, y) = R(x)$. Faisons défiler dans P un film B (rapporté à un système d'axes perpendiculaires $O'x'y'$ entraîné avec B, $O'x'$ glissant sur $Ox$) transparent dans $0 \leqq y' \leqq F(-x')$ et opaque ailleurs. $\theta$ étant l'abscisse de $O'$ dans $Oxy$, le flux lumineux qui traverse à la fois P et B est à chaque instant $H(\theta)$.

L'obtention précise de la répartition $E(x, y)$ par un écran d'opacité variable présente quelques difficultés; nous les avons évitées par le dispositif suivant :

---

(*) Séance du 19 février 1951.

(¹) E. et Y. Labrouste, *Analyse des graphiques résultant de la superposition de sinusoïdes*, Paris, 1943.

(²) P. M. Duffieux, *L'intégrale de Fourier et ses applications à l'Optique*, Rennes, 1946.

(³) A. Blanc-Lapierre, *Revue Scientifique*, 17, 1947, p. 1027.

(⁴) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 539.

*Principe.* — On ne cherche pas à réaliser $E(x, y) = R(x)$ *à chaque instant* mais seulement en *moyenne* ([5]). Soit $f$ un film (rapporté à un système d'axes perpendiculaire $O''x''y''$ entraîné avec $f$, $O''y''$ glissant sur $Oy$) se déplaçant dans le plan P *supposé maintenant éclairé uniformément* et partout opaque sauf dans des domaines égaux : $k\alpha \leq y'' \leq k\alpha + R(x'')$ ($\alpha$, paramètre de périodicité; $k$ décrit la suite des valeurs entières). Soit $v$ la vitesse de $f$, le flux $E\,ds$ traversant P et $f$ dans un élément $ds$ de $xOy$ est une fonction périodique du temps de période $\alpha/v$ et de valeur moyenne proportionnelle à $R(x)\,ds$. Si B défile avec une vitesse V assez petite devant $v/\alpha$ pour que F varie très peu sur des intervalles $\Delta x$ de l'ordre de $V(\alpha/v)$, tout se passe comme si l'on avait réalisé *en permanence* $E(x, y) = R(x)$.

*Dispositif expérimental.* — S est une source de lumière peu étendue (*fig.* 1 *a*) $L_1$, $L_2$, $L_3$, trois lentilles. B se déplace normalement au plan de la figure (flèche ⊙) dans le plan $f'$ conjugué, par rapport à $L_2$, du plan du film $f$.

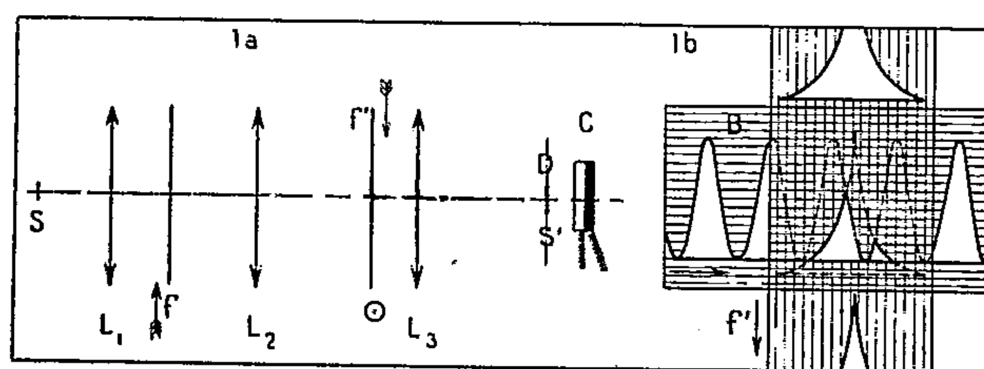



Fig. 1.

L'image S' de S à travers $L_1$, $L_2$, $L_3$ se forme sur un verre dépoli placé devant une cellule photoélectrique dont le courant est enregistré sur un dérouleur asservi au déplacement de B. L'enregistreur doit respecter les plus fortes fréquences spatiales $N = 1/\lambda$ de $F(x)$ et éliminer la fréquence $v/\alpha$ due au déplacement de $f'$. La figure 1 *b* montre, dans un cas particulier, la superposition de B et de l'image $f'$ de $f$.

*Résultats expérimentaux.* — Nous avons étudié le dispositif décrit dans le cas simple du filtre de réponse percusionnelle $R(x)$ et de gain $G(N)$ ([3]) $[N = 1/\lambda(\text{mm})]$, conformes aux relations suivantes :

$$R(x) = \left(\frac{1}{2\tau}\right) e^{-\frac{|x|}{\tau}}, \qquad G(N) = \frac{1}{1 + 4\pi^2 N^2 \tau^2} \qquad (\tau = 3^{\text{mm}},5).$$

([5]) Procédé analogue à celui du disque de Talbot ou à celui décrit par P. Jacquinot pour préparer des lames minces d'épaisseur variable (*J. Phys.*, 11, 1950, p. 361). M. Terrien nous a indiqué qu'il avait réalisé un appareil (qu'il n'a pas encore décrit dans une publication) donnant les coefficients de Fourier d'une fonction, dans lequel il évite l'utilisation d'écrans d'opacité variable par une méthode différente de la nôtre, basée sur l'utilisation d'une optique cylindrique.

Les points blancs de la figure 2 donnent les valeurs de G(N) et de G(λ) fournies par l'expérience (domaine supérieur à quatre octaves). Elles ont été obtenues à partir de films où F est sinusoïdal. Les courbes et les points noirs

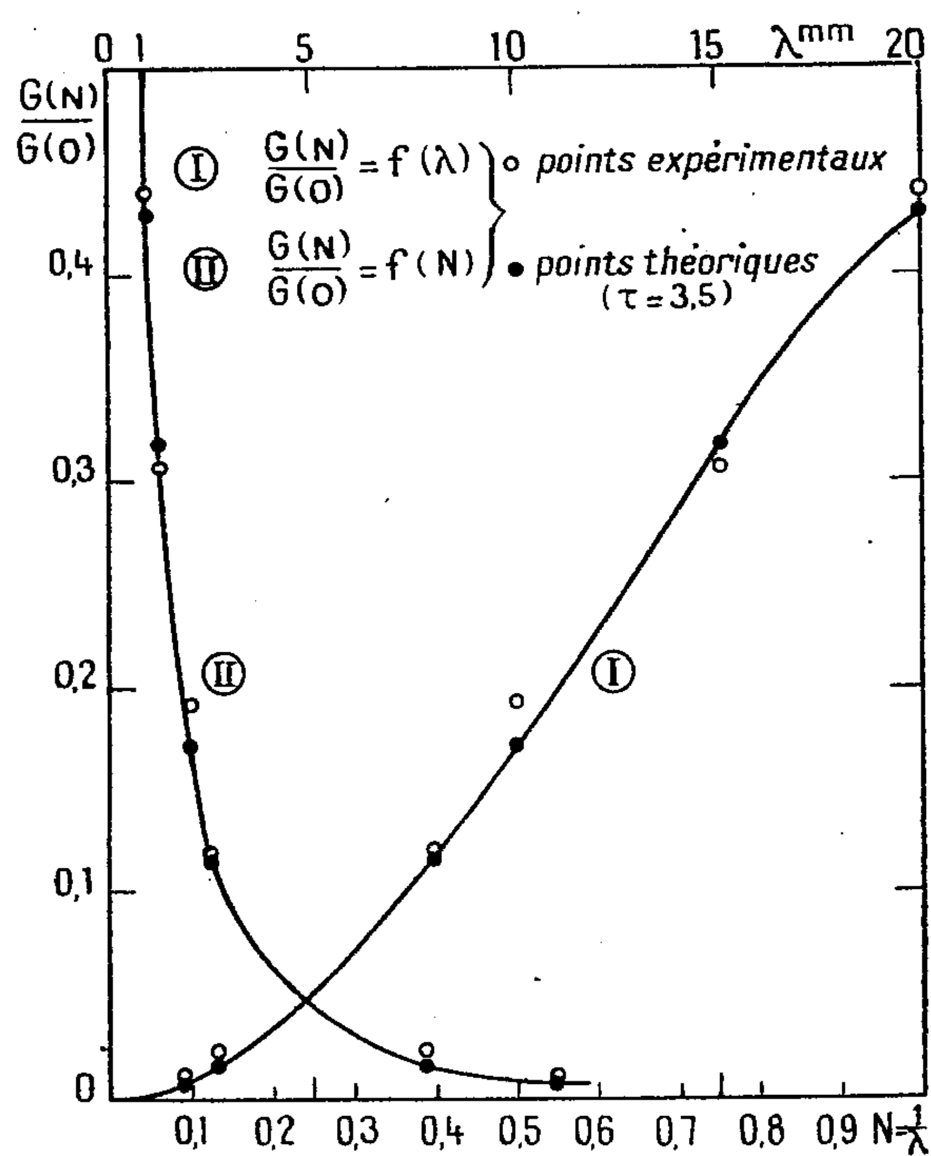



Fig. 2.

correspondent aux valeurs calculées. L'accord entre les valeurs expérimentales et théoriques se fait, dans les cas les plus défavorables, à une unité de la deuxième décimale près. Nous perfectionnons ce montage pour utiliser des filtres plus complexes.

HYDRAULIQUE. — *Inefficacité des chambres d'équilibre vis-à-vis de certaines surpressions rythmiques.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

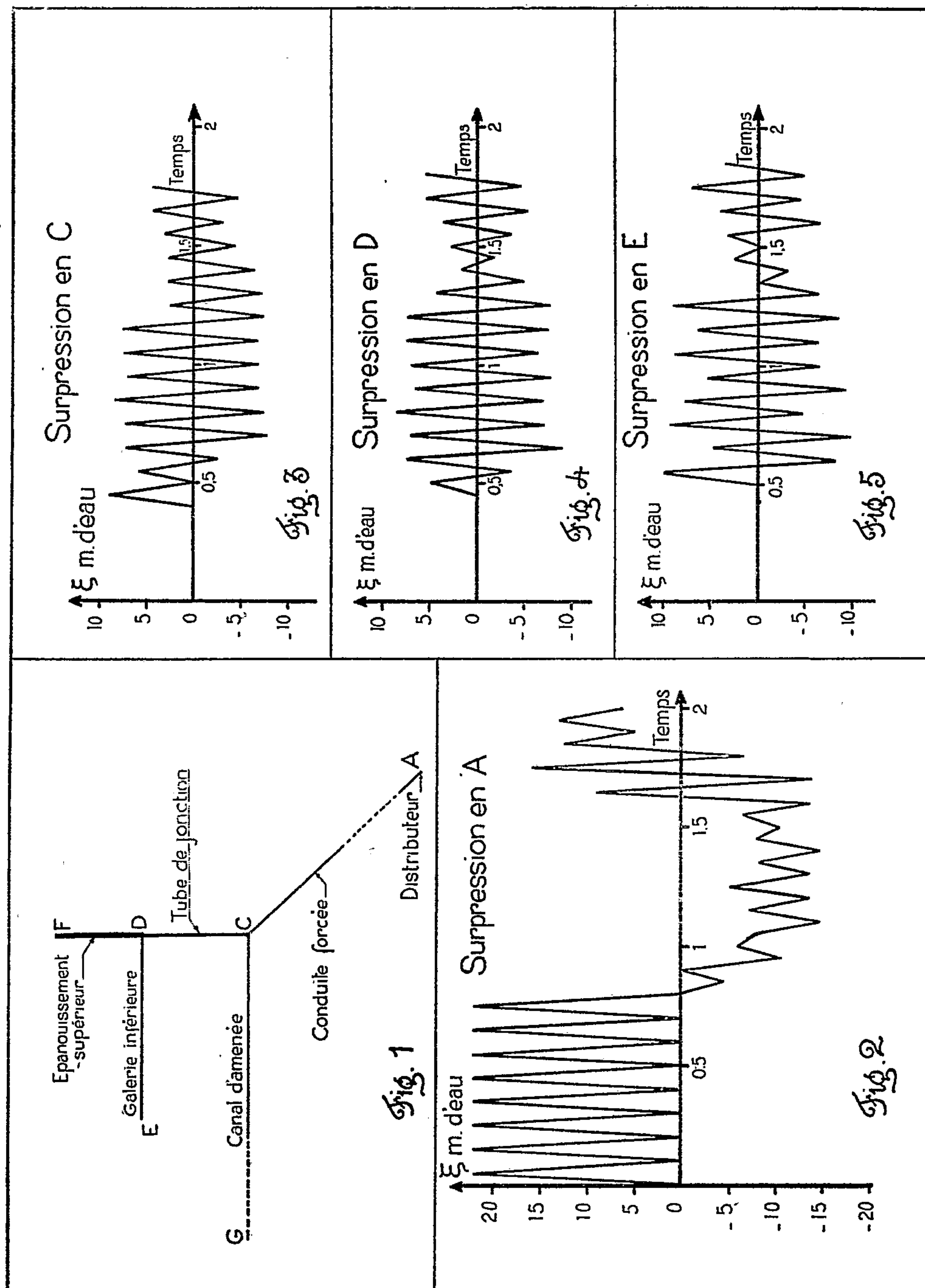
Une cheminée d'équilibre peut permettre, dans certains cas, la transmission des surpressions provoquées par une variation rythmique du débit des turbines à fréquence élevée.

Dans des travaux antérieurs ([1]) nous avons étudié le problème des surpressions transmises, soit lors des manœuvres normales des turbines (transmission

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 130-132 et *Houille blanche*, 1949, p. 457.

pratiquement nulle), soit par des fermetures très brèves, d'origine accidentelle. A la suite d'un incident intervenu dans une usine, nous avons étudié le cas des




coups de bélier provoqués par une oscillation rythmique du débit des turbines à une cadence précipitée.

La hauteur de chute est $y_0 = 258^m$. Le schéma de l'installation retenu pour notre étude est représenté par la figure 1; DE est une galerie constituant un cube supplémentaire nécessaire pour parer aux appels de débits consécutifs à la mise en route des groupes de l'usine. Avec les notations usuelles ($a$, vitesse d'onde en m/sec; S, section en $m^2$; $g = 9{,}81$ m/sec$^2$; $\theta$, durée d'un aller-retour d'onde), les caractéristiques des divers éléments sont les suivantes, en considérant la longueur du canal d'amenée comme infinie et en appelant $u = 0{,}05$ sec l'unité de temps adoptée pour la construction graphique :

| | CA. | CG. | CD. | DE. | DF. |
|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{a}{gS}$ ......... | 43,5 | 21,75 | 21,75 | 21,75 | 14,50 |
| $\theta$........... | $16u$ | $\infty$ | $2u$ | $1u$ | $2u$ |

Les vibrations du régulateur provoquent une oscillation du débit en A entre les valeurs $0^{m^3},500$/sec et zéro, avec la période $\mathrm{T} = 2u = 0{,}10$ sec.

La méthode graphique Bergeron, adaptée à l'étude de ce problème complexe, de la même façon que dans nos études précédentes, conduit en négligeant l'influence des pertes de charge, aux résultats représentés sur les figures 2, 3, 4 et 5. La surpression transmise en C au canal d'amenée ($8^m$), est supérieure au tiers du coup de bélier au distributeur A ($22^m$) : malgré l'épanouissement supérieur et le voisinage de la surface libre, les surpressions en D ($8^m$) et en E ($10^m$), sont sensiblement les mêmes qu'en C.

Nous avons obtenu des résultats pratiquement identiques en supposant la période $\mathrm{T}$ des oscillations du débit réduite à 0,05 sec $= 1\,u$.

En considérant une installation simplifiée (système complexe CDEF remplacé par une cheminée verticale rectiligne CF telle que $a/gS = 18{,}9$ et $\theta = 2\,u$), nous avons obtenu des résultats sensiblement comparables aux précédents.

On voit qu'une cheminée d'équilibre permet, dans certains cas, une transmission notable au canal d'amenée des ondes de surpression engendrées dans la conduite forcée par une oscillation rythmique, à cadence rapide, du débit des turbines.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de la longueur d'une soudure bout à bout sur le retrait transversal.* Note de M. F. **Campus**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans notre Ouvrage *Recherches, études et considérations sur les constructions soudées* de 1946, nous avons établi que le retrait transversal d'une soudure bout à bout est une fonction croissante de sa longueur. Une nouvelle série de

mesures, effectuées sur des éprouvettes dont la longueur variait de $1^{cm}$ à $2^{m}$, a permis de déterminer cette fonction, qui est logarithmique.

L'épaisseur des tôles assemblées est uniformément de $15^{mm}$ et leur largeur de $300^{mm}$ chacune, dimensions identiques à celles des éprouvettes des essais d'avant 1946. Les chanfreins aussi sont les mêmes, de 80° d'ouverture angulaire, tant pour les joints en V que pour les joints en X; l'écartement constant des arêtes des chanfreins est de $3^{mm}$ avant pointage.

La soudure est exécutée de la même façon pour chaque éprouvette, par le même soudeur et à vitesse constante d'avancement. Dans chaque chanfrein, le sens d'avancement est alterné pour chaque passe. Pour les joints en X, les cordons sont en outre déposés alternativement sur chaque face. Le pointage produit un retrait peu important pour les faibles longueurs, mais qui croît d'une manière appréciable lorsque la longueur dépasse $50^{cm}$. Le retrait considéré est le retrait total. Les bases de mesure de $48^{mm}$ sont normales et à cheval symétriquement par rapport à l'axe du joint; elles se correspondent sur les deux faces de l'éprouvette. Leur nombre sur chaque face est variable selon la longueur du joint. Unique pour celui de $1^{cm}$, au nombre de 3 pour le joint de $6^{cm}$ de longueur, il y a 23 bases pour le joint de $200^{cm}$.

Les éprouvettes étant libres, elles subissent une déformation angulaire croissante avec la longueur, qui donne lieu à une correction numérique simple.

Le retrait considéré résulte de la moyenne des mesures effectuées sur toutes les bases sur les deux faces. Il est exprimé en proportion de la largeur moyenne du chanfrein théorique.

Les résultats sont les suivants :

| Longueur du joint (cm). | Retrait. Joint en V. | Joint en X. |
|---|---|---|
| 1 | 0,0492 | 0,0635 |
| 6 | 0,1244 | 0,1419 |
| 10 | 0,1426 | 0,1937 |
| 15 | 0,1788 | 0,1882 |
| 20 | 0,175 | 0,1806 |
| 30 | 0,1810 | 0,2017 |
| 50 | 0,218 | 0,189 |
| 75 | 0,2085 | 0,177 |
| 100 | 0,2725 | 0,245 |
| 200 | 0,2405 | 0,282 |

Reportés sur un diagramme dont les abscisses sont proportionnelles aux

logarithmes décimaux, les points représentatifs de ces résultats se disposent de part et d'autre d'une droite moyenne d'équation

$$\rho = 0,057 + 0,91 \log l \qquad (\pm 31\ \%),$$

$\rho$ étant le retrait proportionnel rapporté à la largeur moyenne du chanfrein, $l$ la longueur du joint exprimée en centimètres.

L'écart de 31 % est l'écart maximum; l'écart moyen est sensiblement inférieur. La dispersion n'est pas anormale pour des opérations aussi complexes.

La loi $\rho = \rho_1 + k \log l$ peut être interprétée comme suit. Les mesures de retrait à longueur constante conduisent à admettre communément que le retrait est proportionnel à la quantité de chaleur communiquée par l'arc électrique. En opérant d'une manière uniforme, cette quantité de chaleur est proportionnelle à la longueur. Pour l'accroissement $dl$ de celle-ci, la quantité de chaleur est $A\,dl$. Cette quantité de chaleur peut être considérée comme proportionnelle au travail de retrait. Si l'on admet qu'il est proportionnel à la longueur, sa variation pour un accroissement de retrait $d\rho$ est $B l\, d\rho$ dans la partie déjà soudée. D'où $B l\, d\rho = A\, dl$ ou $d\rho = k\, dl/l$, qui conduit à l'équation de la forme logarithmique indiquée plus haut, dans laquelle $\rho_1$ est le retrait pour une longueur d'un centimètre. On peut considérer ce retrait indépendant de la longueur comme celui que l'on obtiendrait en coulant le joint soudé en une fois uniformément sur toute la longueur.

La valeur indiquée ci-dessus est notablement inférieure à celle résultant des anciennes formules de Wortmann et Mohr, ainsi que de Malisius, qui considèrent le retrait comme indépendant de la longueur.

Une confirmation exceptionnellement satisfaisante a été obtenue lors des mesures du retrait moyen de deux tôles de $17^{mm},5$ d'épaisseur, de $6^{m}$ de longueur chacune et de $2^{m}$ de largeur, soudées suivant des joints de $2^{m}$ de longueur par des joints en V de 60° d'ouverture angulaire, l'écartement des arêtes du chanfrein étant de 7 à $8^{mm}$. Ces mesures ont été faites, en un chantier naval, pour deux soudures de la coque d'un grand pétrolier. Les retraits moyens mesurés de 0,243 et 0,2465 correspondent remarquablement aux mesures faites au laboratoire et relatées plus haut.

Ces expériences mettent en relief l'importance des retraits transversaux des joints de grande longueur, fréquents dans la construction des navires soudés. Si ce retrait est empêché dans un assemblage de faible longueur perpendiculaire au joint, il doit en résulter des tensions générales très élevées. Les prévisions de retrait fondées sur les formules permettent de prendre des dispositions adéquates.

ASTRONOMIE. — *Étude de la voie lactée en lumière monochromatique* H$\alpha$ *de* 320 *à* 350° *et de* 25 *à* 80° *de longitude galactique.* Note de M. **Georges Courtès** (¹), présentée par M. André Danjon.

En dehors des régions d'absorption, l'émission H$\alpha$ paraît générale près de l'équateur galactique dans les constellations de Céphée, du Cygne, de l'Ecu et du Saggittaire où l'individualité des Nébuleuses disparaît, chacune d'elles n'étant que l'un des noyaux les plus intenses du nuage général. Nous n'avons pas signalé les résultats en accord avec le catalogue de Cederblad (²).

Nous avons fait une série de photographies avec deux objectifs Boyer F/1,4 de 75$^{mm}$ de distance focale munis de filtres interférentiels, l'un centré sur H$\alpha$, l'autre centré sur $\lambda = 6150$ Å en dehors des radiations du ciel nocture (bande passante 150 Å environ). Ces régions très proches dans le spectre continu des nuages d'étoiles impressionnent faiblement, avec la même intensité, les plaques des deux appareils. Tout excès de noircissement caractérisé sur la plaque munie du filtre H$\alpha$ est dû à l'émission de cette radiation. Les plaques étaient des 103*a*E Kodak avec des poses de 2 à 4 heures (³), (⁴). Les clichés étudiés aux Observatoires de Marseille et de Haute-Provence, ont permis d'établir la liste des nébulosités suivantes. En regard du numéro d'ordre se trouve l'assimilation au catalogue de Cederblad. La petite échelle des clichés, la mauvaise qualité inévitable des objectifs à grande ouverture relative et le caractère diffus de ces astres ne nous ont pas permis plus de précision sur la position. Chaque fois que ce fut possible nous avons donné des dimensions en notant : 1° la mesure en ascension droite; 2° en déclinaison. Les chiffres d'intensité ne sont que des termes de comparaison allant de 1, très faible, incertain, à 6, extrêmement intense.

*Remarques* — 1° Parmi les nébuleuses cataloguées par Cederblad l'émission de 27, 35, 62 et de l'amas 32 (NGC 6823) était inconnue, celle de 73, 75 et 83, probable; 2° 78 se rattache à 76, 56, 57, 65 et à 79. Les nébuleuses des groupes suivants sont liées par des régions plus faibles. 3-4-9, 11-10-12, 13-14, 23-21-26, 34-35, 39-40-43, 42-56, 44-48, 46-47, 53-49-54, 50-54, 63-54-64, 89-87-84-88-91, 101-103, et 54-36 par une région filamenteuse; 3° 11 contient (10-12), 22, (16), 30 (28), 44 (45), 57 (53-54-61), 64 (63), 74 (68-70-71-73-75-77), 90 (89), 92 *bis* (92), et 98 (99); 4° Les nuages d'étoiles gênaient pour 9, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 38. La bande galactique en émission s'étend entre $b = -1$ et $+6°$ de $l = 28$

(¹) Avec la collaboration technique de M. André Duflot.

(²) *Medd. Lunds Astr. Obs.*, 2e série, n° 119, 1946.

(³) B. Strömgren et Ch. Fehrenbach, *Otto Struve « Sky and Telescope »*, janvier 1951.

(⁴) B. Strömgren, Ch. Fehrenbach et G. Courtès, *L'Astronomie*, janvier 1951.

| Nos. | Ced. | α 1950. (h m) | δ 1950. (° ') | Dim. en '. | Int. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.... | 142 | 17 20 | −34,20 | 35× 25 | 5 |
| 2.... | – | 17 27 | −29, 0 | 200×180 | 2–3 |
| 3.... | – | 17 27 | −31,35 | 50× 35 | 4 |
| 4.... | 147 | 17 33 | −32,40 | 120×120 | 4 |
| 5.... | – | 17 40 | −27, 0 | 180×200 | 2–3 |
| 6.... | – | 17 43 | −29,20 | 25× 25 | 4–5 |
| 7.... | – | 17 46,3 | −31,20 | 25× 25 | 3 |
| 8.... | – | 17 50 | −20,40 | 250×250 | 2–3 |
| 9.... | – | 17 50 | −35, 0 | 300×300 | 2–3 |
| 10.... | – | 17 52 | −25,30 | 50× 40 | 3–4 |
| 11.... | – | 17 53 | −25, 0 | 120×120 | 2–3 |
| 12.... | – | 17 53 | −24,40 | 20× 40 | 3–4 |
| 13.... | – | 17 54 | −20,45 | 100× 70 | 2 |
| 14.... | – | 17 55 | −16,30 | 250×250 | 2 |
| 15.... | – | 18 3 | −23,50 | 50× 30 | 4 |
| 16.... | – | 18 3,0 | −14,15 | 20× 25 | 3 |
| 17.... | – | 18 4 | −21,40 | 120× 30 | 4 |
| 18.... | 154 *f* | 18 7 | −24,20 | 30× 50 | 5 |
| 19.... | – | 18 8,0 | −21,25 | 60× 60 | 3-4 |
| 20.... | – | 18 10 | −22,15 | 80× 60 | 4 |
| 21.... | – | 18 13 | −18,30 | 150×100 | 3 |
| 22.... | – | 18 13 | −15,40 | 200×180 | 3 |
| 23.... | 156 | 18 13 | −20,20 | 35×100 | 3–4 |
| 24.... | – | 18 14 | −21,40 | 80× 80 | 4 |
| 25.... | 158 | 18 14 | −16,40 | 40× 40 | 4 |
| 26.... | – | 18 14 | −22,40 | 180×180 | 3 |
| 27.... | 157 *d* | 18 14,6 | −19,42 | 20× 15 | 5 |
| 28.... | – | 18 15,5 | −12, 0 | 35× 70 | 4–5 |
| 29.... | 159 | 18 16 | −13,49 | 35× 30 | 6 |
| | | | | 90× 30 | 4 |
| 30.... | – | 18 17 | −12,20 | 100×150 | 3 |
| 31.... | – | 18 23 | − 9,50 | 100× 80 | 2–3 |
| 32.... | – | 19 41,0 | +23,12 | 30× 25 | 4 |
| 33.... | – | 19 45,5 | +28, 5 | 20× 30 | 4–5 |
| 34.... | 174 | 19 55 | +36,30 | 150×100 | 3 |
| 35.... | 173 | 19 58,0 | +35, 8 | 20× 10 | 5 |
| 36.... | – | 19 59 | +42,40 | 180×180 | 2–3 |
| 37.... | – | 20 0 | +33,10 | 100× 50 | 3 |
| 38.... | – | 20 2 | +33,40 | 100×120 | 3 |
| 39.... | – | 20 3 | +38, 0 | 50× 50 | 3–4 |
| 40.... | – | 20 5 | +37, 0 | 60× 35 | 3–4 |
| 41.... | – | 20 5 | +34,10 | 100× 35 | 3 |
| 42.... | 176 *a* | 20 6 | +39,55 | 60× 80 | 2–3 |
| 43.... | 177 | 20 7 | +35,40 | 120×120 | 4 |
| 44.... | – | 20 8 | +40,30 | 200×120 | 3–4 |
| 45.... | – | 20 10 | +41, 0 | 80× 10 | 4–5 |
| 46.... | – | 20 10 | +33,40 | 70× 60 | 3 |
| 47.... | – | 20 11 | +34,45 | 30× 40 | 3 |
| 48.... | 176 *b* | 20 12 | +39,55 | 50× 30 | 3–4 |
| 49.... | – | 20 12 | +45,10 | 40×150 | 3–4 |
| 50.... | – | 20 12 | +43,30 | 20× 30 | 4–5 |
| 51.... | – | 20 13,5 | +37,40 | 12× 20 | 3 |
| 52.... | 176 *c* | 20 14,0 | +41,38 | 60× 30 | 5 |
| 53.... | – | 20 15 | +43,35 | 25× 40 | 4 |
| 54.... | – | 20 17 | +46, 0 | 35× 40 | 3 |

| Nos. | Ced. | α 1950. (h m) | δ 1950. (° ') | Dim. en '. | Int. |
|---|---|---|---|---|---|
| 55... | – | 20 17 | +40,25 | 35× 25 | 3–4 |
| 56... | – | 20 18 | +39, 0 | 60× 35 | 5 |
| 57... | – | 20 20 | +44,20 | 300×300 | 3 |
| 58... | – | 20 24 | +40,15 | 50× 25 | 6 |
| 59... | – | 20 25 | +42, 0 | 40×150 | 3 |
| 60... | 176 *f* | 20 26 | +39,50 | 60× 25 | 6 |
| 61... | – | 20 30 | +44,15 | 30× 60 | 2–3 |
| 62... | 181 | 20 32,3 | +45,29 | 10× 10 | 5–6 |
| 63... | – | 20 32,5 | +46,40 | 40× 60 | 3–4 |
| 64... | – | 20 35 | +48, 0 | 200×200 | 2 |
| 65... | – | 20 35 | +45,15 | 120× 60 | 3 |
| 66... | – | 20 42,5 | +38,50 | 60× 30 | 3 |
| 67... | – | 20 43 | +40,40 | 35× 35 | 2 |
| 68... | – | 20 45 | +42,10 | 60×100 | 3 |
| 69... | – | 20 45 | +40,25 | 100× 30 | 2 |
| 70... | – | 20 45 | +43,30 | 30× 40 | 3 |
| 70bis. | – | 20 45,5 | +42,50 | 35× 12 | 4–5 |
| 71... | – | 20 47 | +40,20 | 50× 25 | 2 |
| 72... | – | 20 47 | +31,25 | 30× 40 | 3 |
| 73... | 183 *b* | 20 48 | +42,21 | 30× 30 | 4 |
| 74... | – | 20 48 | +43, 0 | 120×180 | 2 à 5 |
| 75... | 183 *c* | 20 50 | +44, 0 | 70× 85 | 4–5 |
| 76... | – | 20 50 | +46,40 | 180×180 | 2–3 |
| 77... | – | 20 53,5 | +43, 5 | 30× 25 | 3 |
| 78... | 183 *d* | 20 58 | +44,30 | 120×200 | 5 |
| 79... | – | 21 6 | +46,50 | 120×120 | 3 |
| 80... | – | 21 7 | +43, 0 | 120×150 | 2 |
| 81... | – | 21 10 | +38, 0 | 30×180 | 2 |
| 82... | – | 21 12 | +45, 0 | 70×120 | 2–3 |
| 83... | 190 | 21 16 | +59,45 | 30× 90 | 2–3 |
| 84... | 195 *ab* | 21 37 | +57, 0 | 150×150 | 4–5 |
| | | | | 240×200 | 2–3 |
| 85... | – | 21 42 | +54,20 | 100×100 | 2–3 |
| 86... | – | 21 55 | +52,30 | 70× 90 | 2–3 |
| 87... | – | 21 55 | +59,30 | 200×100 | 2–3 |
| 88... | – | 22 0 | +57,20 | 200×120 | 2 |
| 89... | – | 22 8 | +61, 0 | 40× 40 | 3 |
| 90... | – | 22 10 | +62,30 | 150×180 | 2–3 |
| 91... | – | 22 15 | +58,30 | 100× 40 | 2–3 |
| 92... | 203 | 22 18,5 | +56,00 | 50× 30 | 4–5 |
| 92bis. | – | 22 20 | +55, 0 | 100× 60 | 3 |
| 93... | – | 22 25 | +59,40 | 60× 60 | 2 |
| 94... | – | 22 25 | +64, 0 | 120×120 | 2–3 |
| 95... | – | 22 40 | +57, 0 | 180×120 | 2 |
| 96... | 206 | 22 44,7 | +57,50 | 30× 25 | 4–5 |
| 97... | – | 22 48 | +61, 0 | 30× 20 | 2 |
| 98... | – | 22 55 | +62,40 | 110× 60 | 1–2 |
| 99... | 207 | 22 55 | +62,25 | 45× 45 | 3 |
| 100... | – | 22 59 | +56,50 | 40× 30 | 3 |
| 101... | – | 23 10 | +64,20 | 100× 90 | 1–2 |
| 102... | – | 23 13 | +59,40 | 40× 60 | 4 |
| | | | | 60× 70 | 2 |
| 103... | – | 23 13 | +61,30 | 90× 60 | 3 |
| 104... | 210 | 23 18,5 | +60,45 | 25× 25 | 3 |

à 50°, de $b=-7$ à 0° pour $l$ de 24 à 28°, de $b=+5$ à $b=-5$° entre 60 et 80°, et paraît probable de $b=+1$ à $+8$° de $l=334$ à 343°; 5° 2, 8, 79 sont limitées par le champ.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une détermination de la température effective d'une naine blanche montrant des raies de l'hydrogène en légère émission.* Note de M. **Paul Couteau**, présentée par M. André Danjon.

L'intensité du rayonnement au centre du disque d'une étoile, pour une longueur d'onde donnée du spectre, est déterminée par la fonction source

$$\mathrm{I}=\int_0^\infty\left(\frac{k_\nu}{k_\nu+\sigma}\mathrm{B}+\frac{\sigma}{k_\nu+\sigma}\bar{\mathrm{I}}\right)e^{-\tau}\,d\tau,$$

où $\tau$ est la profondeur optique dans le spectre continu à la fréquence $\nu$ considérée, B l'intensité du rayonnement du corps noir, $k_\nu$ le coefficient d'absorption à la fréquence $\nu$ et $\sigma$ le coefficient de diffusion due aux électrons libres.

Si l'on suppose que dans une raie il n'y a pas de diffusion, l'intensité dans une raie sera

$$\mathrm{I}_\nu=\int_0^\infty \mathrm{B}_\nu\, e^{-(\tau+\tau_\nu)}\,d(\tau+\tau_\nu),$$

où $\tau_\nu$ est la profondeur optique dans la raie.

Si la différence $\mathrm{I}-\mathrm{I}_\nu$ est négative, il y a émission pour la raie considérée. On peut mettre cette différence sous la forme

$$(1)\qquad \mathrm{I}-\mathrm{I}_\nu=\int_0^\infty\left\{e^{-\tau_\nu}\int_\chi^\infty e^{-x}\,d\mathrm{B}(x)-\frac{\sigma}{\varkappa_\nu(\Delta\lambda)}(\mathrm{B}-\bar{\mathrm{I}})\,e^{-\tau}\right\}d\tau_\nu,$$

où $\varkappa_\nu(\Delta\lambda)$ est le coefficient d'absorption à $\Delta\lambda$ Å du centre de la raie.

La différence (1) présente, sous le signe somme, deux termes. Le premier est positif et la quantité $\mathrm{B}-\bar{\mathrm{I}}$, dans le domaine de longueur d'onde considéré, est positive et varie peu avec les modèles utilisés. Le phénomène de l'émission dépend principalement du coefficient d'absorption dans la raie $\varkappa_\nu(\Delta\lambda)$ dont l'expression, compte tenu de l'effet Stark [1] est

$$(2)\qquad \mathrm{Log}\,\varkappa_\nu(\Delta\lambda)=0{,}876+3{,}38\theta+\frac{5}{2}\mathrm{Log}\,\theta+\mathrm{Log}\,\beta\int_\beta^\infty\frac{\mathrm{W}(\beta)}{\beta}\,d\beta-\mathrm{Log}\,\Delta\lambda,$$

où $\theta=5040/\mathrm{T}$, $\beta$ est le champ réduit et $\mathrm{W}(\beta)$ la fonction de Holtsmark [2].

Les équations (1) et (2) n'étant fonctions que de la température et de la gravité, on a ainsi un procédé pour estimer la température effective d'une

(1) Pannekoek, *M. N.*, 98, 1938, p. 694.
(2) *Ann. d. Phys.*, 58, 1919, p. 577.

naine blanche dont la gravité superficielle serait connue et qui présenterait un spectre d'émission mesurable.

On a appliqué cette théorie à l'étoile AC + 70°8247 dont un spectre pris au réflecteur de 2m,05 de Mac Donald par V. Kourganoff et Mlle Canavaggia en 1949 présente une légère émission en $H_\beta$ et $H_\gamma$. Pour une gravité supposée égale à $10^{8,5}$, probablement trop faible, on a trouvé qu'à une température effective de 620 000° K se produisait une émission de 1 % à 50 Å du centre de $H_\gamma$ et une absorption de 1/2 % au centre de la même raie.

Si au lieu de l'intensité au centre on calculait le flux, la contribution des différentes parties du disque, et en particulier du bord, augmentait l'émission et l'accord avec l'observation pourrait être vérifié avec une température effective moins élevée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la diffusion cohérente des rayons X par les atomes et l'influence du shielding des électrons* (II). Note (*) de M. **Edmond Arnous**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note récente ([1]) nous avons montré comment la « théorie des positrons » permettait de traiter le problème de la diffusion cohérente des rayons X par les atomes et comment elle faisait apparaître les termes de Waller et les termes de diffusion Delbrück dus au champ coulombien du noyau. L'objet de cette Note est de montrer que l'effet du shielding des électrons se trouve dans la « partie à une particule » des termes d'interaction coulombienne et d'exprimer cet effet à l'aide des fonctions d'ondes relativistes de Dirac.

Désignons par $H_{coul}$ l'interaction coulombienne des électrons, par $H_{tr}^{self}$ et $H_{coul}^{self}$ la self-énergie transversale et la self-énergie coulombienne et définissons $\varepsilon(t)$ et $T(t)$.

$$\varepsilon(t) = \pm 1 \quad \text{si} \quad t \gtrless 0, \qquad \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{i}{2}[S, H] - H_{tr}^{self}.$$

Les termes d'interaction coulombienne peuvent s'écrire

$$\frac{i^2}{2}[S, [S, H_{coul} - H_{coul}^{self}]] + i[T, H_{coul} - H_{coul}^{self}]$$

ou encore, d'après les propriétés des fonctions $\varepsilon$,

$$-\frac{1}{4}\int [[H_{coul}(t) - H_{coul}^{self}(t), H(t')], H(t'')]\,\varepsilon(t-t')\,\varepsilon(t'-t'')\,dt'\,dt''.$$

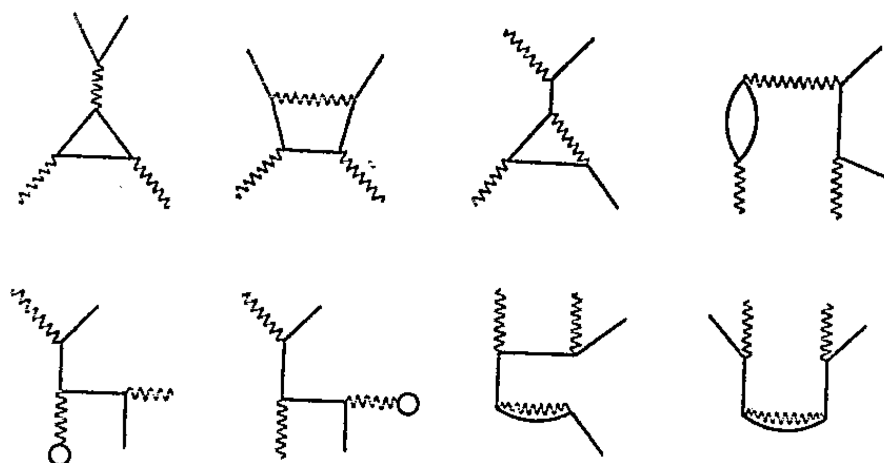
On peut vérifier ([2]) que la « partie à deux particules » de cette expression correspond exactement aux termes d'interaction coulombienne que donnerait

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 693.

([2]) E. Arnous, *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 149.

la « théorie à un électron ». Ce n'est donc pas là que l'on doit rechercher comment la diffusion Delbrück se trouve modifiée par le shielding des électrons, mais dans la « partie à une particule ». Si l'on étudie, en effet, les différents graphiques possibles ([3]), on voit que les termes du shielding correspondent au premier processus.



En effet, désignons par l'indice $a$ les différents niveaux occupés de l'atome. Un des quatre éléments de matrice correspondant à ce processus est par exemple :

$$\frac{e^4}{4}\sum_{aijk}(\text{sgn.}\,E_i)\int d\vec{r}\,d\vec{r}'\,d\vec{r}_1\,d\vec{r}_2$$

$$\times\frac{\varphi_k^*(\vec{r})\,(\vec{\alpha}.\vec{A}_1)\,\varphi_j(\vec{r})}{E_j-E_i}\,\frac{\varphi_a^*(\vec{r}_1)\,\varphi_a(\vec{r}_1)\,\varphi_j^*(\vec{r}_2)\,\varphi_i(\vec{r}_2)}{|\vec{r}_1-\vec{r}_2|}\,\frac{\varphi_i^*(\vec{r}')\,(\vec{\alpha}.\vec{A}_0)\,\varphi_k(\vec{r}')}{E_i-E_k-|\vec{k}|}.$$

Posons

$$\varphi_i'(\vec{r})=\sum_j\int d\vec{r}_2\,\frac{\varphi_j^*(\vec{r}_2)\,e\,V(\vec{r}_2)\,\varphi_i(\vec{r}_2)}{E_i-E_j}\,\varphi_j(\vec{r}),$$

$$V(\vec{r}_2)=e\sum_a\int d\vec{r}_1\,\frac{\varphi_a^*(\vec{r}_1)\,\varphi_a(\vec{r}_1)}{4\pi|\vec{r}_1-\vec{r}_2|},$$

et ajoutons les termes précédents aux termes de diffusion Delbrück. Nous retrouvons l'expression (1) de la Note précédente, mais $\varphi$ se trouve cette fois remplacé par $\varphi'$ :

$$2\pi e^2\sum_{+-}\int d\vec{r}\,d\vec{r}'\,\frac{(\varphi_-+\varphi_-')^*\,(\vec{\alpha}.\vec{A}_1)\,(\varphi_++\varphi_+')\,(\varphi_++\varphi_+')^*\,(\vec{\alpha}.\vec{A}_0)\,(\varphi_-+\varphi')}{E_+-E_--|\vec{k}|}.$$

En d'autres termes, les fonctions d'onde sont maintenant celles du champ coulombien du noyau modifié par le potentiel V du nuage des électrons.

([3]) Les boucles qui apparaissent dans le cinquième graphique et le sixième correspondent à des fluctuations du vide. Les termes correspondants seraient nuls si les électrons étaient libres, parce que le courant de polarisation dans le vide $\langle j \rangle_0$ est nul. Quand les électrons sont liés, le champ du noyau polarise le vide, la symétrie électrons-positrons de la théorie se trouve détruite et ces termes donnent une contribution à la diffusion.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mesure de la diffusion des traces dans les émulsions ; élimination de la diffusion parasite.* Note (*) de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude de la méthode dite *de la flèche* : élimination de l'erreur systématique introduite par la dispersion des grains (*spurious scattering*) ; évaluation de l'erreur ; élimination possible des erreurs dues à la déformation de l'émulsion.

Nous supposons connue dans son principe la méthode de la flèche. Soient $Ox$ un axe sensiblement parallèle à la trace ; $Oy \perp Ox$ ; $x_i, y_i$ $(i = 0, 1, \ldots, n)$ les coordonnées des grains utilisés ; $s = x_{i+1} - x_i$ la longueur de la cellule ; $\omega_i = s^{-1}(y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1})$ l'angle entre deux cordes ; $\beta_0^2 s$ l'angle quadratique moyen entre les *tangentes* à la trajectoire vraie en deux points distants de $s$ ; $r^2$ l'écart quadratique moyen de la dispersion parasite des grains en ordonnées. Chacune des variables aléatoires $\omega_i$ est la somme de deux variables aléatoires indépendantes $\omega_i^{(\nu)}$ (*diffusion vraie*) et $\omega_i^{(p)}$ (*diffusion parasite*). On sait que $\langle \omega_i^{(\nu)2} \rangle_{\text{moy}} = (2/3)\beta_0^2 s$ (Fermi). $\langle \omega_i^{(p)2} \rangle_{\text{moy}}$ (erreur systématique) est proportionnel à $r^2 s^{-2}$ et, d'ordinaire, on choisit $s$ assez grand pour que cette quantité soit inférieure à l'erreur statistique ; or nous voulons montrer qu'il est préférable de l'éliminer, suivant l'idée de *Moyal* ([1]), en utilisant le fait que les variables aléatoires $\omega_1^{(\nu)}, \ldots, \omega_i^{(\nu)}, \ldots$ d'une part et $\omega_1^{(p)}, \ldots, \omega_i^{(p)}, \ldots$ d'autre part, ne sont pas indépendantes entre elles et que les corrélations sont différentes dans les deux cas.

Considérons d'abord la diffusion vraie. Les variables $\omega_i^{(\nu)}$ et $\omega_{i+1}^{(\nu)}$ angles ayant un côté commun, ne peuvent être statistiquement indépendantes ; par contre $\omega_i^{(\nu)}$ et $\omega_k^{(\nu)}$ avec $|k - i| \geq 2$ le sont en raison de l'indépendance des diffusions élémentaires de part et d'autre de $x_{i+1}$ ou $x_{i-1}$, ainsi

$$(1\,c) \qquad \langle \omega_i^{(\nu)} \omega_{i+2}^{(\nu)} \rangle_{\text{moy}} = \langle \omega_i^{(\nu)} \omega_{i+3}^{(\nu)} \rangle_{\text{moy}} = \ldots = 0.$$

Considérons alors la quantité $Q = \langle [\omega_1^{(\nu)} + \ldots + \omega_i^{(\nu)} + \ldots]^2 \rangle_{\text{moy}}$ : pour un nombre assez grand, $n$, de cellules $Q$ tend évidemment vers $\beta_0^2 ns$, valeur quadratique moyenne de l'angle dont on a tourné la *tangente* à la trajectoire sur toute la longueur de la trace ; d'autre part, si l'on développe $Q$ on obtient, grâce à (1 *c*) $Q = \langle \omega_i^{(\nu)2} \rangle_{\text{moy}} + 2n \langle \omega_i^{(\nu)} \omega_{i+1}^{(\nu)} \rangle_{\text{moy}}$, d'où, *connaissant* (1 *a*) (Fermi), la relation (1 *b*)

$$(1\,a, b) \qquad \langle \omega_i^{(\nu)2} \rangle_{\text{moy}} = \frac{2}{3}\beta_0^2 s; \qquad \langle \omega_i^{(\nu)} \omega_{i+1}^{(\nu)} \rangle_{\text{moy}} = \frac{1}{6}\beta_0^2 s.$$

Étudions de même la diffusion parasite : ici se sont les ordonnées

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Phil. Mag.*, **41**, 1950, p. 1058.

$y_1^{(p)}, \ldots, y_i^{(p)}, \ldots, y_n^{(p)}$ avec $\langle y_i^{(p)} y_k^{(p)} \rangle_{\text{moy}} = r^2 \delta_{ik}$ qui jouent le rôle de variables indépendantes, on a

$$\langle \omega_i^{(p)} \omega_k^{(p)} \rangle_{\text{moy}} = s^{-2} \langle (y_{i-1}^{(p)} - 2y_i^{(p)} + y_{i+1}^{(p)})(y_{k-1}^{(p)} - 2y_k^{(p)} + y_{k+1}^{(p)}) \rangle_{\text{moy}},$$

d'où en développant

(2 *a*, *b*, *c*) $\langle \omega_i^{(p)2} \rangle_{\text{moy}} = 6r^2 s^{-2}$; $\langle \omega_i^{(p)} \omega_{i+1}^{(p)} \rangle_{\text{moy}} = -4r^2 s^{-2}$; $\langle \omega_i^{(p)} \omega_k^{(p)} \rangle_{\text{moy}} = r^2 s^{-2}$;

(2 *d*) $\langle \omega_i^{(p)} \omega_k^{(p)} \rangle_{\text{moy}} = 0 \quad (|k - i| \geq 3).$

Les formules (1 *a*, *b*, *c*) et (2 *a*, *b*, *c*) donnent

(3 *a*, *b*) $\langle \omega_i^2 \rangle_{\text{moy}} = \frac{2}{3}\beta_0^2 s + 6r^2 s^{-2}$; $\langle \omega_i \omega_{i+1} \rangle_{\text{moy}} = \frac{1}{6}\beta_0^2 s - 4r^2 s^{-2}$;

(3 *c*) $\langle \omega_i \omega_{i+2} \rangle_{\text{moy}} = r^2 s^{-2},$

(4) $$\boxed{\beta_0^2 s = \frac{12}{11}\left(\langle \omega_i^2 \rangle_{\text{moy}} + \frac{3}{2}\langle \omega_i \omega_{i+1} \rangle_{\text{moy}}\right)}$$

(4) est analogue dans la méthode de la flèche de formules données par Molière (²).

*Erreur.* — Posons $R = \Sigma_i[\omega_i^2 + (3/2)\omega_i\omega_{i+1}]$ ou plus généralement avec Molière (²), $R = \Sigma_{i,k} b_{ik} \omega_i \omega_k$ et, d'autre part, $\langle \omega_i^{(v)} \omega_k^{(v)} \rangle_{\text{moy}} = A_{ik}^{(v)}$; $\langle \omega_i^{(p)} \omega_k^{(p)} \rangle_{\text{moy}} = A_{ik}^{(p)}$, alors $\langle \omega_i \omega_k \rangle_{\text{moy}} = A_{ik} = A_{ik}^{(v)} + A_{ik}^{(p)}$. Ici $b_{ii} = 1$; $b_{i,i\pm 1} = 3/4$; $b_{ik} = 0$ si $|i - k| \geq 2$ et les $A_{ik}^{(v)}$, $A_{ik}^{p}$ sont donnés par les formules (1 *abc*), (2 *abcd*). Alors (³) on obtient, par un calcul simple,

$$\langle R \rangle_{\text{moy}} = T_r(bA); \quad \langle R^2 \rangle_{\text{moy}} - \langle R \rangle_{\text{moy}}^2 = 2\, T_r(bA\, bA),$$

cette dernière quantité, écart quadratique moyen $\langle \delta R \rangle^2$ de $\langle R \rangle_{\text{moy}}$ si $\beta_0$ est connu, peut réciproquement servir à évaluer $\delta\beta_0$ si $\langle R \rangle_{\text{moy}}$ est connu : le calcul numérique de la Trace donne ($n > 1$).

(5) $$\frac{\delta\beta_0}{\beta_0} = \frac{1}{2}\frac{\langle \delta R \rangle}{\langle R_{\text{moy}} \rangle} = (2n)^{-\frac{1}{2}} \frac{12}{11}\left[1{,}649 + \left(\frac{1}{3} + \frac{7\lambda}{2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}},$$

avec $n$, nombre de $\omega_i$ mesurés et $\lambda = r^2 \beta_0^{-2} s^{-3} \ldots (6)$.

Il convient en fait de multiplier $\delta\beta_0$ par un facteur 2 ou 3 pour avoir de bonnes limites d'erreur.

*Cellule optimum.* — Tenant compte du fait que $n = l_0 s^{-1} \sim \lambda^{1/3}$, on trouve une valeur optimum de $\lambda$ indépendante de l'énergie, de $l_0$ et de la nature du milieu : $\lambda_{\text{opt}} = 0{,}136$; d'où $s_{\text{opt}}$ par (6) si l'on connaît approximativement $r$ et $\beta_0$. On a alors $\delta\beta_0/\beta_0 \approx 1{,}6(2n)^{-1/2}$ tandis que par l'ancienne méthode (statistique portant seulement sur $\omega_i^2$) on aurait obtenu pour l'évaluation correspondante

(²) G. Molière, *Z. Phys.* (à paraître) [manuscrit communiqué par l'auteur].

(³) Approximation Gaussienne.

de l'erreur *statistique* $\delta\beta_0/\beta_0 \approx (2n)^{-1/2}$, mais il aurait fallu alors prendre $s$ assez grand pour que l'erreur systématique due à la diffusion parasite soit petite devant l'erreur statistique. On voit aisément que l'erreur totale dépasse celle de la présente méthode.

*Élimination des déformations dans la gélatine.* — On supposera ces déformations lentes et continues : alors si $\theta_i$ est l'angle en projection dont est déformée la trace de $x_{i-1}$ à $x_i$ on aura

$$\theta_i^2 \approx \theta_i\theta_{i+1} \approx \theta_i\theta_{i+2} \qquad \text{d'où} \quad \langle \theta_i^2 \rangle_{\text{moy}} = \langle \theta_i\theta_{i+1} \rangle_{\text{moy}} = \langle \theta_i\theta_{i+2} \rangle_{\text{moy}};$$

on peut donc compléter les équations (3, *a*, *b*, *c*) par un même terme constant qu'on éliminera ensuite en même temps que $r$, ce qui donne ([4])

$$\beta_0^2 s = \frac{6}{5}(\langle \omega_i^2 \rangle_{\text{moy}} + \langle \omega_i\omega_{i+1} \rangle_{\text{moy}} - 2\langle \omega_i\omega_{i+2} \rangle_{\text{moy}})$$

*Remarque.* — Les erreurs dues à la translation de la platine ne sont pas éliminées par (4) car elles correspondent à un $r$ variable avec $x_i$ ([5]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Étude de la distribution du potentiel électrique dans un cas particulier.* Note (*) de M^me **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1° Dans la cellule vivante, le protoplasma est constitué par un complexe colloïdal particulier de protides, de lipides et de sels dans une solution électrolytique diluée.

Les solutions colloïdales présentent une conductibilité électrique légèrement supérieure à celle du liquide micellaire séparé par ultrafiltration. De là M. J. Duclaux émit l'hypothèse que les micelles sont ionisées. Dans la matière vivante les micelles se présentent comme de gros granules de composés protéo-lipoïdiques liés à des ions simples. Chaque granule peut être considéré comme possédant une charge négative, puisqu'il est associé à des ions métalliques positifs, qui sont en majorité des ions $K^+$. Mais s'il est vrai que ces ions positifs sont attirés par un granule négatif, ils sont néanmoins soumis à une dispersion désordonnée. Le gros anion et les ions libres forment ce que l'on a appelé, d'après Helmholtz, une « couche double diffuse ».

L'étude morphologique de la cellule montre que la zone sous-jacente à la membrane est la plus dense en composés protéo-lipoïdiques. L'étude physiologique nous a appris que la cellule possède une enveloppe positive par rapport à l'intérieur.

---

(4) Cellule optimum au moins 1,5 fois plus grande qu'avec (4).

(5) Levi Setti, *Nuovo Cimento*, VIII; 2, 1951, p. 96, cf. *fig.* 3.

(*) Séance du 19 février 1951.

2° *Potentiel de membrane à l'état de repos.* — M. Hodgkin [1] a étudié en collaboration avec M. Huxley, les échanges ioniques d'un axone avec le milieu ambiant (solution physiologique). Ils ont trouvé qu'à l'état de repos du nerf, les échanges se font à peu près en sens unique : des ions $K^+$ sortent de l'axone. Le nuage d'ions positifs, formé par les ions $K^+$ sortants, peut expliquer la polarisation positive de la surface du nerf à l'état de repos.

Reportons-nous pour cela à un gros anion lipoïdo-protéique et considérons un petit élément de volume $dV$ à l'extrémité d'un rayon vecteur $r$ très court ayant son origine à l'anion. En faisant la moyenne de la charge, pendant un temps suffisamment long par rapport aux fluctuations browniennes ($10^{-12}$ sec), nous trouverons que l'élément de volume est chargé positivement. En effet la probabilité pour qu'un ion positif se trouve à la distance considérée de l'anion est suivant le théorème de répartition de Boltzmann, supérieure à la probabilité pour qu'un ion négatif se trouve à la même distance. De plus, les gros anions sont retenus par la membrane et forment à son interface une zone riche en gros éléments lipoïdo-protéidiques; seuls les ions libres $K^+$ peuvent passer mais sont retenus près de la surface par l'action des anions. Il existe entre les ions positifs et un ion négatif une liaison lâche dont l'action diminue à mesure que la distance augmente.

C'est de cette façon qu'il semble facile d'expliquer la polarisation positive des cellules vivantes et de la cellule nerveuse en particulier.

3° Nous pouvons calculer le potentiel d'un élément $dV$ à la surface de la membrane. Suivant le principe de distribution de Maxwell-Boltzmann, et pour satisfaire à l'équation de Poisson, nous devons avoir

$$\Delta\psi = \frac{4\pi}{D_0}\rho,$$

$\psi$ étant la valeur moyenne dans le temps du potentiel au point considéré $D_0$, la constante diélectrique du milieu considéré (solution de Ringer), $\rho$ la densité électrique vraie dans le milieu de constante diélectrique $D_0$. Cette densité peut être calculée à partir du principe de Maxwell-Boltzmann et nous aurons, si $\varepsilon$ est la charge absolue des ions, $\rho = 2n\varepsilon\,\mathrm{sh}(\varepsilon\psi/kT)$. Le potentiel devient solution de l'équation aux dérivées partielles

$$\Delta\psi = \frac{8\pi n\varepsilon}{D_0}\,\mathrm{sh}\,\frac{\varepsilon\psi}{kT}.$$

Et puisque nous sommes dans le cas des solutions diluées $\Delta\psi = (8\pi n\varepsilon^2/D_0 kT)$, posons

$$\frac{1}{\chi} = \sqrt{\frac{D_0 kT}{8\pi n\varepsilon^2}},$$

---

[1] *Colloque international de Physiologie*, Paris, avril 1949.

où $\chi$ a les dimensions de l'inverse d'une longueur qui est la donnée essentielle de la théorie de Debye.

L'équation aux dérivées partielles prend la forme très simple $\Delta\psi = \chi^2\psi$, que l'on peut essayer de résoudre en considérant le rayon vecteur $r$ qui joint un anion au nuage d'ions correspondant et passant par l'intervalle le plus proche d'où sont sortis les ions. $r$ est approximativement égal à l'épaisseur de la membrane. Nous avons alors, pour le potentiel moyen,

$$\psi = \frac{\varepsilon}{D_0}\,\frac{e^{-\chi r}}{r},$$

cette expression peut être décomposée en une somme de deux termes : $\psi = \psi_{\text{I}} + \psi_{\text{II}}$, $\psi_{\text{I}}$ représente le potentiel de l'anion $\psi_{\text{I}} = -(\varepsilon/D_0)(1/r)$; $\psi_{\text{II}}$ le potentiel créé par le nuage d'ions positifs au point P ; dans le cas qui nous occupe, c'est le potentiel créé par les ions $K^+$ à la surface de la membrane

$$\psi_{\text{M}} = \frac{\varepsilon}{D_0}\,\frac{1 - e^{-\chi r}}{r}.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Développement d'une théorie de Marcel Riesz* (¹). *Forme covariante de la fonction de distribution de l'impulsion-énergie de l'électron libre.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On complète une théorie de M. Riesz (¹) par la considération des énergies négatives et par celle de la transformation de Fourier réciproque.

$\psi(x^i)$ $(i = 1, 2, 3, 4)$, désignant une solution de l'équation de Dirac sans quadripotentiel $(\gamma_i p^i - \mu)\psi = 0$, et $\varphi(p^i)$ sa transformée de Fourier à quatre dimensions, l'on voit en appliquant à $\psi$ l'opérateur $p_i p^i + \mu^2$ que *la transformation de $\varphi$ en $\psi$ se réduit à une intégrale triple étendue aux deux nappes de l'hyperboloïde $p_i p^i = -\mu^2$*, dont $\delta v^i$ où $\delta v$ désignera l'élément $(\mu\,\delta v^i = p^i\,\delta v$, $\mu$ et $\delta v$ essentiellement positifs); on peut donc écrire

$$(1)\qquad h^{\frac{2}{3}}\psi(x^i) = \iiint_{\mathcal{H}} \gamma^j e^{\frac{2\pi i}{h}p^k x_k}\varphi(p^i)\,\delta v_j \equiv \iiint_{\mathcal{H}} e^{\frac{2\pi i}{h}p^k x_k}\varphi(p^i)\,\delta v;$$

$\zeta(p^i)$ désignant une fonction arbitraire définie sur $\mathcal{H}$, la solution $\varphi$ la plus générale et de la forme $(\gamma_i p^i + \mu)\zeta(p^k)$.

Introduisons entre les points des deux nappes de $\mathcal{H}$ la correspondance biunivoque covariante $p^i_- = -p^i_+$, et posons $\varphi_-(p^i_+) = \varphi(p^i_-)$,

$$(2)\qquad h^{\frac{2}{3}}\psi_+ = \iiint_{\mathcal{H}_+} e^{\frac{2\pi i}{h}p^k x_k}\varphi_+(p^i)\,\delta v, \qquad h^{\frac{2}{3}}\psi_- = \iiint_{\mathcal{H}_+} e^{\frac{2\pi i}{h}p^k x_k}\varphi_-(p^i)\,\delta v,$$

---

(¹) *Actes du* 10ᵉ *Congrès des mathématiciens scandinaves*, Copenhague, 1946, p. 138-144.

$\psi = \psi_+ + \psi_-$. Il est aisé de remplacer les deux intégrales précédentes pour des intégrales planes du type usuel.

$$(3)\qquad h^{\frac{2}{3}}\psi_+ = \iiint \frac{\mu}{p_+^4} e^{\frac{2\pi i}{h} p_+^k x_k} \varphi_+(\vec{p})\,\delta v_+^4, \qquad h^{\frac{2}{3}}\psi_- = \iiint \frac{\mu}{p_+^4} e^{-\frac{2\pi i}{h} p_+^k x_k} \varphi_-(\vec{p})\,\delta v_+^4.$$

Montrons maintenant que le $\varphi(p^i)$ défini par la formule ([2])

$$(4)\qquad -\mu h^{\frac{2}{3}} \varphi(p^i) = \pm \iiint_{\mathcal{S}} p^i e^{-\frac{2\pi i}{h} p^k x_k} \psi(x^i)\,\delta u_i$$

est *indépendant de l'hypersurface* $\mathcal{S}$ *du genre espace* et *identique au* $\varphi(p^i)$ *figurant dans* (1); le signe $\pm$ est à prendre suivant que $p^i = p^i_\pm$. Compte tenu de l'orthogonalité des fonctions $\psi_\pm$ avec les ondes planes $p^i_\pm$ ([3]), et distinguant les deux cas $p^i_+$ et $p^i_-$, la formule (4) a pour conséquences les deux formules réciproques des formules (3) ([2]).

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned} -h^{\frac{2}{3}} \frac{\mu}{p_+^4} e^{\frac{2\pi i}{h} p_+^4 x_4} \varphi_+(\vec{p}) &= \iiint_{x_4 = \text{const.}} e^{-\frac{2\pi i}{h} \vec{p}.\vec{x}} \psi_+(x^i)\,\delta u^4, \\ -h^{\frac{2}{3}} \frac{\mu}{p_+^4} e^{-\frac{2\pi i}{h} p_+^4 x_4} \varphi_-(\vec{p}) &= \iiint_{x_4 = \text{const.}} e^{\frac{2\pi i}{h} \vec{p}.\vec{x}} \psi_-(x^i)\,\delta u^4; \end{aligned}\right.$$

ce résultat étant obtenu *quel que soit le référentiel galiléen* et, dans celui-ci, *quel que soit le niveau* $x_4$ *d'intégration à temps constant*, la propriété annoncée est établie ([4]).

$\psi_1$, $\varphi_1$ et $\psi_2$, $\varphi_2$ désignant deux solutions de l'équation de Dirac, et compte tenu de l'orthogonalité des ondes planes $p^i_+$ et $p^i_-$ ([3]), l'égalité de Parseval associée aux formules (3) et (5) s'écrit

$$(6)\qquad \iiint_{x_4=\text{const.}} \psi_1^+ \psi_2\,\delta u^4 = \iiint_{p_4=0} \left(\frac{\mu}{p_4}\right)^2 (\varphi_{1+}^+ \varphi_{2+} + \varphi_{1-}^+ \varphi_{2-})\,\delta v^4;$$

le flux du premier membre est conservatif à travers toute $\mathcal{S}$ du genre espace; en vertu du lemme généralisé de M. Riesz $\mu^2 \bar{\varphi}_1 \gamma_k \varphi_2 = p_+^k \bar{\varphi}_1 \gamma_i p_+^i \varphi_2$, le second membre se transforme, et il vient l'*égalité de Parceval covariante* ($\bar{\psi} = \psi^+ \gamma^0$, $\bar{\varphi} = \varphi^+ \gamma^0$)

$$(7)\qquad \iiint_{\mathcal{S}} \bar{\psi}_1 \gamma^i \psi_2\,\delta u_i = \iiint_{\mathcal{H}} \bar{\varphi}_1 \gamma_i \varphi_2\,\delta v_i.$$

Finalement, *les valeurs et fonctions propres de l'impulsion, énergie de l'électron libre ont été définies sur une hypersurface du genre espace* $\mathcal{S}$ *quelconque;* les pre-

---

([2]) Le signe — s'introduit par la manière dont figurent les imaginaires pures $p^4$, $\delta v^4$, $\delta u^4$ dans (3) et (5).

([3]) Propriété déductible des formules (3), compte tenu du fait que le référentiel galiléen utilisé est arbitraire.

([4]) Il suffit de passer par la transformation en intégrale quadruple.

mières sont *nécessairement telles que* $p_i p^i = -\mu^2$, et les secondes, *compte tenu nécessairement et automatiquement des énergies négatives*, forment un système orthogonal et complet. Le second membre de (7), avec $\varphi_2 = \varphi_1 = \varphi$, est évidemment la *fonction de distribution de l'impulsion énergie*, et, en posant $\varphi_2 = e^{(2\pi i/h) p^k \gamma_k} \varphi_1$, l'on obtient bien au premier membre notre *fonction caractéristique de l'impulsion-énergie* (5) qui, dans le cas présent, est *indépendante de* $\mathcal{E}$. Remarquons enfin que *l'application successive des formules* (4) *et* (1) *résout le problème de Cauchy pour l'électron libre* (6).

La validité de l'intégrale (4) n'est pas restreinte aux hypersurfaces $\mathcal{E}$ du genre espace, mais subsiste pour toute $\mathcal{E}$ coupant *une seule fois* et *totalement* l'hypertube d'Univers où $\psi$ n'est pas nulle. Ceci permet de compléter notre théorie de la diffraction-hachage d'une onde électronique (7), en montrant que les ondes évanescentes fournies par notre calcul initial sont identiquement nulles; de l'ouverture ne s'échappent que les ondes planes à énergies positives et négatives, transmises et réfléchies, à propos desquelles nous avions suggéré l'interprétation feynmannienne du positon. Cette *expérience de pensée* représente une mesure à $x_1$ donnée des coordonnées $x_2$, $x_3$, $x_4 = it$ de l'électron, et n'introduit pas de statistique sur $x_1$; la 4e relation d'incertitude s'y révèle homogène aux 2e et 3e, tout en conservant sa signification traditionnelle (8).

La présente théorie ne se généralise pas au cas d'un quadripotentiel régnant, et les transformations de Fourier quadruples sont alors inévitables.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Opérateur hermitien, de caractère stochastique, et opérateur covariant, de dérivation des spineurs, dans un espace de Riemann (à quatre dimensions)*. Note de M. **Georges Bodiou**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans l'espace euclidien, des postulats relatifs à une dépendance stochastique entre les composantes $p_i$ du vecteur impulsion et les composantes $x^i$ du vecteur $\overrightarrow{OM}$, conduisent à calculer la valeur moyenne d'une fonction des $p_i$, soit $F(p)$, par les formules

$$\bar{F}_{(p)} = \int \psi^*_{(x)} F\left(-\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x}\right)\psi_{(x)}\, dx\, dy\, dz,$$

où les $\psi$ sont des éléments de l'espace de Hilbert-Hermite des fonctions à

(5) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 214-216.

(6) Une autre résolution figure dans Schwinger, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, équat. (2.23) et (2.24), p. 1451. La solution pour le cas avec quadripotentiel a été donnée par Fock, *Phys. Zeit. Sowjet.*, **12**, 1937, p. 411-416.

(7) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 724 et **227**, 1948, p. 1210.

(8) *Voir* notamment L. de Broglie, *L'électron magnétique*, Paris, 1934, p. 303-304.

module carré sommable, ce qu'on exprime en disant que les opérateurs $p_i$ et $-(h/2\pi i)(\partial/\partial x^i)$ sont équivalents.

2. Si F dépend à la fois des $p_i$ et des $x^i$, son ondulisation, c'est-à-dire sa transformation en un opérateur fonction des $(h/2\pi i)(\partial/\partial x_i)$ et des $x^i$, n'est définie que par la condition qu'il doit être hermitien, les $x^i$ et les $(h/2\pi i)(\partial/\partial x^i)$ ne commutant pas. Par exemple si F est linéaire aux $p_i$ : $F(p, x) = O_i'^l p_l$, on prendra

$$F\,(\text{opérateur}) = \frac{O_i'^l p_l + p_l O_i'^l}{2} = \frac{F + F^*}{2} = F + \frac{F^* - F}{2},$$

qui est hermitien.

3. Considérons maintenant un espace quelconque de Riemann en coordonnées $\xi$ quelconques; choisissons des repères locaux de cet espace, égaux entre eux, $(\Omega)$ dans lesquels le $ds^2$ prend la forme :

$$ds^2 = (d\omega^1)^2 + (d\omega^2)^2 + (d\omega^3)^2 + (d\omega^4)^2,$$

où les $d\omega^i$ ne sont pas nécessairement des différentielles totales, mais des formes de Pfaff.

On le rapporte à de nouvelles coordonnées $x$ pour lesquelles on fait l'hypothèse d'une dépendance stochastique quantique entre les composantes contravariantes $x^i$ de OM et les composantes covariantes $p_i$ de vecteurs impulsions d'univers, entraînant $p_i = -(h/2\pi i)(\partial/\partial x^i)$.

Les composantes $p$ dans les (X), deviennent P dans les $(\Omega)$, et l'on a $P_i = O_i'^l p_l$, où les $O_i'^l$ sont des fonctions des $x$; en tant que grandeurs aléatoires quantiques, par référence au système (X), ces fonctions $P_i$ doivent être corrigées, lors de leur ondulisation, du terme $(F^* - F)/2$, c'est-à-dire ici du terme additif $-(h/2\pi i)(1/2)[\partial(O_i'^l)/\partial x^l]$, qu'on peut appeler terme complémentaire de réalité.

Les $P_i$ deviennent alors les opérateurs

$$D_i = \frac{\partial}{\partial\omega^i} + \frac{1}{2}\frac{\partial(O_i'^l)}{\partial x^l}$$

que nous appellerons opérateur de dérivation hermitienne.

4. Par ailleurs, les spineurs, liés à certains couples de biplans isotropes, sont définis par référence à des repères égaux entre eux, tels les $(\Omega)$. On peut définir pour ces repères une différentiation covariante des spineurs (¹). On peut ensuite écrire une équation « symbolique » de Dirac, sous forme matricielle; mais nous montrons que ce n'est que si les repères $(\Omega)$ satisfont à la condition

(2) $C_{ij}^l + C_{jl}^i + C_{li}^j = 0$ ou $\Gamma_{ij}^l + \Gamma_{jl}^i + \Gamma_{li}^j = 0$ (²) quels que soient les $i, j, l$,

(¹) E. CARTAN, *Leçons sur les spineurs*, II, § 174, 175, 176.

(²) R. LAGRANGE, *Calcul différentiel absolu*, p. 19.

que la matrice qui opère sur le spineur $\psi$ dans cette équation est une matrice de vecteur covariant, condition nécessaire pour qu'on puisse considérer l'équation différentielle de Dirac comme provenant de l'ondulisation d'une équation géométrique $(\mathrm{P}/imc)\,\psi = -\psi$, c'est-à-dire de l'introduction d'une dépendance stochastique entre les composantes de P et celles de OM dans un système convenable de coordonnées.

Il existe une infinité de repères $(\Omega)$ qui vérifient la condition (2), par exemple ceux formés par les vecteurs unitaires tangents à un quadruple de lignes coordonnées orthogonales (exemple : espaces de Minkowski et de Schwarzschild rapportés aux vecteurs unitaires tangents aux lignes coordonnées polaires).

5. Nous cherchons alors les conditions (1) que doit remplir un système (X) de coordonnées d'un espace donné, pour que la dérivation covariante de spineurs relatifs à un champ de repères égaux de cet espace, repères satisfaisant à la condition (2), soit identique à la dérivation hermitienne relative à ces coordonnées (X); nous trouvons qu'il faut et suffit que le volume du 4-èdre fondamental des (X) soit constant; il existe toujours une infinité de systèmes de coordonnées satisfaisant à cette condition (1); ce sont ceux dans lesquels toute intégrale de volume

$$\int \Psi^{*}_{(\xi)}\mathrm{F}(\xi)\,\Psi_{(\xi)}\sqrt{g}\,d\xi^1\,d\xi^2\,d\xi^3\,d\xi^4, \qquad \text{s'écrit} \qquad \int \Psi^{*}_{(x)}\mathrm{F}(x)\,\Psi_{(x)}\,dx^1\,dx^2\,dx^3\,dx^4,$$

c'est-à-dire ceux qui permettent justement d'interpréter les $\Psi$ comme des densités complexes de répartition des $x$, sur leurs axes.

Les coordonnées rectangulaires d'espace pur et $x^4$ satisfont dans l'espace de Schwarzschild à cette condition (1); la dérivation covariante des spineurs liés aux repères définis plus haut, est donc identique à leur dérivation hermitienne ou stochastique relative à ces coordonnées.

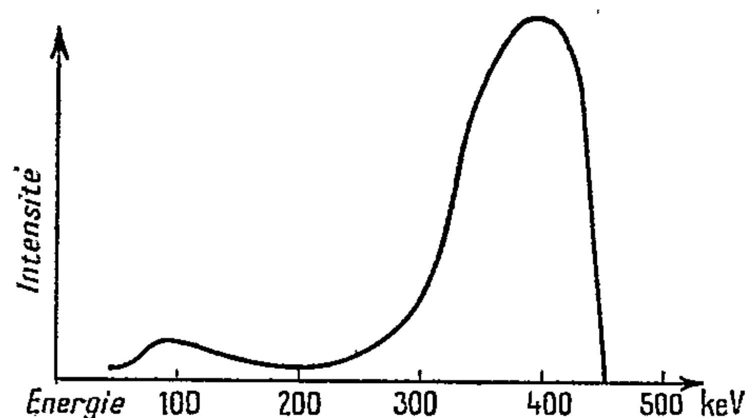
6. En résumé, le spineur est un être géométrique défini par référence à un champ de repères égaux; son interprétation statistique est relative à un système déterminé de coordonnées; mais il existe dans tout espace de Riemann, une infinité de champs de repères égaux pour lesquels l'équation géométrique de Dirac : $(\mathrm{P}/imc)\,\Psi = -\Psi$, qui exprime l'invariance du spineur dans la symétrie relative à l'hyperplan perpendiculaire à P, s'ondulise de façon covariante mais statistiquement interprétable par rapport à une infinité de systèmes convenables de coordonnées; ce qui autorise la coexistence du point de vue géométrique et du point de vue probabiliste.

ÉLECTRONIQUE. — *Quelques mesures sur un accélérateur linéaire.* Note (*) de MM. **Pierre Grivet** et **Jean Vastel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a construit et essayé la première cellule d'un accélérateur linéaire d'électrons, destiné à fournir 4 à 5 MeV. Cet appareil, du type à ondes progressives, est alimenté en impulsions de $2^{\mu s}$ sous 80 kV et donne des électrons de 0,4 MV avec un débit instantané de plusieurs milliampères; les caractéristiques mesurées obéissent remarquablement aux formules théoriques.

Nous avons étudié et construit un accélérateur linéaire d'électrons, fonctionnant sur une fréquence de 3000 Mc ($\lambda = 10^{cm}$). L'appareil met en jeu des ondes progressives, le déphasage du champ en les points homologues de deux cavités successives étant d'un quart de période, et chacune vibrant suivant le mode $E_{01}$.

L'énergie de haute fréquence est fournie par un magnétron (type MC 101 de la Compagnie Générale de T. S. F), pouvant donner une puissance de 0,5 mW en crête; il est alimenté par des impulsions de $2^{\mu s}$, répétées 100 fois par seconde. On a expérimenté jusqu'à présent avec une longueur de guide de $25^{cm}$ seulement; elle est équivalente à un champ statique axial de 15 kV/cm et accélère jusqu'à une vitesse de 0,83 c (énergie 0,4 meV) les électrons qui n'ont à l'entrée de l'appareil qu'une vitesse de 0,5 c (énergie 80 keV). Malgré la faible longueur du guide, l'effet de groupement est marqué et le spectre des énergies présente un maximum accusé (*fig.* 1). La valeur de crête du courant




est d'environ de 10 mA et l'on note déjà la nécessité de régler le courant pour adapter au mieux la charge électronique aux possibilités du guide accélérateur; c'est dans ces conditions qu'on observe le spectre le plus favorable aux grandes énergies. La plus grande partie de l'énergie H. F. reste inutilisée et se trouve dissipée dans une charge, aussi parfaitement absorbante que possible (taux d'onde stationnaire à l'entrée inférieur à 1,01 à vide) et dont la structure permet de mesurer avec sécurité l'énergie mise en jeu : 200 kW jusqu'à présent. L'accélérateur avait été prévu pour utiliser cette puissance et le sacrifice de 350 kW avait été délibérément consenti pour augmenter la sécurité de fonctionnement

(*) Séance du 19 février 1951.

dans ces expériences préliminaires, où il était désirable d'explorer une large bande de fréquence de part et d'autre de la fréquence nominale du magnétron ($\Delta f = \pm 20$ Mc); le tube est à accord fixe et l'on ne peut modifier la longueur d'onde qu'au détriment de la qualité de l'adaptation.

L'appareil est entièrement démontable, le guide accélérateur lui-même est constitué par un empilage de cavités cylindriques en contact; on a consacré beaucoup de soins à l'usinage des cavités, à leur argenture et à leur polissage; la précision atteinte s'est montrée suffisante pour apparier la fréquence de fonctionnement à celle de la source. Un champ magnétique axial de 100 gauss assure la stabilité transversale des trajectoires; il est produit par des bobines extérieures. Le vide est assuré par une pompe à diffusion de mercure et un piège à air liquide, il atteint environ $3.10^{-5}$ mm en marche.

Les impulsions de grande puissance sont produites par un arc tournant. Les expériences portent actuellement sur une nouvelle section de $75^{cm}$ de long; le champ axial y est plus élevé et elle pourra donner, dans les mêmes conditions, des énergies supérieures à 1 MeW.

OPTIQUE. — *Étude de la lumière diffusée par une solution de bâtonnets anisotropes.* Note (*) de MM. **Paul Horn**, **Henri Benoit** et **Gérald Oster**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour interpréter les mesures de dissymétrie de la lumière diffusée par une solution isotrope de bâtonnets dont les dimensions sont comparables à la longueur d'onde de la lumière utilisée, on dispose à l'heure actuelle de la théorie de Debye ([1]). Dans cette théorie on assimile le bâtonnet infiniment mince à un ensemble de résonateurs ponctuels, isotropes et indépendants, répartis sur toute sa longueur L. Dans ce travail nous essayons de généraliser la théorie de Debye en tenant compte de l'anisotropie du bâtonnet, c'est-à-dire en admettant que les résonateurs élémentaires possèdent deux polarisabilités principales $\alpha$ et $\beta$ dans la direction du bâtonnet et dans une direction perpendiculaire.

Soit OZ l'axe du bâtonnet ayant une extrémité en O et dont l'orientation est définie dans le système $Oxyz$ par l'angle $\eta = \widehat{Oz, OZ}$ et l'angle $\varphi$ des plans (OZ, $Oz$) et ($Oz$, $Oy$). Pour la commodité nous supposerons que le plan $xOy$ est horizontal.

L'onde plane incidente, se propageant parallèlement à $Oy$, est supposée polarisée soit parallèlement à $Ox$ soit parallèlement à $Oz$. On peut alors calculer les quatre composantes $V_v$, $H_v$, $V_h$, $H_h$ du vecteur lumineux diffusé dans la direction d'observation OS du plan $xOy$, faisant avec $Oy$ l'angle $\theta$ en

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) B. H. Zimm, R. S. Stein et P. Doty, *Polym. Bull.*, 1, 1945, p. 90.

composant comme dans la théorie de Debye, les vecteurs lumineux, diffusés par les différents points du bâtonnet. On a ainsi

$$V_v = \frac{2E^2}{L^2}\int_0^L [\alpha\cos^2\eta + \beta\sin^2\eta]^2 e^{2ikr\sin\eta\sin\left(\varphi-\frac{\theta}{2}\right)\sin\frac{\theta}{2}}(L-r)\,dr,$$

$$H_v = \frac{2E^2}{L^2}\int_0^L (\alpha-\beta)^2\sin^2\eta\cos^2\eta\sin^2(\varphi-\theta)\, e^{2ikr\sin\eta\sin\left(\varphi-\frac{\theta}{2}\right)\sin\frac{\theta}{2}}(L-r)\,dr,$$

$$V_h = \frac{2E^2}{L^2}\int_0^L (\alpha-\beta)^2\sin^2\eta\cos^2\eta\sin^2\varphi\, e^{2ikr\sin\eta\sin\left(\varphi-\frac{\theta}{2}\right)\sin\frac{\theta}{2}}(L-r)\,dr,$$

$$H_h = \frac{2E^2}{L^2}\int_0^L [\beta\cos\theta + (\alpha-\beta)\sin^2\eta\sin\varphi\sin(\varphi-\theta)]^2 e^{2ikr\sin\eta\sin\left(\varphi-\frac{\theta}{2}\right)\sin\frac{\theta}{2}}(L-r)\,dr.$$

Dans cette expression E est l'amplitude du vecteur lumineux incident et $k$ représente le rapport $2\pi/\lambda'$ où $\lambda'$ est la longueur d'onde de la lumière dans la solution.

L'intensité moyenne des composantes $V_v$, $H_v$, $V_h$ et $H_h$ de la lumière diffusée par tous les bâtonnets dont l'orientation est distribuée de manière uniforme est alors :

$$\begin{aligned}
\overline{V_v} &= \frac{1}{4\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} V_v \sin\eta\, d\eta\, d\varphi \\
&= (1-\delta)^2\left[\frac{Si(2x)}{x} - \frac{\sin^2 x}{x^2}\right] + 3\delta(1-\delta)\left[\frac{\cos 2x}{2x^2} + \frac{\sin 2x}{4x^3} - \frac{1}{x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\quad + \frac{27\delta^2}{8}\left[\frac{\sin 2x}{8x^5} - \frac{\cos 2x}{4x^4} + \frac{\sin 2x}{4x^3} + \frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{4}{3x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right],
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\overline{H_v} = \overline{V_h} &= \frac{1}{4\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} H_v \sin\eta\, d\eta\, d\varphi \\
&= \frac{9\delta^2}{4}\Bigg\{\left[\frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{\sin 2x}{4x^3} - \frac{1}{x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\qquad - \frac{3}{4}\left[\frac{\sin 2x}{8x^5} - \frac{\cos 2x}{4x^4} + \frac{\sin 2x}{4x^3} + \frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{4}{3x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\qquad - \frac{\cos\theta}{4}\left[\frac{5\sin 2x}{8x^5} - \frac{5\cos 2x}{4x^4} + \frac{\sin 2x}{4x^3} + \frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{8}{3x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right]\Bigg\},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\overline{H_h} &= \frac{1}{4\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} H_h \sin\eta\, d\eta\, d\varphi \\
&= \left[\frac{(\delta+2)^2}{4}\cos^2\theta + \frac{9\delta^2}{8}\right]\left[\frac{Si(2x)}{x} - \frac{\sin^2 x}{x^2}\right] \\
&\quad - \left[\frac{9\delta^2}{8} + \frac{3\delta^2+6\delta}{4}\cos^2\theta\right]\left[\frac{\cos 2x}{2x^3} + \frac{\sin 2x}{4x^3} - \frac{1}{x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\quad + \frac{27\delta^2}{64}(2\cos^2\theta + 1)\left[\frac{\sin 2x}{8x^5} - \frac{\cos 2x}{4x^4} + \frac{\sin 2x}{4x^3} + \frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{4}{3x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\quad + \frac{9\delta^2}{16}\cos\theta\left[\frac{5\sin 2x}{8x^5} - \frac{5\cos 2x}{4x^4} + \frac{\sin 2x}{4x^3} + \frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{8}{3x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\quad - \frac{3\delta^2+6\delta}{4}\cos\theta\left[\frac{3\sin 2x}{4x^3} + \frac{\cos 2x}{2x^2} - \frac{2}{x^2} + \frac{Si(2x)}{x}\right] \\
&\quad + \frac{9\delta^2}{64}\left[\frac{35\sin 2x}{8x^5} - \frac{35\cos 2x}{4x^4} - \frac{5\sin 2x}{4x^3} + \frac{3\cos 2x}{2x^2} - \frac{32}{3x^2} + \frac{3Si(2x)}{x}\right],
\end{aligned}$$

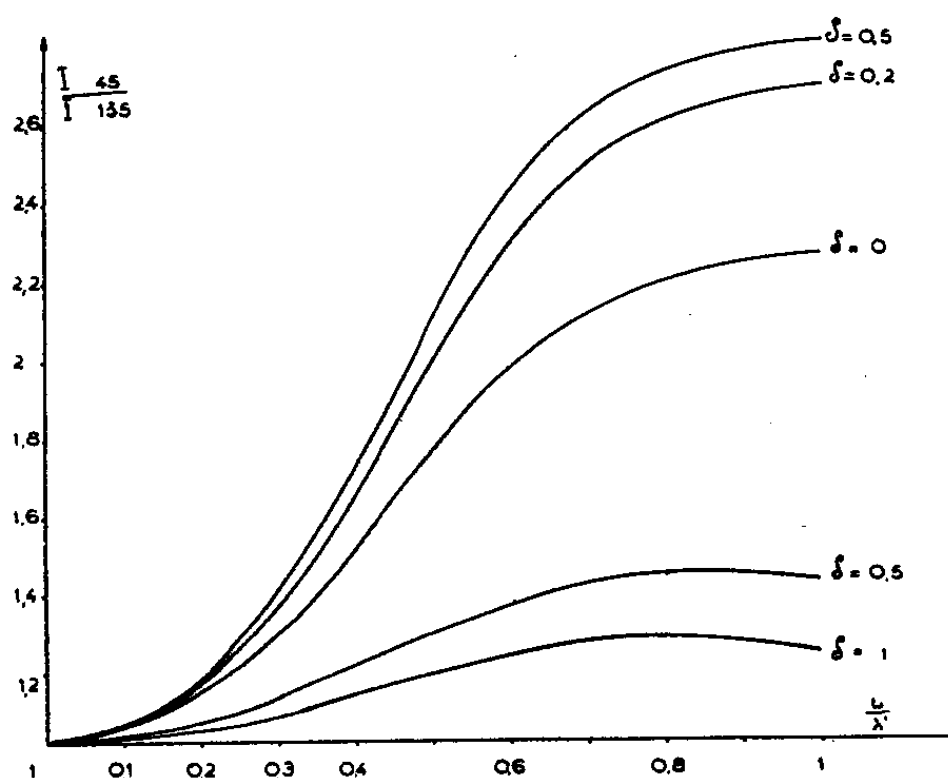
en posant $\delta = (\alpha - \beta)/(\alpha + 2\beta)$ :

$$x = 2\pi \frac{L}{\lambda'} \sin\frac{\theta}{2} \qquad \text{et} \qquad Si(2x) = \int_0^{2x} \frac{\sin V}{V}\, dV.$$

Ces formules permettent de calculer pour toutes les valeurs de θ les facteurs de dépolarisation $\rho_u$, $\rho_v$, $\rho_h$ en fonction de la longueur du bâtonnet et de son anisotropie δ.

Elles permettent également, comme cela est classique, de calculer en fonction de l'angle d'observation θ, la variation de l'intensité de la lumière diffusée et en particulier le rapport $I_\theta/I_{\pi-\theta}$ de la lumière diffusée dans les directions θ et π — θ en fonction de L/λ' et de δ.

La figure représente, pour différentes valeurs de δ, la variation de $I_{45}/I_{135}$ en fonction de L/λ'.




Pour δ = 0 on retrouve la courbe classique de Debye, mais pour de fortes anisotropies les courbes théoriques obtenues s'écartent fortement de cette dernière. L'aspect des courbes de la figure montre que la détermination de L par la mesure de la dissymétrie de la lumière diffusée comme elle est pratiquée actuellement en supposant δ = 0, peut conduire à des résultats erronés.

OPTIQUE. — *Sur la luminescence des matières colorantes en solution solide dans le plexiglass.* Note (*) de M^lle **Élisabeth Laffitte**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Les phénomènes de luminescence en milieu rigide. — 1° Dans une solution solide (viscosité infinie), la mesure du taux de polarisation donne la polarisa-

(*) Séance du 19 février 1951.

tion fondamentale $p_0$, caractéristique de la molécule fluorescente. Cette valeur expérimentale reste en général inférieure à la valeur extrapolée de F. Perrin, l'écart pouvant s'expliquer par l'hypothèse des vibrations de torsion des molécules ([1]).

2° C'est en solution solide que les matières colorantes présentent en général le phénomène de phosphorescence. Le schéma énergétique de Jablonski rend compte des deux bandes de phosphorescence [bandes $\alpha$ et $\beta$ de G. N. Lewis et ses collaborateurs ([2])].

2. Les milieux rigides transparents. — 1° *Solvants vitreux à la température ordinaire* (acide borique, sucre, gélatine). — Mais la dissolution de la matière colorante se fait dans le solvant fondu, à des températures où le colorant risque de s'altérer. De plus, les auteurs signalent ([2]), ([3]) une diminution assez rapide de la transparence du milieu, qui se traduit par un effet dépolarisant.

2° *Adsorption sur feuilles de cellophane* ([4]). — Mais ces cellophanes colorées étant bérifringentes, la polarisation varie avec l'azimut de la vibration excitatrice par rapport aux lignes neutres de la cellophane.

3° *Mélanges de solvants organiques* ([5]). — Qui donnent un « verre » parfaitement clair à 77° K; l'étude à cette température ne présente d'intérêt que pour la bande $\beta$ de la phosphorescences.

*Nous utilisons une solution solide de la matière colorante dans le plexiglass.* La technique est une variante de celle qui a déjà été utilisée au laboratoire pour la fabrication d'écrans colorés ([6]) : une solution très étendue de colorant dans la monochlorhydrine du glycol diffuse dans une lame épaisse de plexiglass. En accolant les faces ainsi traitées de deux lames, on obtient une couche homogène luminescente à l'intérieur d'un cube transparent dont les faces sont ensuite polies. Le traitement pourrait se faire à froid : nous n'avons jamais dépassé la température de 50°. L'homogénéité et la transparence de nos échantillons ne semblent pas s'altérer avec le temps.

3. Mesures de la polarisation fondamentale $p_0$. — Le montage est classique : excitation par un faisceau de lumière monochromatique polarisée rectilignement; observation à angle droit de la vibration et du faisceau incident à travers un polariscope de Savart; la disparition des franges, observée photographiquement, est obtenue à l'aide d'un compensateur à pile de glaces étalonné suivant la méthode d'Arago. La couche luminescente se présente par la tranche, donc avec le maximum d'éclat. On élimine la lumière diffusée par un système approprié d'écrans complémentaires.

([1]) A. Jablonski, *Act. Phys. Pol.*, 10, 1950, p. 33.
([2]) G. N. Lewis, D. Lipkin, T. Magel, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 3005.
([3]) P. Pringsheim, S. J. Wawilow, *Z. phys.*, 37, 1926, 705.
([4]) A. Jablonski, *Act. Phys. Pol.*, 3, 1934, p. 421 et 4, 1935, p. 311.
([5]) D. S. Mc Clure, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, 905.
([6]) R. Lochet, L. Rouzaud, *Bull. Soc. fr. Phys.*, 10, 1949, p. 14.

Voici les valeurs de $p_0$ trouvées pour un certain nombre de substances : fluorescéine : 0,41; jaune d'acridine : 0,46; rhodamine B : 0,43; violet cristallisé : 0,40; violet de méthyle : 0,46; sulfate de quinine : 0,39; esculine : 0,42. Les cinq premiers corps sont excités par les radiations visibles de l'arc au mercure correspondant à leur bande d'absorption, les deux derniers par l'ensemble des radiations $360^{m\mu}$.

Nous allons comparer ces nombres aux valeurs de la polarisation fondamentale trouvées dans la littérature, les radiations excitatrices étant les mêmes que dans nos mesures et la concentration suffisamment faible pour que la dépolarisation par concentration soit négligeable.

1° *Valeurs limites de $p_0$ extrapolées par la méthode de F. Perrin.* ([7]). — Fluorescéine : 0,44; rhodamine B : 0,39; sulfate de quinine : 0,46. La valeur extrapolée de la rhodamine B, inférieure à notre mesure directe (0,43), montre les dangers d'une extrapolation à partir d'un nombre insuffisant de mesures ([8]). L'hypothèse des pivotements ([1]) rend compte des écarts de nos mesures directes à la valeur extrapolée pour les deux autres corps.

2° *Mesures du taux de polarisation dans des solvants rigides ou très visqueux.* — *Fluorescéine* : dans la gélatine ([9]) : 0,24; dans la glycérine ([10]) : 0,27; d'autre part, pour la bande α de la phosphorescence (dont la polarisation doit être théoriquement la même que celle de la fluorescence), G. N. Lewis ([2]) a trouvé : dans l'acide borique vitrifié : 0,15; dans le sucre : 0,27. *Rhodamine* B : dans la gélatine ([9]) : 0,12; dans la glycérine ([10]) : 0,39. *Esculine* : dans la gélatine et le sucre ([3]) : 0,38; dans la glycérine ([10]) : 0,37. La dispersion de ces nombres, tous inférieurs aux nôtres, confirme la supériorité du plexiglass dans l'échelle des solvants rigides.

3° La luminescence du *violet cristallisé* ([11]) et du *violet de méthyle* ([3]) a été observée le plus souvent aux basses températures. Dans le plexiglass leur luminescence rouge est remarquablement intense dès la température ordinaire. Le taux de polarisation (dont nous ne connaissons pas d'autre mesure) s'obtient sans difficulté. Les valeurs trouvées (0,40 et 0,46) voisines de celles des autres colorants traduisent pour toutes ces molécules la forte anisotropie de l'oscillateur responsable de la luminescence.

---

([7]) F. Perrin, *Thèses*, 1929, p. 91 et Mlle Cahen, *J. Chim. Phys*, 30, 1933, p. 420.

([8]) Il subsiste aussi une part d'arbitraire dans la détermination, à partir de mesures de viscosité, du volume moléculaire qui intervient dans l'expression du taux de polarisation.

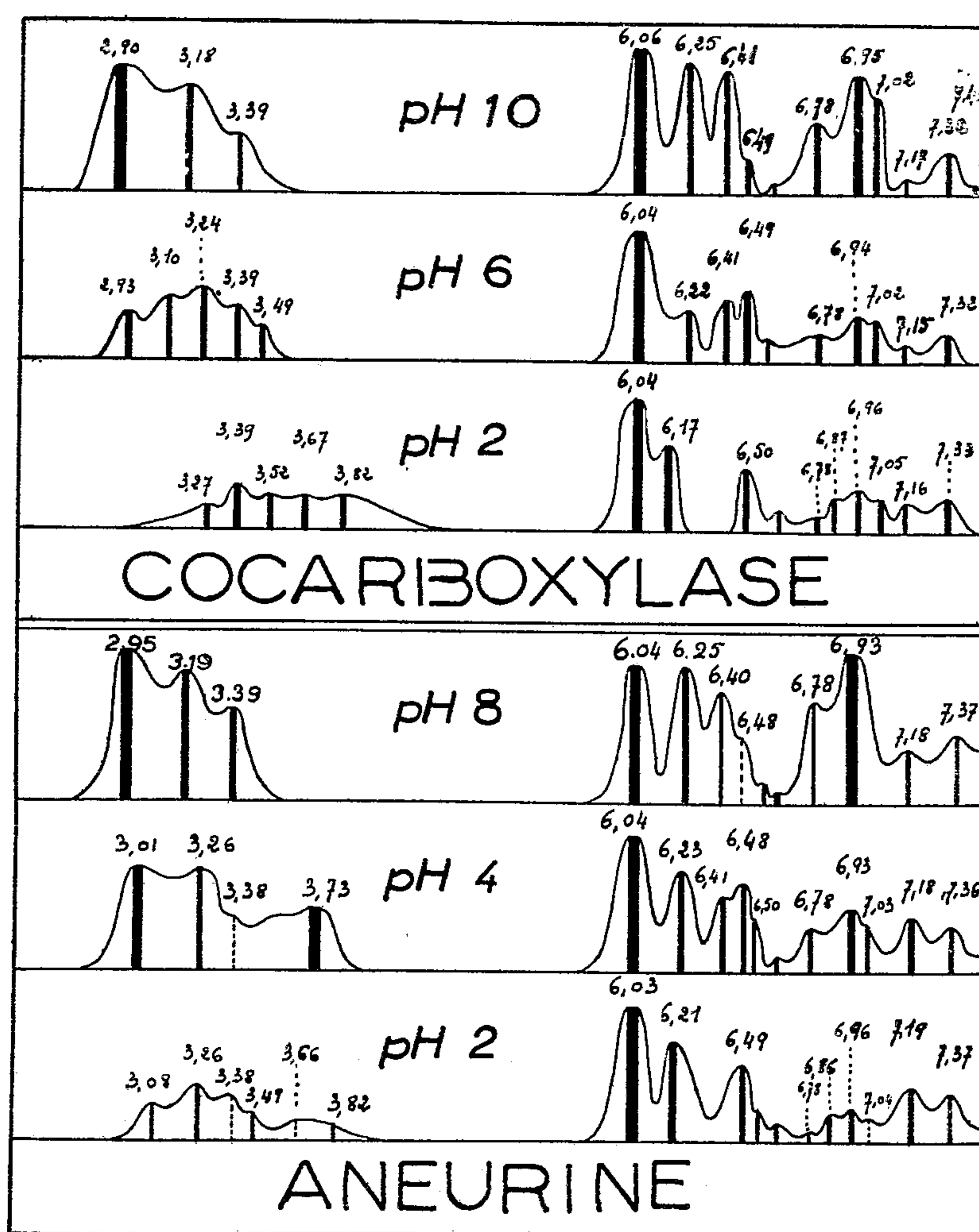
([9]) S. M. Mitra, *Ind. J. Phys.*, 13, 1939, p. 349.

([10]) S. J. Wawilow, *Z. Phys.*, 55, 1939, p. 690.

([11]) G. N. Lewis, T. Magel, D. Lipkin, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1774.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre infrarouge de l'aneurine et de la cocarboxylase.* Note de M. **Henri Lenormant** et M[lle] **Michèle Hérisson**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Comme on peut le constater sur le tableau ci-joint, les spectres de la cocarboxylase et de l'aneurine entre 2,7 et 7$^{\mu}$,5, présentent de remarquables analogies, explicables par la similitude de structure des deux corps.




Les courbes d'absorption de ces substances subissent d'importants changements liés au pH des solutions servant à réaliser les préparations examinées. Celles-ci sont obtenues par évaporation sur lame de fluorine, d'une solution aqueuse du produit, ajustée par HCl ou NaOH au pH voulu.

Les modifications sont plus nettement visibles dans le cas de la cocarboxylase :

A. *Pour des solutions de* pH $< 2{,}5$, *on constate :* 1° Dans la région de $3^\mu$, une large absorption d'intensité moyenne, avec une série de maxima mal individualisés vers 3,27-3,39-3,50-3,67-$3^\mu$,82. L'origine de ces bandes est double : 3,39 et $3^\mu$,50 sont dues aux vibrations $\nu(CH_2)$, les autres sont attribuables à $\nu(NH_3)^+$. Elles ont les caractères généralement observés dans ce cas : fort déplacement par rapport à $\nu(NH)^2$ non chargé, absorption large à sommets mal définis.

2° Vers $6^\mu$, une très forte bande à $6^\mu$,04 et deux bandes moyennes à $6^\mu$,17 et $6^\mu$,50. Ces bandes sont en rapport avec le système des liaisons constituant les cycles pyrimidique et thiazolique de la molécule.

3° Au delà de $6^\mu$,50, une série de petites bandes à 6,63-6,78-6,87-6,96-7,05-7,16 et $7^\mu$,35, actuellement ininterprétables.

B. *Entre* pH 2,5 *et* pH 5-6. — La région de 6 à $7^\mu$,5 ne change pratiquement pas par rapport à ce qu'elle est vers pH 2; mais le système existant dans la région de $3^\mu$ se modifie, les bandes 3,67 et $3^\mu$,83 disparaissent, tandis qu'un fort maximum se développe vers $3^\mu$.

Ceci correspond à la transformation du groupement $NH_3^+$ en groupement $NH_2$ non chargé. La courbe d'électro-titration montre que ce phénomène se produit en effet vers pH 3.

C. *Entre* pH 6 *et* pH 10. — La transformation de la région de $3^\mu$ se complète et la région de 6 à $7^\mu$,5 se remanie.

Il apparaît un massif de bandes vers $6^\mu$,95 devenant peu à peu très fort et deux bandes à 6,25 et $6^\mu$,41 qui, augmentant progressivement, effacent les bandes moyennes 6,17 et $6^\mu$,50 préexistantes.

De telles modifications témoignent d'une importante perturbation des doubles liaisons. Il n'est pas possible actuellement de dire s'il s'agit de celles qui se trouvent incluses dans le cycle thiazolique, bien que les modifications spectrales se produisent dans la gamme des pH, correspondant, à la neutralisation de l'ammonium quaternaire contenu dans ce cycle.

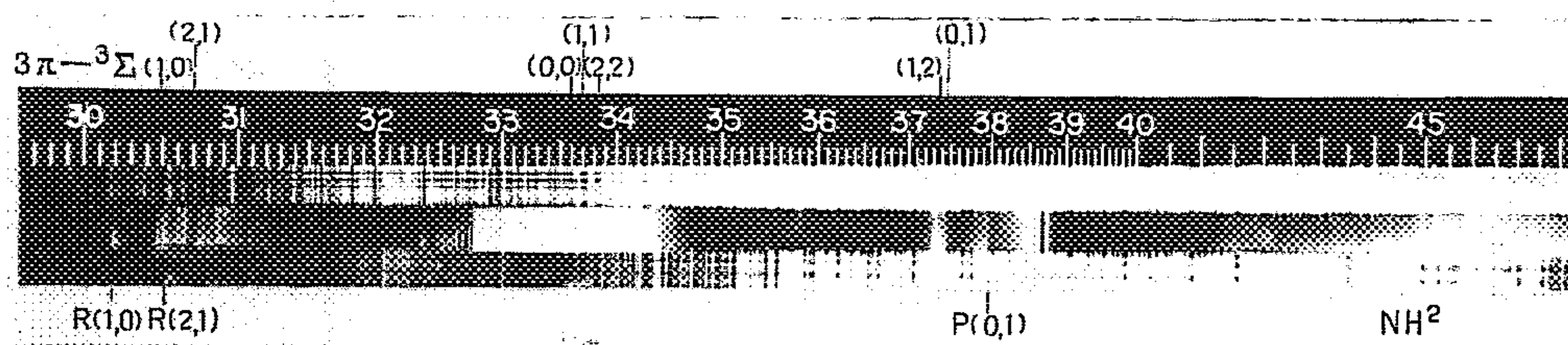
Dans le cas de l'aneurine, les seules différences sont qu'il existe d'une manière permanente une bande d'absorption vers $3^\mu$, même à pH 2, en relation avec le groupement OH alcoolique absent dans l'ester phosphorique, et que les variations du spectre se produisent un peu plus tôt dans l'échelle croissante des pH.

SPECTROSCOPIE. — *Sur deux nouvelles séquences du système* $3\Pi \rightarrow 3\Sigma$ *du radical* NH *observées dans la décomposition explosive de l'acide azothydrique* $N_3H$. Note (*) de M. GUY PANNETIER, présentée par M. Paul Pascal.

Dans le rayonnement émis par l'explosion de la vapeur de l'acide, nous avons mis en évidence de nouvelles bandes du radical NH. Cinq semblent constituer les branches Q du début des deux séquences (0,1) et (1,0) du système dont la bande principale forme l'ensemble connu (0,0) à 3360 Å, ainsi que le terme (2,2). Trois autres bandes doivent être les bandes R et P du même radical produit suivant la réaction $N_3H \rightarrow NH^* + N_2$.

L'acide azothydrique a été préparé en traitant son sel de sodium sec, vers 50-60° C par l'acide orthophosphorique ($d = 1,8$). Cette méthode inédite présente sur les autres ([1]) l'avantage de donner déjà un acide presque sec. La réaction en est, en outre, facilement régularisée par refroidissement ou par un léger échauffement. La vapeur de l'acide est enfin déshydratée par une colonne d'anhydride phosphorique de plus de 2$^m$ de long.

Un appareillage automatique permet l'introduction de l'acide azothydrique gazeux sous une pression d'environ 50-100$^{mm}$ de mercure dans un tube préalablement vidé, sa décomposition sous l'action d'une étincelle électrique et, enfin, l'évacuation des produits de décomposition. La durée du cycle permet 2 à 3000 explosions à l'heure. Le spectre ci-joint peut être obtenu en deux ou trois heures de fonctionnement de l'appareil.




Gleu ([2]) avait déja fait l'étude spectroscopique de la chimiluminescence provoquée par les mélanges de $N_3H$ et de $N_3Cl$. Mais, l'interprétation du spectre obtenu était délicate du fait de l'usage du mélange; il fut aussi gêné par la vapeur d'eau et n'observa pas des bandes de longueur d'onde inférieure à 3200 Å. Aucune analyse ne fut faite; seule fut possible l'identification des deux bandes à 3360 et 3370 Å avec celle du radical NH ([3]). Ce fut, seulement en 1933 ([4]) que les deux bandes retrouvées sur notre photographie à 3240,1 Å

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) DENNIS et ISHAM, *J. Am. Chem. Soc.*, **29**, 1907, p. 216.

([2]) *Z. Physik*, **38**, 1926, p. 176

([3]) FOWLER et C. C. L. GREGORY, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, **218**, 1919, p. 251.

([4]) R. W. B. PEARCE, *Proc. Roy. Soc.*, **143**, 1933, p. 112.

et 3253,4 Å furent rattachées à une transition $^1\Pi \rightarrow {}^1\Delta$ du radical NH, différente de celles des bandes du système à 3360 Å.

A la lumière des connaissances actuelles, nous pouvons dire que la partie droite du spectre au-dessus de 4200 Å est constituée par les bandes de l'ammoniac ([5]) attribuées au radical $NH_2$. On y trouve également à 3883 Å, 4216 Å et très faiblement à 3590 Å le radical CN provenant de l'azote actif dû à la décomposition de $N_3H$ qui attaque la cire servant à fixer les fenêtres de quartz sur notre tube à explosion; à 3063,6 Å apparaissent des traces infinitésimales de vapeur d'eau non éliminées par le déshydratant. Voici, à $\pm$ 0,5 Å, près les longueurs d'onde des autres bandes inconnues :

| λ en Å. | ν en cm⁻¹ dans le vide. | I. | λ en Å. | ν en cm⁻¹ dans le vide. | I. |
|---|---|---|---|---|---|
| 3023,0....... | 33 070 | 3 | 3370,0....... | 29 665 | 9 |
| 3051,0....... | 32 767 | 3 | 3383,5....... | 29 547 | 7 |
| 3054,7....... | 32 727 | 3 | 3743,2....... | 26 708 | 5 |
| 3076,2....... | 32 500 | 2 | 3752,1....... | 26 644 | 4 |
| 3360,0....... | 29 753 | 10 | 3803,8....... | 26 282 | 4 |

A l'exception de la première, troisième et dernière, les sept têtes de bandes intermédiaires paraissent s'inclure dans le schéma vibrationnel provisoire suivant :

| | 0. | | 1. | | 2. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0........... | 29 753 | 3 109 | 26 644 | – | – |
| | 3 014 | | 3 021 | | |
| 1........... | 32 767 | 3 102 | 29 665 | 2 957 | 26 708 |
| | | | 2 835 | | 2 839 |
| 2........... | – | – | 32 500 | 2 953 | 29 547 |

qui correspond à une branche Q de la transition $^3\pi \rightarrow {}^3\Sigma$ de la molécule diatomique NH-M$^{\text{ième}}$ sous la faible dispersion utilisée toutes ces bandes présentent les signes d'une structure rotationnelle qui ne laisse aucun doute sur la diatomicité de l'émetteur, lequel ne peut être que NH; les autres longueurs d'onde mesurées correspondaient respectivement à des branches R et P de la $m^{\text{ième}}$ transition : 3023,0 : R(1,0); 3054,7 : R(2,1); 3803,8 : P(0,1).

On peut donc affirmer qu'une des premières étapes de la décomposition de la molécule $N_3H$ sous l'action de l'étincelle électrique se fait suivant le schéma : $N_3H \rightarrow NH^* + N^2$ qui ne serait pas en contradiction avec la structure de la molécule.

Pour interpréter l'apparition du radical $NH_2$, il faut admettre un double comportement du radical NH : ou bien il se dissocie lui-même en ses constituants, ou bien il se combine à l'hydrogène ainsi libéré suivant : $NH^* + H \rightarrow NH_2^*$. De toute façon, la cinétique de décomposition de l'acide apparaît peu simple.

([5]) W. B. Rimmer, *Proc. Roy. Soc.*, **103**, 1923, p. 696.

PHOSPHORESCENCE. — *Action extinctrice des radiations de grandes longueurs d'ondes en électrophotoluminescence. I. Résultats expérimentaux.* Note (*) de M<sup>me</sup> **Françoise Vigean**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le phénomène d'illumination fugace, produit par application d'un champ électrique constant sur un sulfure phosphorescent, est très sensible à l'action extinctrice des radiations de grandes longueurs d'ondes.

On étudie quantitativement et pour diverses longueurs d'ondes cette réduction de l'illumination fugace, les radiations de grandes longueurs d'ondes étant appliquées soit avant, soit après l'excitation aux rayons X, la mise du champ de surillumination survenant en dernier.

G. Destriau a montré déjà que le phénomène d'illumination fugace est très sensible à l'action extinctrice des radiations infrarouges et que cette action est fort persistante ([1]).

Nous avons repris et développé cette étude au point de vue quantitatif en nous attachant particulièrement à cette persistance de l'effet extincteur et en étendant dans le domaine du visible les résultats obtenus dans l'infrarouge.

Nous avons étudié en particulier comment variait l'illumination fugace en fonction du temps qui s'écoule entre l'application des rayons extincteurs et l'irradiation aux rayons X, de la dose de rayonnement extincteur utilisée et de la longueur d'onde de la radiation extinctrice utilisée.

Le montage expérimental réalisé est le même que celui déjà utilisé par G. Destriau et J. Mattler dans leurs travaux sur les sulfures ([2]). Le sulfure utilisé est un sulfure de zinc au cuivre (Guntz 107).

*Variation du temps qui sépare l'irradiation extinctrice et l'excitation aux rayons* X. — Nous avons utilisé tout d'abord, comme radiation extinctrice, la lumière jaune d'une lampe à vapeur de sodium. Il suffit d'irradier la substance en lumière jaune pendant un temps très court pour diminuer nettement la somme de lumière S émise à l'illumination fugace.

Nous avons cherché comment variait S quand augmente le temps qui sépare l'irradiation extinctrice et l'excitation aux rayons X. A cet effet nous avons maintenu constants les doses de rayons X et de lumière jaune, l'intensité du champ appliqué et le temps qui sépare la fin de l'excitation X et l'application du champ.

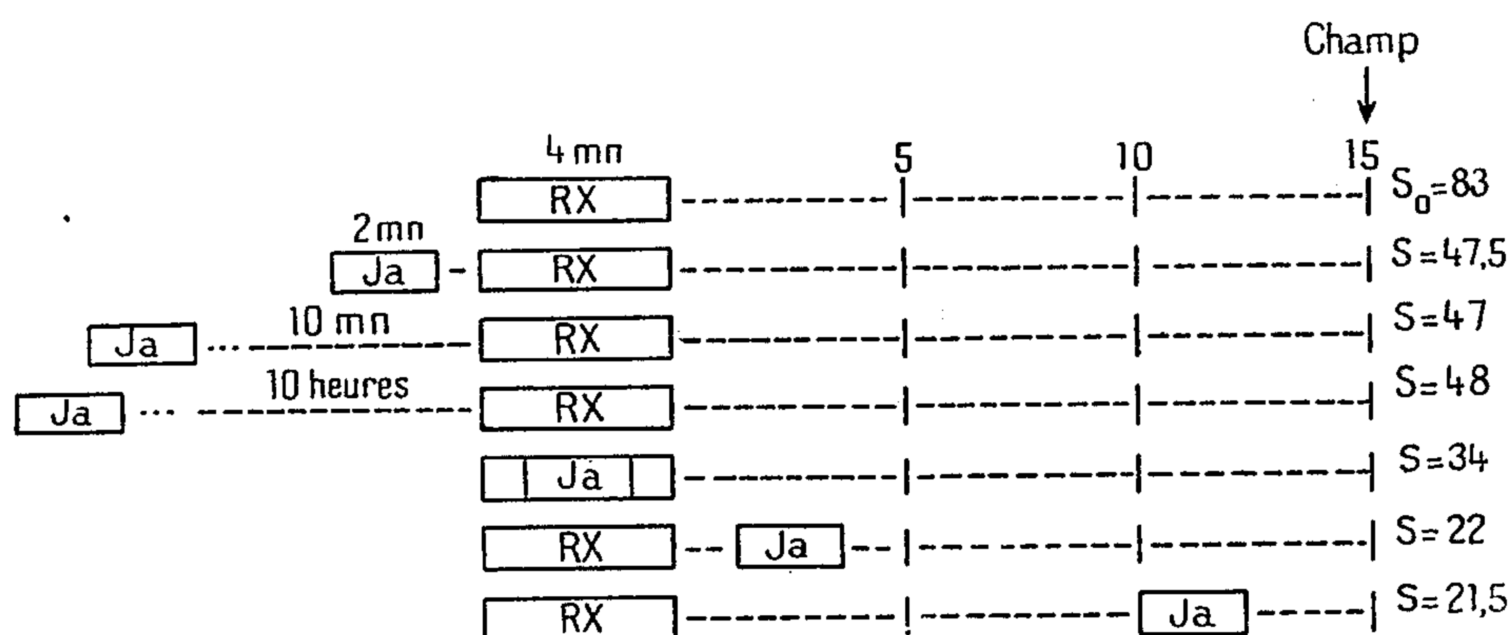
(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) G. Destriau, *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 327 et *J. Phys. Rad.*, 4, 1943, p. 32.

([2]) *J. Phys. Rad.*, 9, 1948, p. 258.

Nous avons alors constaté que l'affaiblissement de l'illumination fugace est constant tant que les deux irradiations (jaune et rayons X) ne se superposent pas et plus forte lorsque les rayons jaunes agissent après les rayons X qu'avant. Lorsque l'irradiation jaune et l'excitation X se superposent, on passe de façon progressive de l'affaiblissement obtenu lorsqu'on applique les rayons jaunes avant les rayons X à celui que l'on obtient lorsqu'on les applique après.

Ces résultats peuvent être traduits par le tableau graphique suivant :




*Variation de la dose de lumière extinctrice.* — La persistance de l'effet extincteur lorsque les radiations jaunes agissent avant l'excitation X est particulièrement intéressante. Nous avons fait varier la dose de lumière jaune appliquée au sulfure avant les rayons X, le temps entre l'application des radiations jaunes et l'excitation du sulfure restant constant, de même que l'intensité du champ appliqué.

La décroissance de S en fonction de cette dose est sensiblement exponentielle. Le *taux d'extinction* de l'illumination fugace $\tau = (S - S_0)/S_0$ est représenté d'une manière assez approchée par

$$\tau = 1 - e^{-kt},$$

$t$ temps d'irradiation en lumière jaune.

*Action extinctrice comparée des radiations jaune, rouge et infrarouge proche.* — Nous avons effectué ces comparaisons en les rapportant au même nombre de quanta incidents (à défaut de correction d'absorption valable). Les résultats indiquent que l'effet extincteur croît fortement de l'infrarouge au jaune.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Cohésion et degré de polymérisation des grosses molécules de polystyrolène d'après leurs chaleurs spécifiques.* Note de M. **Li-Shu-Hua**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ainsi que le faisaient prévoir leurs propriétés diélectriques, à partir d'une certaine température, les chaleurs spécifiques de solides vinyliques de poids moléculaires différents croissent avec la température d'autant plus vite que leur degré de polymérisation est plus bas. Comportement semblable des molécules de polystyrolène.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons montré avec M. Badoche que dans le cas de grosses molécules de chlorure de polyvinyle, non plastifié à l'état solide, la chaleur spécifique, à une température donnée (supérieure à 70°) augmente d'autant plus que le poids moléculaire est plus petit. L'étude des pertes diélectriques, en fonction de la fréquence et de la température, qui met en évidence une relation entre la cohésion moléculaire (forces de Van der Waals et attraction électrique) et le degré de polymérisation faisait prévoir cette conséquence ([2]).

Cherchant à nous informer du degré de généralité de la propriété qui relie la chaleur spécifique au degré de polymérisation, nous avons pris, cette fois-ci comme exemple, des grosses molécules de polystyrolène.

Nous avons pu disposer de trois échantillons solides de polystyrolène, caractérisés par les poids moléculaires (P. M.) moyens : 55 000, 125 000, 425 000. Nous avons déterminé à 70°, 80°, 95° et 113° les chaleurs spécifiques (C) de chacun de ces trois polymères.

Ces trois échantillons étaient constitués de grains de formes et de grosseur variables.

Le dispositif calorimétrique fut, comme dans le cas du chlorure de polyvinyle, celui de Berthelot. Les conditions expérimentales permettaient d'atteindre une élévation de température de l'ordre de 2°,5 avec le polymère chauffé à 113° et de 1°,2 à 70°, avec une précision de $\pm$ 0°,001.

Après échauffement à 113°, les polymères ont été remis en expérience à une température plus basse pour vérifier l'absence d'altération. A 115° environ, on enregistrait de légers indices de ramollissement un peu plus accentué pour le polymère de P. M. 55 000 qui paraît un peu différent des deux autres.

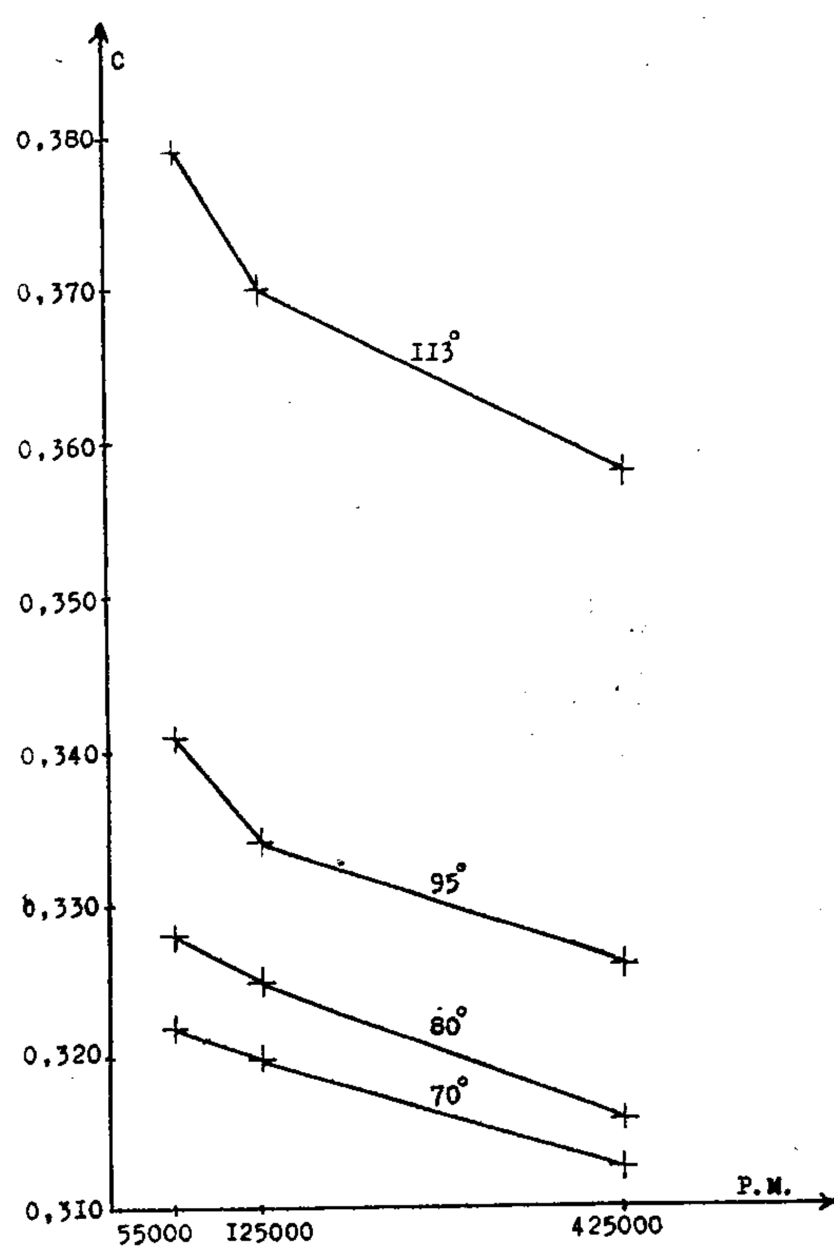
Le tableau ci-après donne pour chaque cas la moyenne de deux à quatre déterminations :

([1]) M. Badoche et Li-Shu-Hua, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 50-52.

([2]) P. Girard, P. Abadie et R. Charbonnière, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1319.

| P. M. | Chaleurs spécifiques à 70°. | à 80°. | à 95°. | à 113°. |
|---|---|---|---|---|
| 55 000 | 0,322 | 0,328 | 0,341 | 0,379 |
| 125 000 | 0,320 | 0,325 | 0,334 | 0,370 |
| 425 000 | 0,313 | 0,316 | 0,326 | 0,358 |

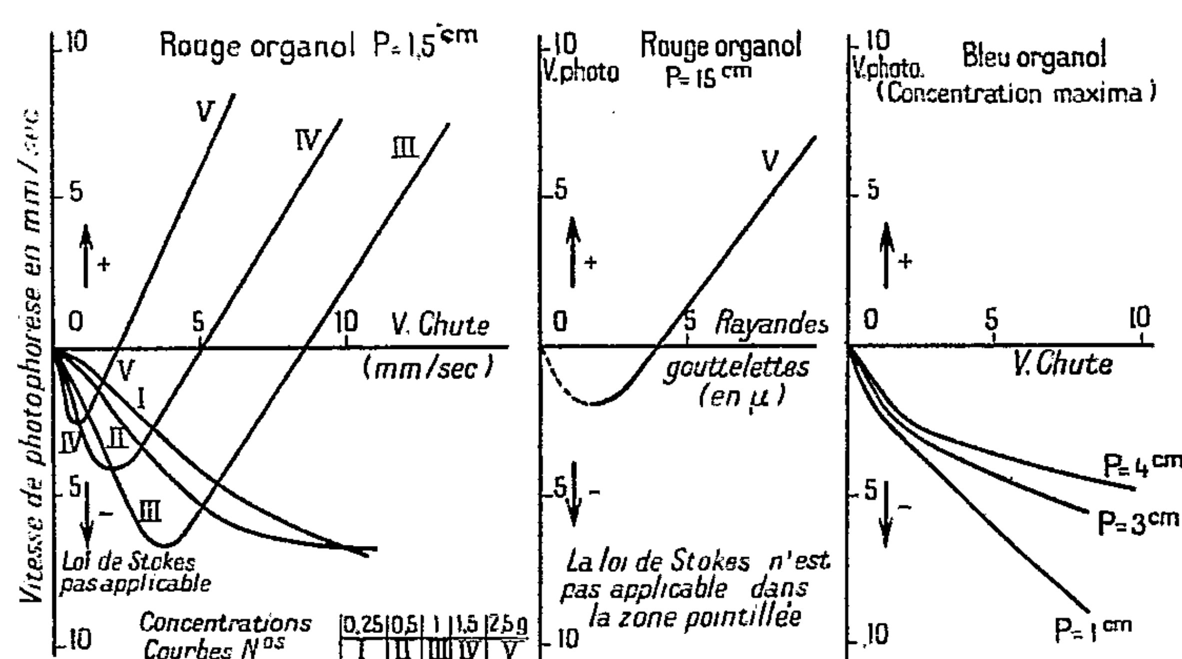
La figure illustre le tableau.




Dans l'ensemble la relation entre la chaleur spécifique et le degré de polymérisation reste ce que nous avions observé avec M. Badoche pour le chlorure de polyvinyle. A 70°, l'angle de la courbe avec l'abscisse est plus ouvert que dans le cas du solide vinylique. Ce serait probablement pour une température nettement inférieure à 70° que cet angle s'annulerait. Il faut sans doute attribuer à une petite différence de structure le passage à un « état liquide » plus marqué et à une chaleur spécifique un peu trop grande, par comparaison avec les autres P. M., de l'échantillon de P. M. 55 000, quand on dépasse 80°.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Photophorèse de particules de brouillard coloré. Vitesse en fonction de la concentration des solutions dispersées et de la grosseur des particules.* Note (*) de M[lle] **Monique Maitrot**, présentée par M. Maurice de Broglie.

*Dispositif expérimental.* — J'ai constaté qu'un dispositif très commode pour produire des particules de brouillard dans un vide pouvant atteindre 1$^{mm}$ de mercure, sans avoir à redouter aucun courant de convection, consistait à utiliser un injecteur de moteur Diesel, fonctionnant au moyen d'une pompe à main, à des pressions réglables entre 50 et 300$^{kg}$. L'injecteur envoie un brouillard d'huile dans un tube cylindrique horizontal d'environ 50$^{cm}$ de longueur. A l'autre extrémité de ce tube est soudé un tube vertical sur lequel vient s'adapter la cuve à particules. L'expérience montre qu'il est préférable d'utiliser, pour l'étude de ces brouillards, une cuve métallique, avec petites vitres de quartz collées, plutôt qu'une cuve de verre, dans laquelle les courants de convection sont beaucoup plus importants et génants. D'autre part, de cette manière, la qualité de l'image est bien meilleure. Comme source lumineuse, j'ai utilisé un arc avec des charbons spéciaux, rendant l'arc stable pendant un temps suffisant.




*Résultats.* — J'ai pu obtenir des brouillards très fins d'huile Diesel pure ou de solutions de matières colorantes dans l'huile Diesel (rouge organol, bleu organol, vert organol) en prenant soin de constituer une réserve suffisante d'huile Diesel de manière à utiliser constamment un solvant de même provenance.

La dimension moyenne de ces brouillards dépend de la pression d'injection

(*) Séance du 12 février 1951.

et diminue assez rapidement quand celle-ci augmente. Néanmoins, on produit presque toujours toute une gamme de dimensions de particules (de $15^{\mu}$ de rayon, à $1^{\mu}$).

1° On constate que les *brouillards d'huile Diesel pure* n'ont aucune photophorèse, quelle que soit la pression ([1]).

2° *Étude des solutions de rouge organol.* — *a.* La photophorèse n'est appréciable, pour une concentration de $0^{g},25$ de rouge organol pour $100^{cm^3}$ d'huile, que dans un vide de 1 à $2^{cm}$ de mercure. Elle est à ce moment négative, même pour les plus grosses particules.

*b.* Pour une concentration de $0^{g},5$ % environ, la photophorèse est appréciable à une pression de $20^{cm}$ et dans ces conditions on peut appliquer la loi de Stockes. On constate alors que les particules de $10^{\mu}$ de rayon ont un déplacement négatif.

*c.* La photophorèse positive apparaît pour les plus grosses particules à une concentration de $1^{g}$ environ pour $100^{cm^3}$. Pour cette concentration, la dimension du rayon critique, pour lequel la photophorèse change de sens, est d'environ 8 à $9^{\mu}$.

*d.* Si la concentration augmente encore, le rayon critique diminue. Il est d'environ $4^{\mu}$ quand la concentration est maximum (environ $2^{g},7$ %).

*e.* Si enfin, dans le cas d'une forte concentration, le vide étant de quelques centimètres, on interpose un écran Wratten 24 A laissant passer seulement les longueurs d'onde supérieures à $610^{\mu\mu}$, le rayon critique augmente. On peut ainsi modifier le sens de la photophorèse et de positive qu'elle était, la rendre négative ([2]).

3° *Étude des solutions de bleu organol et de vert organol.* — Ces deux colorants sont moins solubles que le rouge organol dans l'huile Diesel : on obtient des particules à photophorèse négative, mais jamais de particules positives.

*Remarques.* — On constate dans l'étude de ces brouillards l'absence complète de mouvements en hélice. Leur apparition serait donc bien liée à la forme non sphérique des particules ([3]).

On peut noter également un accroissement considérable du mouvement brownien des particules de 1 à $2^{\mu}$ de rayon, ceci surtout pour une pression de l'ordre de $20^{cm}$ ou supérieure, et à partir d'une concentration d'environ $1^{g}$ pour $100^{cm^3}$, dans le cas du rouge organol.

*En résumé* cette méthode d'étude des brouillards colorés est tout à fait générale; elle est susceptible de fournir des résultats quantitatifs. Les particules sont sphériques, bien définies et l'on peut faire varier leur coefficient d'absorp-

---

(1) P. Tauzin et L. Rault, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1037.

(2) F. Deguillon, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 274.

(3) J. Thibaud, M. Maitrot et J. Berthier, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 691.

tion : on ne pourrait faire cette étude à la pression atmosphérique, la photophorèse de ces particules étant alors beaucoup trop faible.

J'ai ainsi constaté un accroissement du rayon critique quand la concentration diminue; il est à remarquer d'ailleurs, que ce rayon critique est ici toujours bien supérieur à celui que P. Tauzin a trouvé dans le cas de fumées ([4]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Parcours du triton de la réaction* $Li_6(n, \alpha)H_3(2,7\,MeV)$ *dans les minéraux.* Note (*) de M. **Paul Janssens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le dosage du Li dans les minéraux par numération des tritons de la réaction $Li_6(n, \alpha)H_3$ ([1]) nécessite la connaissance du parcours du triton dans le minéral étudié.

La formule de Bragg-Kleeman n'étant applicable qu'aux particules $\alpha$, nous avons recherché une relation donnant les parcours du triton en intégrant la formule de Bethe ([2]) après avoir pris la perte d'énergie moyenne sur tous les constituants et en choisissant un potentiel moyen d'ionisation de 13, 5 Z eV.

Ce procédé n'aboutit pas à une relation analytique simple du parcours en fonction du Z moyen du milieu mais fait également intervenir la moyenne de Z log Z.

Le détail du calcul et sa généralisation à d'autres particules est en voie de publication ([3]).

Nous nous contentons de représenter ici les résultats sous la forme du graphique ci-après.

Le parcours du triton de 2,7 MeV dans un milieu de composition donnée s'obtient de la manière suivante : soient $m_i$ la concentration en gramme pour gramme du $i^{\text{ième}}$ élément et $d$ la densité du milieu.

Chaque courbe est définie par le paramètre

$$\tau = \frac{\sum \frac{m_i Z_i \log Z_i}{A_i}}{2\sum \frac{m_i Z_i}{A_i}},$$

auquel nous avons donné 10 valeurs comprises entre 0,75 et 2,00 englobant les minéraux usuels.

---

([4]) P. Tauzin et L. Rault, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1037.

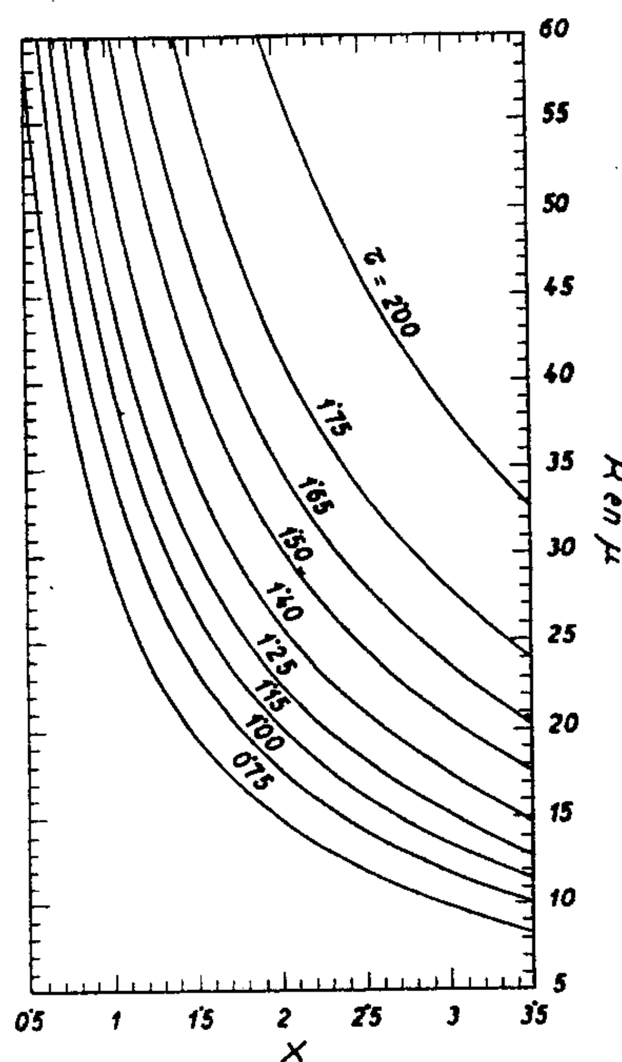
(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) Picciotto et Van Styvendael, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 855.

([2]) *Rev. Mod. Phys.*, 1937, vol. C, § 2.

([3]) *Bull. C. Phys. Nucl. Univ. Bruxelles*, n° 25.

On commence par déterminer $X = d\Sigma(m_i Z_i/A_i)$, on calcule ensuite le $\tau$ correspondant. Sur la courbe définie par ce $\tau$, le parcours est donné en microns par l'ordonnée correspondant à l'abscisse X.




L'approximation sur le parcours ainsi calculé est de l'ordre de 10 %.

A titre de vérification, nous avons calculé le parcours du triton du Li dans l'émulsion photographique Ilford, on a $\tau = 1,65$ et $X = 1,78$, ce qui donne un parcours de $R = 39^{\mu},5$.

Le parcours mesuré est de $36^{\mu},8$ (4).

On peut s'attendre à une concordance encore meilleure pour les minéraux vu la complexité physico-chimique de l'émulsion et la présence simultanée d'éléments très légers et très lourds.

Le résultat présenté par Picciotto et Van Styvendael (1) fournit une seconde vérification.

Le parcours du triton a été calculé pour les principaux minéraux des roches éruptives et pour quelques minéraux lithinifères (tableau I). Une liste plus complète sera publiée.

---

(4) MORTIER et VERMAESEN, *Bull. C. Phys. Nucl. Univ. Bruxelles*, n° 5; FARAGGI, *Thèses*, Paris, 1950.

TABLEAU I.

*Parcours du triton de* 2,67 MeV *dans les minéraux.*

| | (μ). | | (μ). |
|---|---|---|---|
| Amblygonite (F) | 29,7 | Lépidolite | 28,5 |
| » (OH) | 25 | Muscovite | 28 |
| Albite | 31,5 | Olivine | 27,2 |
| Apatite | 26 | Orthose | 33,5 |
| Biotite | 31,5 | Quartz | 31 |
| Cassitérite | 26,5 | Spodumène | 25,5 |
| Hornblende | 27 | Zircon | 26 |

RADIOACTIVITÉ. — *Recrudescence d'anomalies dans la radioactivité de l'air à moyenne altitude.* Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les plus récents vols de prospection (Janvier 1951) à bord de l'avion-laboratoire ont montré une activité à longue période trois fois plus intense que l'activité maxima observée depuis janvier 1950.

Nous avons indiqué dans des précédentes publications, que le Service de l'Aviation légère du Secrétariat à l'Aviation civile et commerciale et la Défense nationale, disposaient d'un avion-laboratoire en état permanent de vol, équipé spécialement pour l'étude de la radioactivité de l'air jusqu'à des altitudes de 5000$^m$, en liaison avec les recherches effectuées à l'Observatoire du sommet du Puy de Dôme.

Rappelons que les vols expérimentaux que nous effectuons comportent deux méthodes opératoires distinctes. La première consiste à prélever dans une chambre d'ionisation sous pression, spécialement conçue, un échantillon d'air, dans l'atmosphère libre, au point culminant du plafond du vol. Cet échantillon est ensuite analysé au laboratoire. La seconde consiste à ramasser, au voisinage du plafond du vol et pendant le trajet le plus long possible de l'avion, compte tenu de la période des corps radioactifs à analyser, les particules ionisées ou non, sur les électrodes d'un filtre à haute tension. Ces particules sont ensuite analysées au laboratoire.

La première méthode n'a jamais mis nettement en évidence d'anomalie en dehors des teneurs variables en radon. Cela tient à ce que ces anomalies sont restées en dessous de la limite de sensibilité de ce procédé d'analyse directe ($0,1 . 10^{-16}$ curie de radon, ou son équivalent, par centimètre cube de volume exploré). Ce même mode opératoire est utilisé avec le même appareil, en montagne, pour les mesures comparatives. Ces mesures viennent d'être inter-

(*) Séance du 19 février 1951.

rompues momentanément, à la suite d'une détérioration grave survenue à l'appareil électrométrique, pendant son transport à dos sur la neige glacée. On y remédie actuellement au laboratoire.

La deuxième méthode a permis d'identifier à nouveau, plusieurs fois, les particules radioactives « A » ([1]), dont la période apparente, de 20 à 30 heures, est distincte de la période des dépôts du thoron, quelques fois décelés en même temps. Les basses températures rencontrées au cours des vols expérimentaux d'altitude effectués dans le courant du mois de novembre 1950, ont occasionné des pannes diverses graves aux appareils de prospection ainsi qu'à divers organes de l'avion lui-même. Les réparations entreprises sans délai, de jour et de nuit, ont permis de remettre le tout en ordre de vol dans le minimum de temps. On a opéré à nouveau le 17 décembre 1950 (altitude $2500^m$, traces seules de radon et de thorium). D'autres difficultés sont survenues sur les isolants de la partie électrique. On y a remédié aussitôt. De nouveaux vols expérimentaux ont été effectués, dont les plus marquants se situent les 13 et 14 janvier 1951.

Le 13 janvier 1951, on opère le ramassage sur filtre des particules vers $3000^m$ d'altitude, de $14^h42^m$ à $16^h13^m$ T. U. A la suite de ce vol, le 14 janvier, on opère à nouveau, vers $3500^m$, de $10^h04^m$ à $12^h50^m$ T. U. L'ensemble des particules ainsi recueillies au cours de ces deux vols d'une durée totale, au plafond, de $4^h17^m$, est aussitôt analysé au laboratoire. L'intensité des particules A à longue période, rapportée à l'échelle adoptée jusqu'ici est de l'ordre de l'équivalent de $0{,}03.10^{-18}$ curie de radon par centimètre cube de volume exploré, valeur nettement supérieure au maximum trouvé au cours des vols expérimentaux effectués depuis janvier 1950 (11-6-1950, équivalent de $0{,}01.10^{-18}$ curie/cm$^3$).

La situation météorologique générale des 13 et 14 janvier 1951 était dominée par un régime perturbé d'Ouest, avec un système dépressionnaire au large de l'Atlantique et sur l'Atlantique Nord. Le vol du 13 janvier a eu lieu en partie en pilotage sans visibilité, dans un système chaotique de nuages de brouillard givrant (température $-7^\circ$ à $-10^\circ$, vers $3000^m$ d'altitude), tandis que celui du 14 janvier 1951 a été effectué également en P. S. V., mais dans des voiles ondulés abondants formés exclusivement d'aiguilles de glace (température $-8^\circ$, de 3300 à $3600^m$ d'altitude). Ces aiguilles de glace sont identifiables sans erreur par leur scintillement. Elles inondent l'habitacle du pilote et l'on peut ainsi apprécier leurs dimensions (particules filiformes d'une fraction de millimètre de longueur). On pourrait expliquer la forte teneur en corps A observée, si l'on admet que celui-ci est plus abondant dans les hautes couches de l'atmosphère, par le fait que ces voiles d'aiguilles de glace étaient de vieux cirrus provenant des grandes altitudes. Malheureusement, les cartes

([1]) H. GARRIGUE, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1583.

météorologiques ne sont pas favorables à cette hypothèse si séduisante. D'après celles-ci, ces voiles proviendraient des régions plus froides du Nord-Ouest, mais à moyenne altitude. On devrait ainsi conclure à une recrudescence de la radioactivité accidentelle dans la moyenne atmosphère, qui tirerait son origine de nouvelles expériences atomiques faites à l'air libre à la surface du globe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les perturbations de l'évolution de l'indice de réfraction des verres en fonction de la température.* Note de Mme **Aniuta Winter-Klein**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude comparative de ces perturbations semble indiquer qu'elles peuvent être attribuées individuellement à l'un ou l'autre des éléments entrant dans la composition du verre.

L'évolution de l'indice de réfraction d'un verre en fonction de la température est représentée par une courbe qui, en première approximation, ne montre pas d'irrégularité jusqu'à la limite inférieure du domaine de transformation. Le coefficient de température de l'indice de réfraction $dn/d\theta$ varie lentement et uniformément.

Toutefois, cette régularité n'est qu'apparente et des mesures plus précises mettent en évidence l'existence de nombreuses perturbations. Certaines singularités ont déjà été signalées dans l'évolution du coefficient de dilatation (1), de la résistance électrique (2) et dans la diffusion des gaz à travers le verre (3) sans que leur origine fut expliquée.

La présente Note résume les premiers résultats d'une étude systématique, pour plusieurs sortes de verres de $n = f(\theta)$, et de la comparaison des positions respectives des perturbations.

Les différents verres étudiés peuvent être classés en trois groupes : *a.* silice vitreuse; *b.* verres sans silices; *c.* verres à base de silice.

La méthode employée, dite « du prisme unique » (4), permet de mesurer l'indice de réfraction d'un échantillon au cours même de la chauffe. Pour chaque courbe, les mesures ont été répétées une dizaine de fois, précaution qui a été prise à cause de la précision nécessaire pour déceler des variations portant sur la sixième décimale.

(1) E. Seddon et W. E. S. Turner, *Journ. Soc. Glass Techn.*, 17, 1933, p. 324-347; E. Seddon, W. E. S. Turner et F. Winks, *Journ. Soc. Glass Techn.*, 18, 1934, p. 5-12; Ed. Godding et W. E. S. Turner, *Journ. Soc. Glass Techn.*, 18, 1934, p. 32-66.

(2) A. Kleum et E. Berger, *Glastech. Ber.*, 5, 1927-1928, p. 405.

(3) N. W. Taylor et W. L. Rast, *Journ. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 612-619; P. L. Smith et N. W. Taylor, *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 23, 1940, p. 139-146.

(4) A. Winter, *Verres et Réfractaires*, 2e année, no 4, p. 214.

La figure 1 ([5]) représente les résultats de ces mesures pour les verres suivants : $SiO_2$; 70 % $Na_2O$, 30 % $B_2O_3$; 75 % $SiO_2$, 8 % $Na_2O$, 12 % $K_2O$ et 5 % $CaO$.

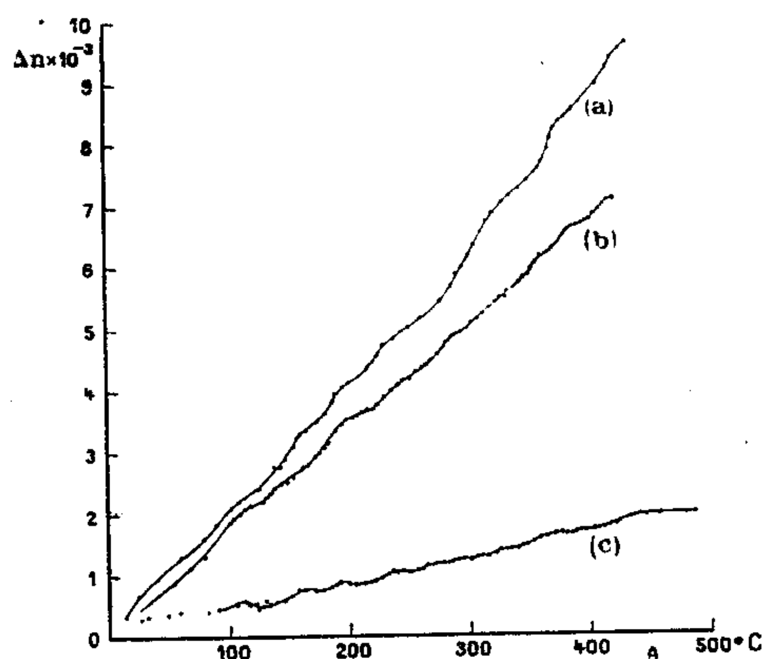



Fig. 1. — Courbe ($a$), silice vitreuse $Si\,O_2$; courbe ($b$), verre sans silice 70 % $Na_2O$ 30 % $B_2O_3$; courbe ($c$), crown ordinaire 75 % $Si\,O_2$, 8 % $Na_2O$, 12 % $K_2O$. 5 % $Ca\,O$.

Pour ramener les trois courbes à la même origine, on a pris pour ordonnée $\Delta n = n_\theta - n_0$ ($n_\theta$, indice à la température $\theta$; $n_0$, indice à la température ambiante).

Les valeurs de $n$ ont été mesurées tous les 5°C. L'échelle de la figure 1 ne

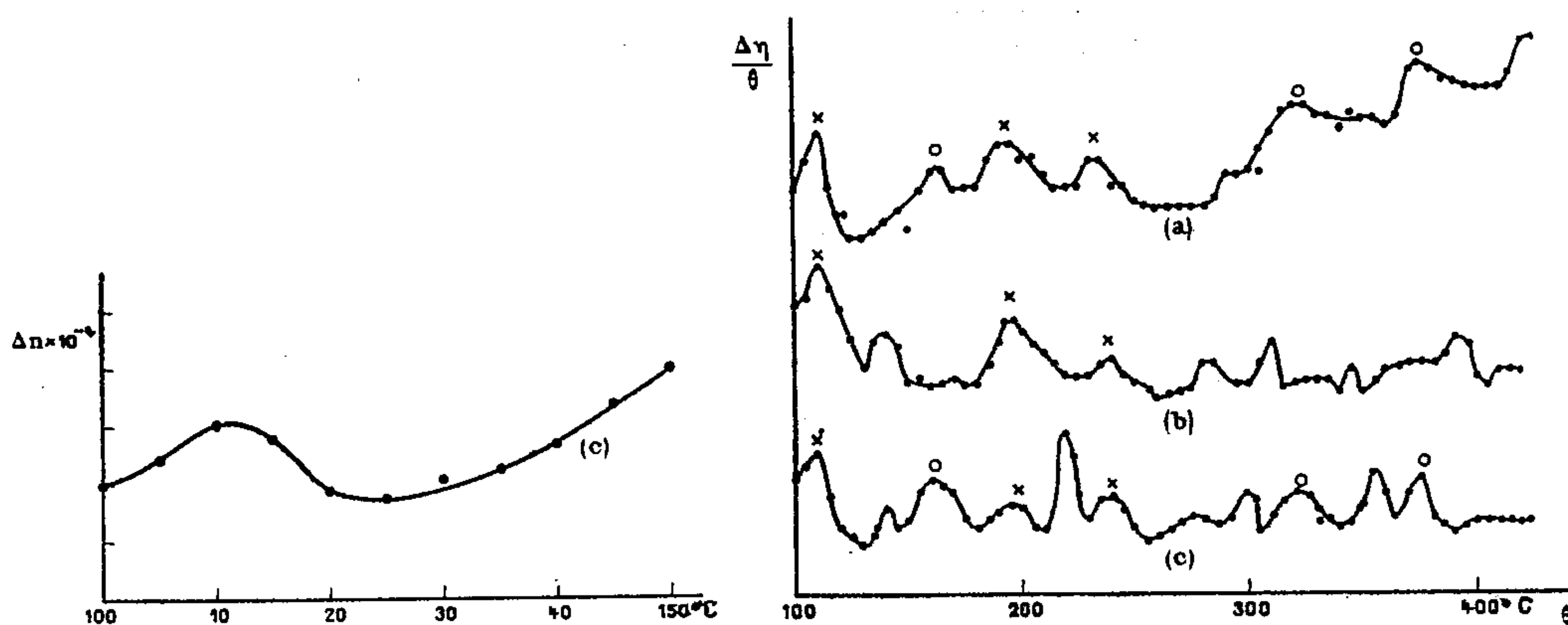



Fig. 2.

Fig. 3.

permet pas de distinguer les points individuels, la figure 2 donne une portion relative au crown ordinaire avec les échelles 10 fois plus grandes.

Pour faire ressortir davantage les régions singulières, on a tracé, sur la

(5) Il est à souligner que chacune de ces courbes a été obtenue dans un laboratoire différent, à une époque différente : la courbe $a$ a été obtenue à Saint-Cyr-sur-Mer (Var), 1940-1941, la courbe $b$ au Canada, 1943 et la courbe $c$ à Paris, 1948-1949.

figure 3, $\Delta n/\theta$ en fonction de $\theta$ (ce qui supprime la pente moyenne des courbes).

L'étude de ces courbes conduit aux résultats suivants :

*a*. Plus la composition d'un verre est complexe, plus nombreuses sont les perturbations dans l'évolution de l'indice de réfraction en fonction de la température.

*b*. Toutes les perturbations observées dans l'évolution de la silice vitreuse se retrouvent dans celle d'un verre quelconque à base de silice. En plus de ces singularités communes, on constate pour chaque verre particulier à base de silice l'existence de perturbations spécifiques qui dépendent de sa composition.

*c*. Certaines perturbations observées dans la silice vitreuse (donc dans le verre à base de silice) se retrouvent dans le verre sans silice; d'autres ne se retrouvent pas.

Pour le moment, il est difficile d'expliquer l'origine de ces perturbations; il semble néanmoins légitime d'affirmer qu'elles sont régies individuellement par chaque élément entrant dans la composition du verre; les perturbations communes aux courbes *a*, *b*, *c* (marquées X sur la figure) sont dues à l'oxygène; celles communes à *a* et *c* (marquées O sur la figure) seulement au silicium.

Il est difficile de comparer les irrégularités dues à Na, qui seraient communes aux courbes *b* et *c* seulement, à cause de la faible teneur en $Na_2O$ du verre C.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constante diélectrique et angle de perte du verre*. Note de M. **Francis Naudin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des mesures précises ont fait ressortir l'influence du traitement thermique des échantillons.

L'étude des modifications apportées par le traitement thermique aux propriétés diélectriques des verres exige l'intervention de mesures particulièrement précises; nous avons pu les effectuer au Laboratoire National de Radioélectricité.

La valeur de la constante diélectrique et celle de l'angle de perte se déduisent d'une mesure de capacité au pont haute fréquence, type « pont de Sauty ». La gamme des fréquences employées s'étale de 100 à 500 kc. Le verre est placé entre deux plateaux circulaires en laiton poli, de façon qu'il y ait adhérence du métal sur le verre. L'échantillon à mesurer est taillé en forme de disque à faces planes et parallèles de $60^{mm}$ de diamètre et de $4^{mm}$ d'épaisseur. La capacité mesurée s'exprime en fonction de $\varepsilon$ constante diélectrique, $\Phi$ diamètre, $e$ épaisseur du disque par $\gamma = \varepsilon\pi\Phi^2/4.4\pi e$, d'où on tire $\varepsilon$ et l'erreur relative

commise sur $\varepsilon$ se calcule par

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{\Delta\gamma}{\gamma} + \frac{\Delta e}{e} + 2\frac{\Delta\Phi}{\Phi}.$$

Les variations d'épaisseur du disque de verre sont inférieures à $2^{\mu}$ soit $\Delta e/e = 0,05$ %. La constance du diamètre du disque se vérifie, au comparateur optique, à mieux de $0^{mm},05$ près, soit $\Delta\Phi/\Phi = 0,1$ %. Les mesures de la capacité $\gamma$, répétées sur un intervalle de six mois, se reproduisent à 0,5 % près; de sorte que la valeur de la constante diélectrique est calculée à 0,8 % près. Cette précision ne porte pas sur la valeur absolue de la constante diélectrique, mais sur les valeurs relatives obtenues avec divers échantillons à condition de respecter les précautions suivantes : assèchement de l'air ambiant par de l'anhydride phosphorique; garder les appareils à la même place et s'assurer des fils de connexion aussi courts que possible.

Plusieurs conclusions se dégagent de ces expériences. L'influence du recuit thermique et de l'homogénéité se fait sentir, pour les trois verres étudiés, de la même façon.

| | | $n_V$. | $\varepsilon_{100\,kc}$. | $tg\,\delta_{100\,kc}$. |
|---|---|---|---|---|
| Crown | brut, peu homogène | 1,48925 | 5,145 | $36,5.10^{-4}$ |
| | le même échantillon porté à 650°C pendant 3 heures et trempé | 1,48943 | 5,035 | 32,0 |
| Crown | brut, homogène | 1,48913 | 5,032 | 36,5 |
| | le même échantillon recuit | 1,49056 | 5,033 | 26,4 |
| B. S. C. | brut | 1,48675 | 5,053 | 53,5 |
| | le même échantillon traité à 500°C pendant 120 heures et trempé | 1,48473 | 4,930 | 42,4 |
| F. E. D. | brut, bien homogène | 1,79531 | 11,41 | 12,0 |
| | le même échantillon trempé | 1,79330 | 11,40 | 18,5 |
| Silice vitreuse, homogène | | 1,46020 | 3,787 | 4,0 |

La constante diélectrique décroît très légèrement lorsque la fréquence augmente dans la gamme 100 à 500 kc.

La loi théorique $\varepsilon = kn^2$ qui relie la constante diélectrique $\varepsilon$ à l'indice de réfraction $n$ pour la radiation $\lambda$ 5461 paraît valable si l'on se contente d'une précision ne dépassant pas 3 %.

L'angle de perte varie peu entre 100 et 500 kc pour tous les verres étudiés, et sa valeur n'est pas fonction de l'indice de réfraction, ni par conséquent de la constante diélectrique.

Il semble donc qu'un traitement thermique, tendant soit à augmenter l'indice de réfraction, soit à améliorer l'homogénéité du verre fasse diminuer à la fois la valeur de la constante diélectrique et celle de l'angle de perte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vibration de valence* $\nu$ (NH) *du pyrrole, de l'indole et du carbazole. Étude comparative par spectrographie infrarouge.* Note de M^lle **Marie-Louise Josien** et M. **Nelson Fuson**, présentée par M. Paul Pascal.

Une étude théorique récente (1) a montré que la charge résiduelle sur l'atome d'azote augmente dans la série du pyrrole avec la taille de la molécule; mais cette conclusion semble en contradiction avec les variations de l'énergie de résonance entre la forme neutre et la forme ionique de ces molécules (2). C'est pourquoi il nous a paru intéressant de déterminer avec précision la fréquence de la bande d'absorption infrarouge correspondant à la vibration de valence NH, cette fréquence pouvant sans doute être considérée, en première approximation, comme directement influencée par la force de liaison correspondante (3).

Nos mesures ont été faites sur des solutions dans le tétrachlorure de carbone à l'aide d'un spectromètre qui a été décrit ailleurs (4), armé d'un prisme de fluorure de lithium. Les détails de cette étude seront publiés ultérieurement mais nous voulons dès maintenant énumérer quelques résultats.

1. Avec les trois substances, une dilution suffisante et une cellule d'épaisseur convenable permettent d'obtenir une bande d'absorption très intense, sans aucune bande satellite imputable à l'action de liaisons intermoléculaires.

1° Pour le carbazol, notre étude de la vibration fondamentale de valence $\nu$(NH) confirme donc le résultat publié par Wulf (5) sur le second harmonique : pour des solutions diluées, la bande est simple.

2° Pour l'indol, nos résultats sont en désaccord avec les observations de Wulf qui a trouvé une bande complexe pour le second harmonique (5) : la dilution fait disparaître tout point d'inflexion. Ils contredisent aussi ceux de Gordy (6) : une bande satellite très nette apparaît pour une concentration suffisante.

3° Pour le pyrrol, nos observations diffèrent encore de celles de Wulf et ne permettent pas de retenir l'hypothèse de deux sortes de molécules de pyrrole ainsi que Pauling (7) avait cru pouvoir le faire, à la suite des travaux publiés

(1) H. C. Longuet-Higgins et C. A. Coulson, *Trans. Faraday Society*, 43, 1947, p. 87.
(2) G. Berthier et B. Pullmann, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1725.
(3) R. E. Richards, *Trans. Faraday Society*, 44, 1948, p. 40.
(4) M. L. Josien, N. Fuson et A. Cary, *Journal of the American Chemical Society*, 73, 1951 (in press).
(5) O. R. Wulf et U. Liddel, *Journal of the American Chemical Society*, 57, 1935, p. 1464.
(6) *Journal of the American Chemical Society*, 62, 1940, p. 497.
(7) *Journal of the American Chemical Society*, 58, 1936, p. 94.

par Wulf ([5]) sur le second harmonique, et que Freymann ([8]) avait pensé pouvoir confirmer d'après son étude du troisième harmonique. Par contre, notre conclusion rejoint celle de Lecomte ([9]) rejetant, pour d'autres raisons, l'hypothèses de molécules de deux espèces.

II. Pour la série pyrrole, indole, carbazole, les positions respectives des maxima en solutions très diluées sont 3502, 3493 et 3485 $cm^{-1}$. La valeur trouvée pour le pyrrol est en accord avec celle publiée par Buswell ([10]), sans aucun commentaire d'ailleurs sur la forme de la bande. En dehors de cette référence, nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'indications correspondant à une dispersion permettant d'étudier des déplacements de bandes de l'ordre de ceux que nous avons observés.

III. Pour les molécules étudiées la fréquence apparaît comme une fonction décroissante de la charge résiduelle sur l'atome d'azote. Si l'on porte, en abscisses, les valeurs de cette charge calculées par Longuet-Higgins et Coulson, 1,692*e*, 1,842*e* et 1,782*e*, et, en ordonnées, les fréquences correspondantes, les trois points représentatifs sont très sensiblement en ligne droite. Si l'on considère la position de la bande γ(NH) comme indicatrice de la force acide de ces composés, nos mesures semblent donc difficiles à concilier avec les résultats électrostatiques; elles sont par contre, en accord qualitatif avec les considérations de variation de l'énergie de résonance.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence de la fréquence de la tension appliquée à une électrode à goutte de mercure. Étude à l'oscillographe cathodique.* Note de M^me^ **Martine Fournier** et M^lle^ **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le potentiel des paliers des oscillogrammes potentiel-temps ne varie pas en fonction de la fréquence de la tension appliquée, mais leur largeur, inversement proportionnelle à la racine carrée de la fréquence, diminue jusqu'à s'annuler pour une fréquence limite qui dépend de la nature de l'ion et de la solution de base.

Des résultats intéressants ont été obtenus, à l'aide de la méthode polarographique, en augmentant la vitesse de variation de la tension appliquée entre la cathode à goutte de mercure et l'anode impolarisable; cette variation de la tension est réalisée en superposant à une tension continue constante, une tension alternative de fréquence donnée. L'oscillographe cathodique permet alors d'étudier soit la variation du potentiel de la goutte en fonction du

([8]) *Annales de Chimie*, (11), **11**, 1939. p. 11.

([9]) *Bulletin Société chimique de France*, [5], **13**, 1946, p. 415.

([10]) *Journal of the American Chemical Society*, **61**, 1939, p. 3254.

temps ([1]), soit la variation de l'intensité qui traverse l'électrolyte en fonction de ce même potentiel ([2]).

Heyrovsky a montré que les oscillogrammes potentiel-temps présentent deux paliers : l'un sur la branche dite cathodique, correspondant à la décharge de l'ion considéré, l'autre sur la branche dite anodique, traduisant le passage de l'atome métallique à l'état d'ion. Les potentiels de ces deux paliers sont égaux dans le cas des ions monovalents. Leur écart, dans le cas de certains ions divalents, peut s'expliquer par une réaction anodique et une réaction cathodique différentes, ne mettant en jeu qu'un électron chacune et suivies d'une réaction de dismutation. En outre, Heyrovsky a signalé que la largeur des paliers diminue lorsque la fréquence du courant alternatif croît et qu'ils finissent même par disparaître pour des fréquences élevées.

Il nous a paru intéressant de reprendre l'étude de ce phénomène sur divers ions et pour différentes solutions de base en faisant varier systématiquement la fréquence.

Le courant alternatif est produit par un émetteur qui donne onze fréquences déterminées comprises entre 10 et 1 000 cycles/sec. Le débit du mercure est constant (une goutte par deux secondes). Les mesures sur les oscillogrammes sont faites toujours au même stade de la formation de la goutte (juste avant sa chute).

Dans ces conditions, on observe les faits suivants (*fig.* 1) :

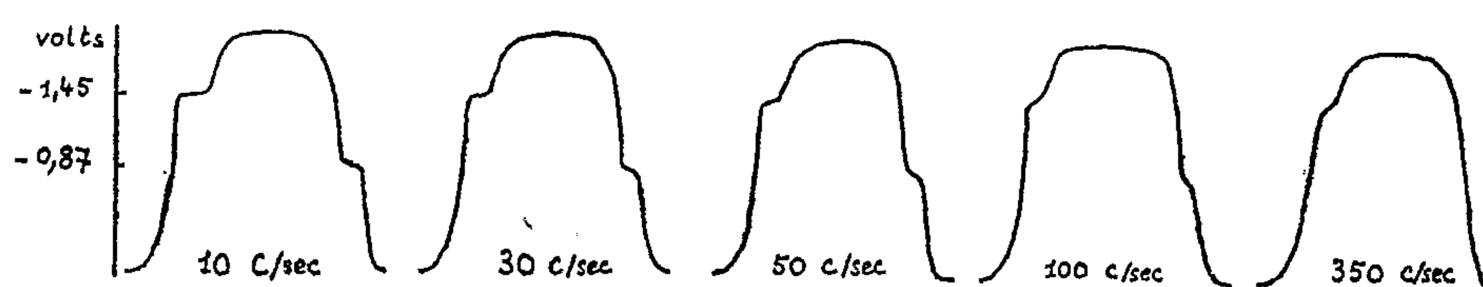



Fig. 1. — Oscillogrammes du zinc à différentes fréquences.

1° Aux erreurs d'expériences près, le potentiel d'un palier ne varie pas en fonction de la fréquence. Il est égal, dans le cas d'un oscillogramme symétrique, au potentiel de demi-vague du même ion d'un polarogramme en courant continu. Dans le cas d'un oscillogramme dissymétrique, le potentiel anodique et le potentiel cathodique encadrent le potentiel de demi-vague.

2° La largeur d'un palier varie avec la fréquence. La figure 2 montre que cette largeur est, à la précision des mesures près, inversement proportionnelle à la racine carrée de la fréquence.

3° Pour une solution de base donnée, la fréquence limite à laquelle un palier

---

([1]) J. Heyrovsky, *Chem. Listy*, 35, 1941, p. 155; *Ost. Chem. Z.*, 48, 1947, p. 24; J. Heyrovsky et J. Forejt, *Z. Phys. Chem.*, 193, 1943, p. 77.

([2]) L. A. Matheson et N. Nichols, *Trans. Électr. Soc.*, 73, 1938, p. 193.

disparaît est, en général, plus élevée pour un oscillogramme symétrique que pour un oscillogramme dissymétrique; et, dans ce dernier cas, plus élevée pour le palier cathodique que pour le palier anodique.

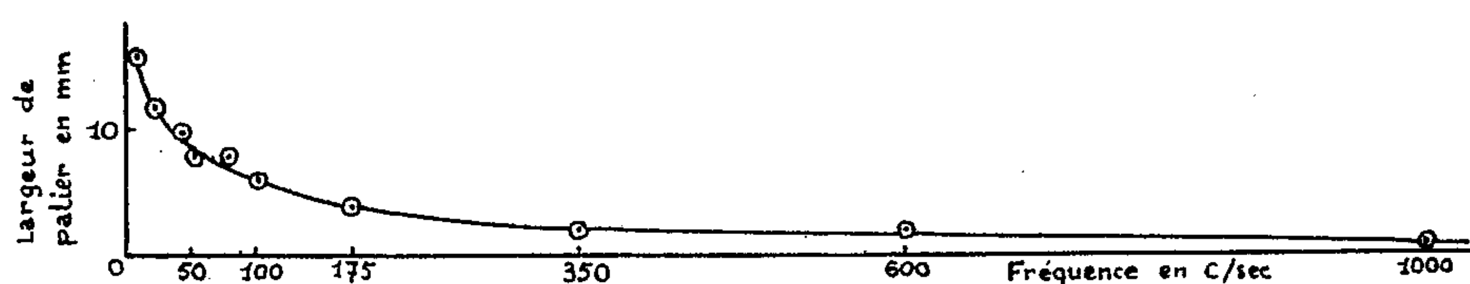



Fig. 2. — Largeur du palier cathodique du cadmium.

L'ensemble des faits observés conduit à admettre que la largeur d'un palier est proportionnelle à la quantité d'électricité mise en œuvre durant la variation du courant de diffusion de la valeur zéro à sa valeur limite; donc, en définitive, à la concentration de l'ion, à la racine carrée de sa valence et de son coefficient de diffusion. Cette façon de voir est confirmée par les fréquences limites de disparition des paliers.

En outre, la méthode permet de déceler des réactions intermédiaires ou fugitives que la polarographie ne peut mettre en évidence et, puisque le potentiel d'un palier d'un oscillogramme potentiel-temps ne dépend que de la réaction qui se passe à l'électrode, elle conduit au calcul de l'énergie libre de ces réactions secondaires.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à l'étude du dosage de la pyridine par la méthode de Kjeldahl en présence d'oxychlorure de sélénium.* Note (*) de M. **Pierre Dupuy**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de Kjeldahl, sous sa forme habituelle, donne dans le cas de la pyridine des résultats trop faibles, et divers catalyseurs ont été proposés pour faciliter l'ouverture de cet hétérocycle azoté. Nous retiendrons particulièrement trois méthodes :

1° La méthode proposée par Davies, qui utilise l'oxyde jaune de mercure comme catalyseur; l'opération dure trois heures et il est nécessaire d'éliminer ensuite les sels de mercure en les précipitant par le thiosulfate de sodium;

2° Une méthode dérivée de celle de Fleury, mise au point par Ploquin qui utilise pour $0^g,2$ de base pyridique, le mélange suivant : sulfate disodique, $7^g$; acide sulfurique, $10^{cm^3}$; acide orthophosphorique, $30^{cm^3}$; persulfate de sodium, $3^g$, avec possibilité d'ajouter une trace de sulfate d'argent comme catalyseur pour les bases pyridiques les plus résistantes. Le chauffage dure

(*) Séance du 19 février 1951.

six heures, et le liquide attaque profondément le verre Pyrex du matras qui est rapidement mis hors d'usage;

3° Une méthode en présence d'oxychlorure de sélénium déjà préconisée par divers chimistes, mais ayant fait l'objet de nombreuses critiques. Le sélénium et son oxyde ne nous ayant pas donné satisfaction, nous avons étudié systématiquement l'oxychlorure de ce métalloïde. Ce composé a été préparé suivant la méthode de Lenher (1).

Opérant sur $0^{g},15$ de pyridine pure, nous avons étudié systématiquement l'influence de la masse d'oxychlorure de sélénium, puis celle de la masse de sulfate de potassium.

*Oxychlorure de sélénium.* — Le mélange utilisé était le suivant : acide sulfurique : $25^{cm^3}$; sulfate de potassium : $15^{g}$; oxychlorure de sélénium : *m* grammes.

Les courbes I, II, III, IV et V de la figure 1 correspondent aux valeurs de *m* : 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 et $0^{g},5$.

On voit qu'on ne gagne plus rien à partir de $0^{g},4$ d'oxychlorure de sélénium. Pour des quantités de l'ordre de $2^{g}$ et plus, il y a même une perte d'azote (2).

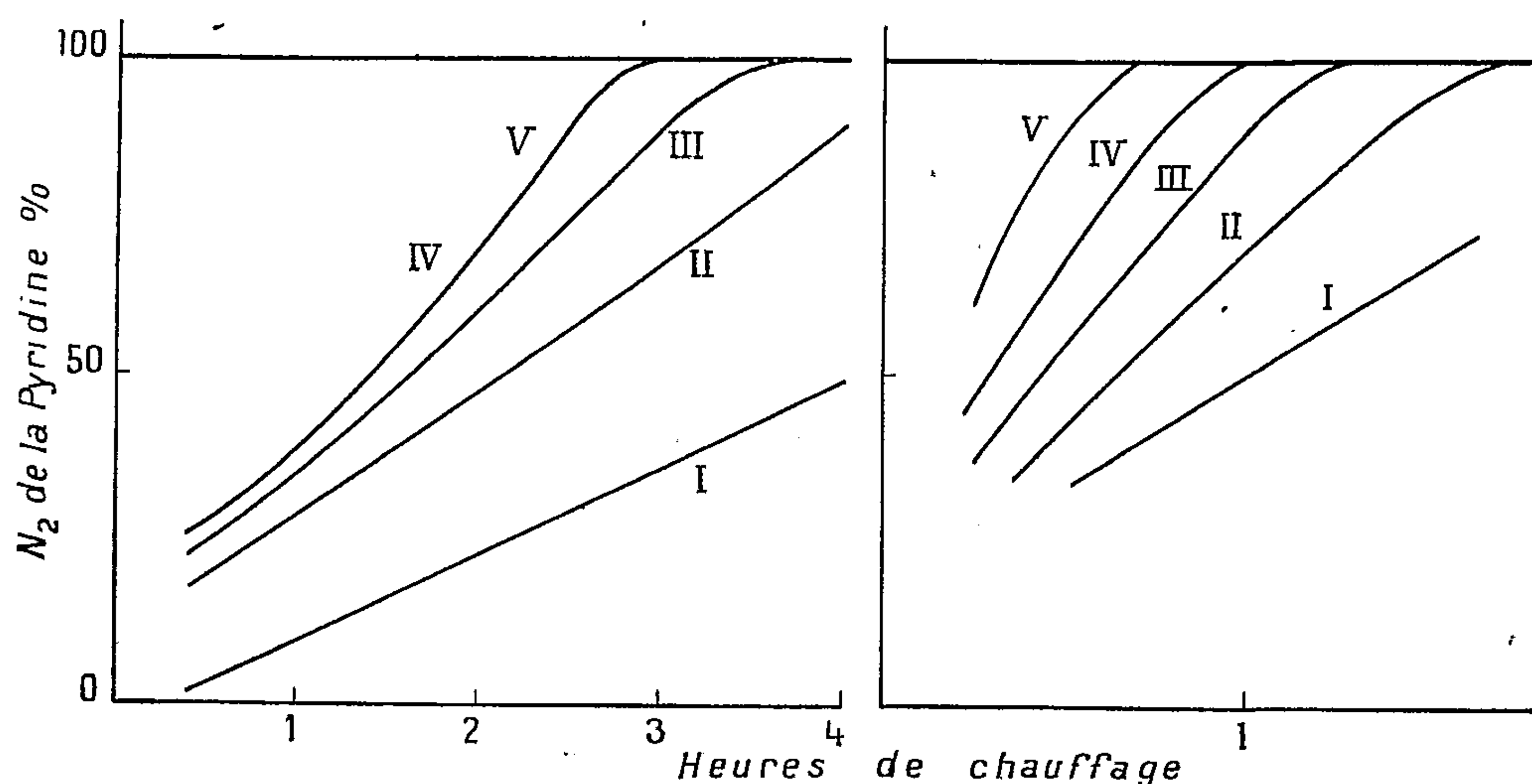



Fig. 1. Fig. 2.

Remarquons que cet optimum est lié au mécanisme de cette catalyse qui comporte sans doute la formation transitoire d'un dérivé organique du sélénium.

*Sulfate de potassium.* — Nous avons étudié le mélange : acide sulfurique : $25^{cm^3}$; sulfate de potassium : *m* grammes; oxychlorure de sélénium : $0^{g},5$.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1664.

(2) P. Dupuy, *Diplôme études supérieures*, Poitiers, 1950.

Les courbes I, II, III, IV et V de la figure 2 correspondent aux valeurs suivantes de $m$ : 20; 25; 30; 35 et $40^g$. On voit qu'en utilisant ainsi (pour $0^g,15$ de pyridine) $0^g,5$ de $SeOCl_2$ et $40^g$ de $SO_4K_2$, la totalité de l'azote pyridique est obtenue sûrement au bout d'une heure de chauffage. Et d'autre part, les composés de sélénium ne gênent pas le dosage ultérieur de l'ammoniac formé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du potassium sur le graphite.* Note (*) de M. **Albert Hérold**, présentée par M. Louis Hackspill.

Fredenhagen [1] a montré en 1926 que le potassium, le rubidium et le cœsium fondus réagissent vivement avec le graphite. Les produits de la réaction, traités par l'eau, dégagent de l'hydrogène pur. Il s'agit donc d'une réaction différente de celle obtenue par Hackspill et Schwartz [2] en décarburant des aciers par les métaux alcalins : dans ce dernier cas, en effet, les produits de la réaction dégageaient un peu d'acétylène en décomposant l'eau. Fredenhagen ne réussit pas à donner à ses composés une formule exacte, bien qu'il ait repris leur étude en 1929 [3].

En 1932, Schleede et Wellmann [4] ont prouvé par une étude aux rayons X que les atomes des métaux alcalins se glissent entre les couches des cristaux de graphite, qui s'écartent fortement. Lorsque les intervalles entre les couches sont saturés, les atomes de métal sont régulièrement disposés, et l'on a un composé défini de formule $C_8M$. Chauffé sous vide il perd du métal, et lorsqu'on insiste on retrouve le graphite inaltéré. Entre le composé $C_8M$, brun mordoré, et le graphite, il existe un composé bleu acier dont la formule serait $C_{16}M$, un sur deux seulement des intervalles séparant les couches de graphite étant saturé de métal.

J'ai étudié de façon systématique l'influence de la température sur les composés du potassium et du graphite. La technique employée est simple dans son principe.

On introduit du potassium par distillation sous vide dans un tube de pyrex de quelques millimètres de diamètre, portant deux boules à ses extrémités, et l'on scelle. L'une des boules est alors portée dans un four maintenu par un régulateur à la température constante $t_1$, soit ici 250°. L'autre boule, qui contient une masse pesée de graphite, est placée dans un deuxième four, accolé au premier, et maintenu à la température $t_2$, supérieure à $t_1$. Le potassium distille

---

(*) Séance du 19 février 1951.

(1) A. Fredenhagen et G. Cadenbach, *Z. anorg. Chem.*, 158, 1926, p. 249.

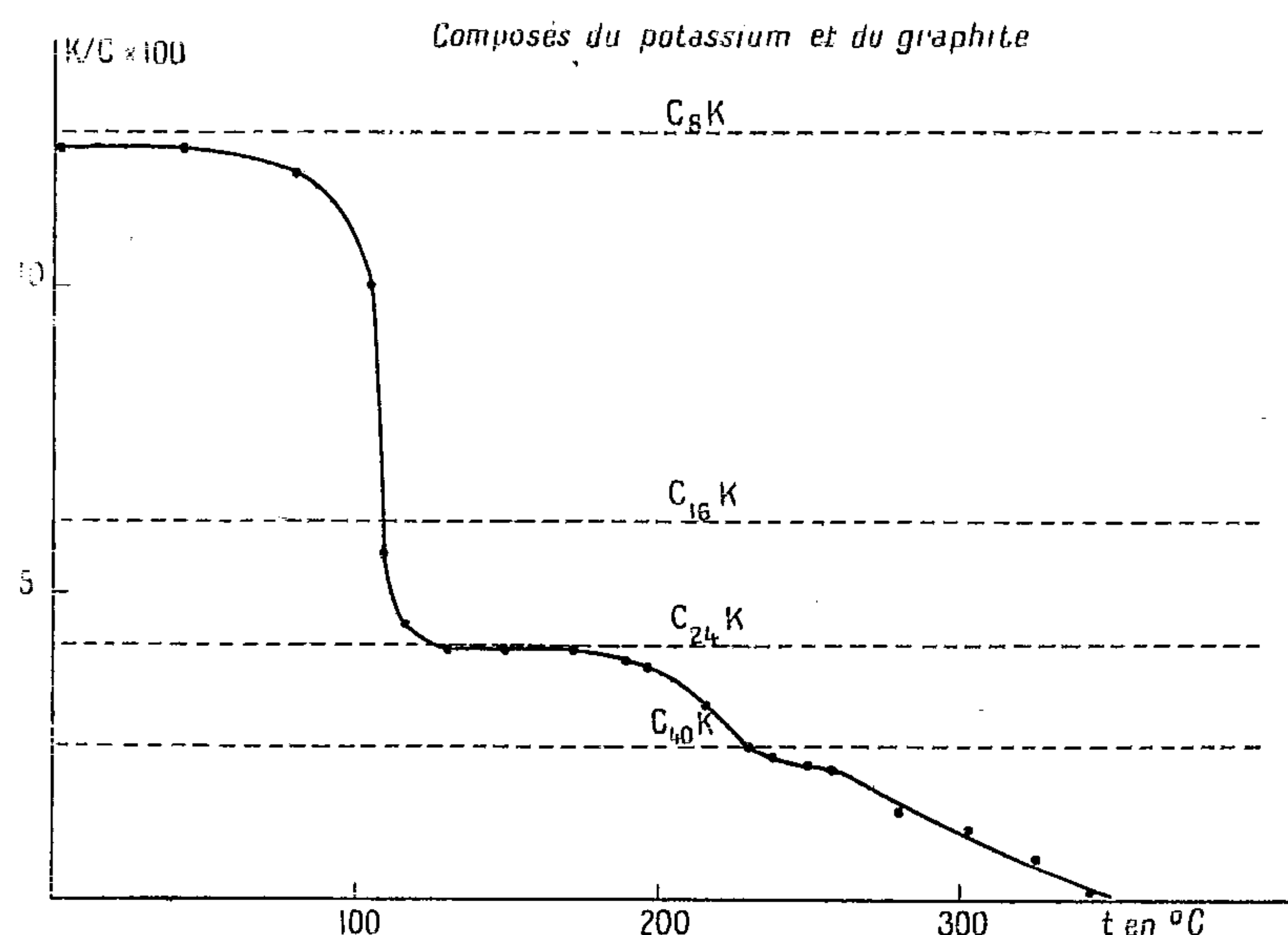
(2) *Ann. Chim.*, [10], 13, 1930, p. 5.

(3) Fredenhagen et Suck, *Z. anorg. Chem.*, 178, 1929, p. 353.

(4) *Z. Phys. Chem.*, B, 18, 1932, p. 1.

dans la boule la moins chaude et sa tension de vapeur est alors fixe. Lorsque l'équilibre est établi, on refroidit brutalement le tube dans l'huile, et l'on analyse le composé formé entre le graphite et le potassium.

La courbe ci-dessous donne, en fonction de l'écart $t = t_2 - t_1$, pour $t_1 = 250°$ C, la valeur du rapport K/C exprimé en atomes-grammes. Nous avons vérifié que ce rapport ne dépend pas du sens dans lequel l'équilibre s'établit.




La courbe possède deux longs paliers correspondant sensiblement aux composées $C_8K$ et $C_{24}K$, et un palier moins net correspondant à $C_{40}K$. Le brusque changement de composition au voisinage de 107° se traduit par un changement de couleur : le composé passe de brun rouge au bleu foncé.

La courbe ci-dessus est relative à du graphite industriel Acheson contenant 0,2 % de cendres. J'ai obtenu des résultats très voisins avec du graphite très pur fourni par le Commissariat à l'Énergie atomique (0,04 % de cendres) et du graphite naturel de Ceylan traité par la potasse fondue et l'acide chorhydrique jusqu'à ne contenir que 0,5 % de cendres.

Les nombres 24 et 40 sont les premiers multiples impairs de 8. Les formules $C_{24}K$ et $C_{40}K$ pourraient donc s'expliquer en admettant que dans le premier composé, un intervalle sur trois entre les couches du graphite est saturé de potassium, et dans le second, un intervalle sur cinq.

Nous nous proposons de vérifier ces conclusions par une étude aux rayons X.

CHIMIE MINÉRALE. — *Solubilité de l'hydroxyde de nickel dans l'ammoniaque et mise en évidence de complexes bases ammoniaque-nickel.* Note de M. **Robert Paris**, présentée par M. Louis Hackspill.

Préparation d'un hydroxyde de nickel pur et détermination de ses solubilités dans l'ammoniaque de 0,6 N à 10 N. Interprétation des résultats avec mise en évidence d'une base ammoniaque-nickel diammoniée pour les concentrations inférieures à 3 N en $NH_3$.

L'hydroxyde de nickel a été préparé pur de la façon suivante : j'ai précipité l'hydroxyde par la soude d'une solution diluée de chlorure, ét après des lavages abondants par décantation, j'ai séché entre 100 et 110° pendant 48 heures, puis broyé en une poudre se lavant beaucoup plus facilement que le précipité gélatineux initial; après de nouveaux lavages, redissolution dans l'ammoniaque concentrée et reprécipitation par ébullition, j'ai séché et broyé finement l'hydroxyde obtenu, qui ne présente plus traces décelables de chlorure.

Pour les déterminations des solubilités j'ai fait barboter jusqu'à saturation de l'ammoniac pur dans de l'eau bidistillée à l'abri de la carbonatation et contenant en suspension de l'hydroxyde de nickel; j'ai agité pendant 48 heures et décanté pendant huit jours. La solution ainsi saturée en ammoniac et en hydroxyde a été plus ou moins diluée et décantée de façon à fournir les solubilités de l'hydroxyde pour différentes concentrations en ammoniac.

J'ai ainsi obtenu les résultats suivants à 16°C :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $NH_3$ N........... | 0,62 | 1,12 | 1,85 | 2,53 | 3,06 | 4,88 | 6,32 | 10,20 |
| Ni équivalent.... | 0,004 | 0,009 | 0,035 | 0,056 | 0,067 | 0,127 | 0,185 | 0,330 |

Comparés aux chiffres fournis par Bonsdorff (¹), les miens sont plus forts, mais en bon accord avec ceux de Stark (²).

J'ai alors tenté d'en déduire, à partir de la loi d'action des masses, la formule d'un complexe responsable de la solubilité aux petites concentrations, et ai constaté que jusqu'à la normalité 3 en $NH_3$ mes chiffres concordaient avec l'hypothèse du complexe diammonié : $Ni(OH)_2.2NH_3$; en effet la formule

$$K=\frac{(Ni)}{[(NH_3)-2(Ni)]^2},$$

établie en supposant une concentration négligeable, mais constante de $Ni(OH)_2$ libre au sein de mes solutions, fournit :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| pour N.$NH_3$.......... | 0,62 | 1,13 | 1,85 | 2,53 | 3,06 |
| K = ............... | 0,011 | 0,007 | 0,011 | 0,010 | 0,02 |

(¹) *Beitrage zur Kenntniss von Komplexen des Ammoniakhydroxyden*, Helsingfors, 1904, p. 88.

(²) *Ber.*, 36, 1903, p. 3840.

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus à partir de mesures de tensions de vapeur par M^lle de Wijs [3]. Pour les concentrations supérieures, l'intervention des activités ioniques ne nous a pas permis jusqu'ici d'interpréter nos résultats avec profit.

Des essais ultérieurs ayant pour but l'isolement de tels complexes à l'état solide m'ont amené à penser que pour des solutions très riches en ammoniac (au delà de 13N) la solubilité en nickel, après avoir atteint un maximum, décroissait ensuite en fonction de l'enrichissement en ammoniac.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Acidité et basicité de molécules dans l'état fondamental et dans un état excité.* Note (*) de M. **Camille Sandorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un acide, comme le phénol, a une tendance d'autant plus grande à perdre un proton que la charge positive de l'oxygène est élevée et que la concentration des protons dans la solution est faible.

Par contre, une base, comme l'aniline attirera un proton et libérera un ion hydroxyle d'autant plus facilement que la charge négative de l'azote est grande (ou sa charge positive faible) et que la concentration des protons du milieu est élevée [1].

Th. Förster [2] a attiré l'attention sur le fait que si l'acide ou la base absorbe un photon et passe à un état excité, la répartition des charges s'y trouve profondément changée et par conséquent l'acidité ou la basicité également.

Afin de démontrer ce phénomène, il a étudié les spectres d'absorption et de fluorescence de certains acides et bases organiques en variant le pH du milieu de 0 à 14. Les spectres d'absorption dépendent de l'état de dissociation du niveau fondamental, les spectres de fluorescence de celui du niveau excité.

Nous allons suivre ses expériences par des calculs théoriques. Nous évaluons les charges dues aux électrons $\pi$ partout par la méthode usuelle des orbitales moléculaires [3], et nous tenons compte des charges dues à la polarisation des électrons $\sigma$ à l'aide de la méthode de l'effet de charge de P. et R. Daudel [4], [5].

Nous considérons l'aniline et le phénol comme des modèles pour l'étude des corps plus volumineux sur lesquels les dits phénomènes ont été observés.

---

(3) *Rec. Trav. Chim.*, **44**, 1925, p. 667.

(*) Séance du 12 février 1951.

(1) *Voir* par exemple : G. W. Wheland, *The theory of Resonance*, New-York, 1944.

(2) *Z. Elektrochem.*, **54**, 1950, p. 42 et 531.

(3) *Voir* C. A. Coulson et H. C, Longuet Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A. **191**, 1947, p. 39.

(4) *J. Phys.*, **7**, 1946, p. 12.

(5) A. Laforgue, *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 568.

Chez l'aniline, l'azote porte une charge égale à —0,13 électron sur le niveau fondamental. (L'intégrale coulombienne $\alpha_N = 0,61$.) On comprend par conséquent que même en solution peu acide il pourra attirer un proton (*fig.* 1 *a*).

Ainsi, la conjugaison entre le noyau benzénique et l'azote se trouve supprimée ([6]) et à la place du spectre d'absorption de l'aniline (première bande à 2860 Å), on ne trouvera que le spectre du benzène (2550 Å).

Plus grand sera le nombre des molécules d'aniline qui se sont emparé d'un troisième proton plus l'intensité de la bande « benzénique » augmentera aux dépens de la bande « anilinique » et ce nombre dépendra du pH. La bande « anilinique » disparaîtra totalement si le pH est assez grand (acide).

Il s'agit ici de l'augmentation de l'intensité d'une bande et de la diminution de celle d'une autre et non pas du déplacement d'une bande vers les ondes courtes ou longues.

Nous avons pris la moyenne des charges qui apparaissent sur les deux premiers niveaux excités très voisins l'un de l'autre et nous avons trouvé : + 0,25 sur l'azote (*fig.* 1 *b*).

C'est un changement considérable. Par le simple fait de l'absorption d'un photon l'aniline devient donc beaucoup moins basique. Ayant une charge positive elle aura tendance à repousser les protons. Par conséquent, la disparition de la bande « anilinique » en fluorescence se produira à un pH beaucoup plus acide qu'en absorption.

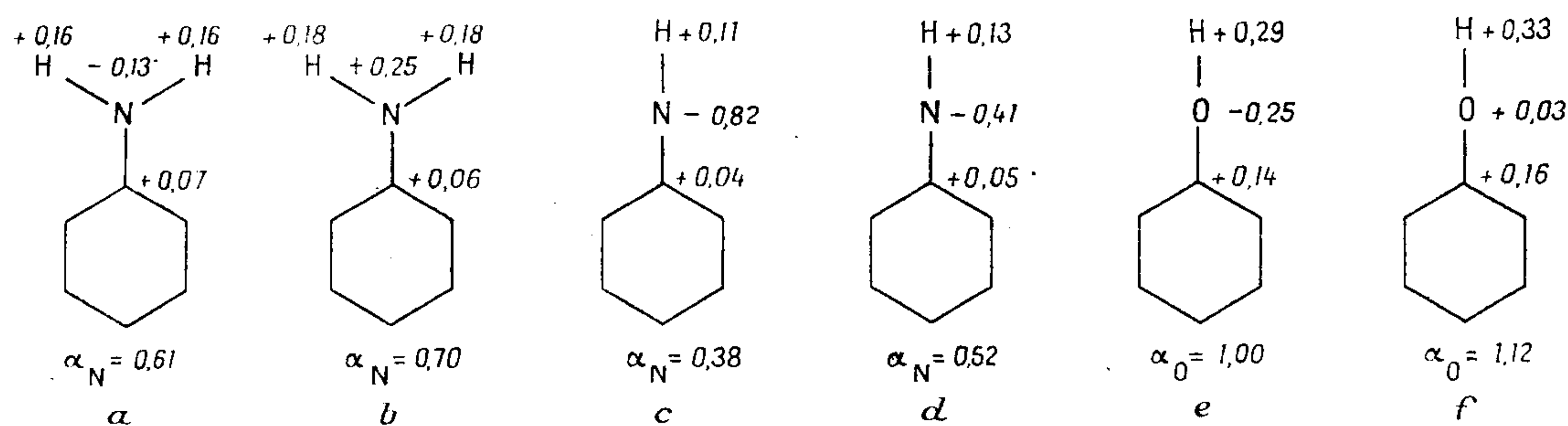



Fig. 1.

Selon Förster, en solution fortement basique, les ions hydroxyles de la solution peuvent provoquer la séparation d'un proton du groupe amine. Le reste aura sur les niveaux fondamental et excité les diagrammes représentés aux figures 1 *c* et 1 *d*. Au niveau fondamental, même si le second proton part, un proton finira vite par rallier la molécule à cause de la grande charge négative de l'azote. Il faut donc s'attendre à ce que cette forme apparaisse plutôt à l'état excité, c'est-à-dire en fluorescence où la charge négative de l'azote est beaucoup moins élevée.

([6]) *Voir* R. N. Jones, *Chem. Rev.*, **32**, 1943, p. 1.

La bande correspondante se situera vers les ondes longues à cause de la diminution de l'électronégativité de l'azote.

Chez le phénol on obtient les diagrammes qu'on trouve aux figures 1 *e* et 1 *f*.

Le proton pourrait donc plus facilement partir lorsque la molécule est sur le niveau excité. La bande sera à des ondes plus longues et apparaîtra en fluorescence à un pH moins basique.

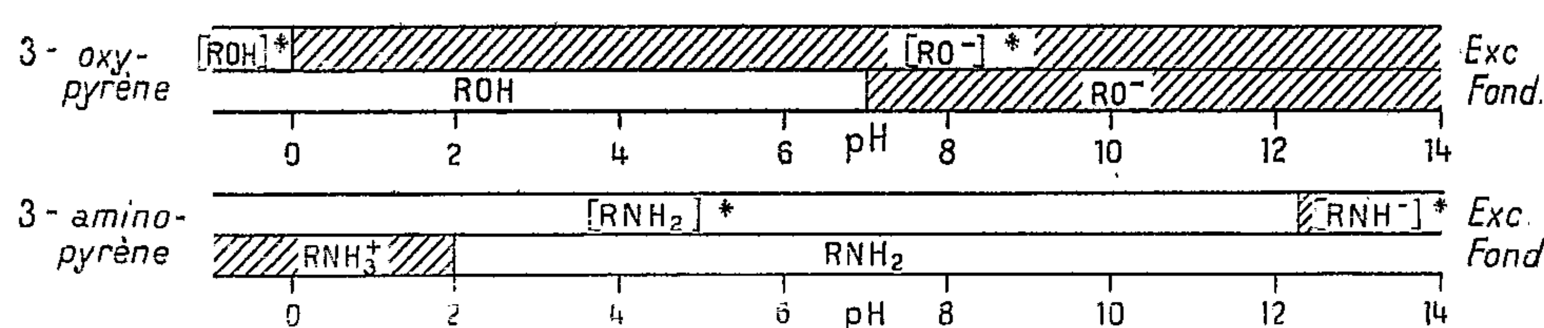
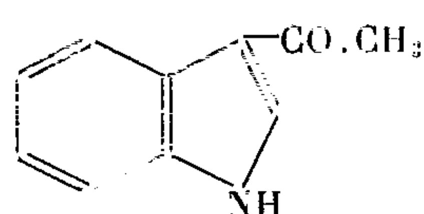


Fig. 2.

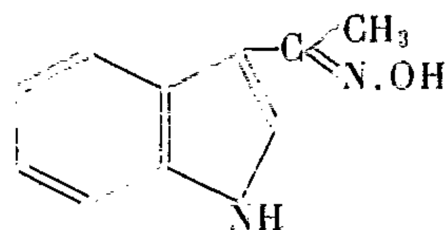
Les résultats expérimentaux obtenus dans le cas du 3-amino et 3-oxypyrène ([5]) et que la figure 2 résume sont tout à fait analogues à ceux qu'il faudrait attendre dans le cas de l'aniline et du phénol selon nos calculs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un effet stérique sur l'absorption des dérivés β substitués du benzopyrrole.* Note de Mme **Ramart-Lucas** et M. **Maurice Roch**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

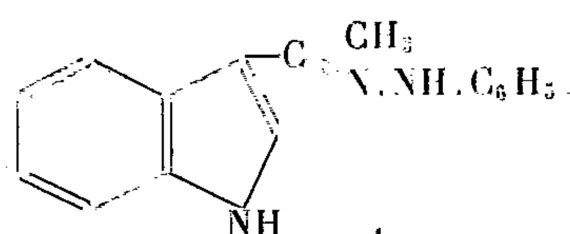
Les recherches poursuivies par l'un de nous avec divers collaborateurs ([1]), ([2]), ([3]) sur l'étude de la structure électronique des atomes de carbone, engagés dans des hétérocycles pentagonaux, d'après leur comportement spectral, ont été étendues aux dérivés du benzopyrrole (indole) dans lesquels une fonction cétone, oxime, phénylhydrazone se trouve fixée en position β.



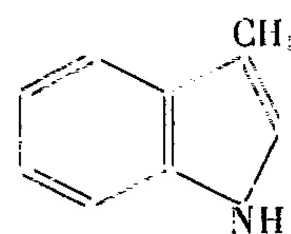
(I) « abs. »



(II) « abs. »



(III) « abs. »



(IV)

([1]) Mme Ramart-Lucas et Mlle Bertucat, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 295.

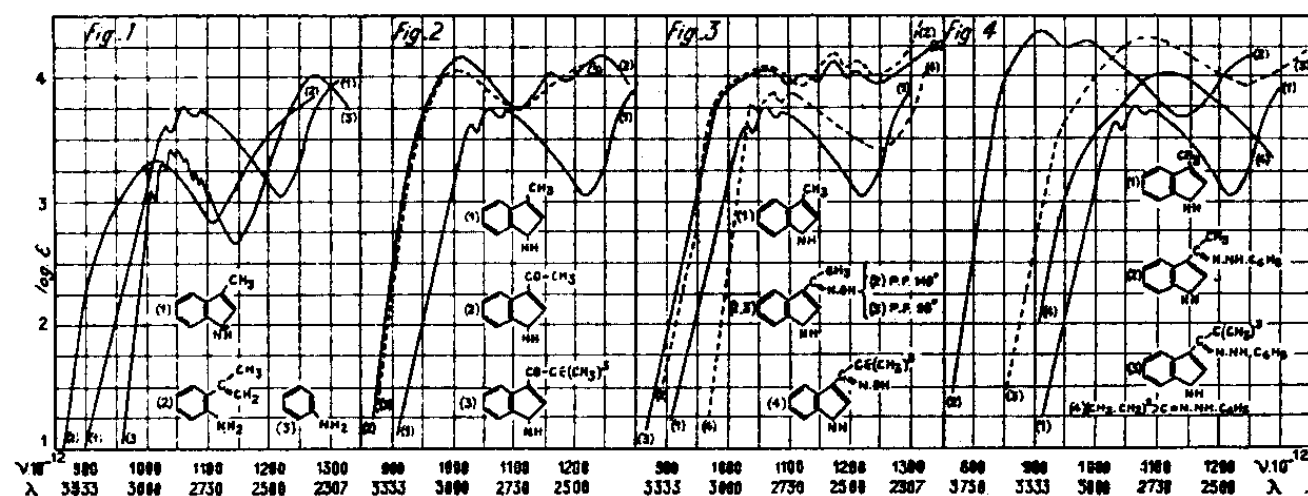
([2]) Mme Ramart-Lucas, M. Hoch et Klein, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 336.

([3]) Mme Ramart-Lucas et M. M. Martynoff, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 517.

Nous résumerons ici les résultats obtenus par les mesures d'absorption d'une part de la β-benzopyrrylméthylcétone (I), de son oxime (II) (deux formes stéréoisomères syn. et anti.), de la phénylhydrazone (III) et, d'autre part, des combinaisons (V), (VI) et (VII) dans lesquelles le groupe méthyle des composés précédents a été remplacé par un radical tertiaire-butyle.

Soulignons tout d'abord qu'il existe une différence d'absorption très notable entre le β-méthylbenzopyrrole (IV) (*fig.* 1 courbe 1), l'ortho-aminopropène-2 qui en dérive par ouverture de la chaîne (courbe 2) et de l'aniline (courbe 3). [Les courbes des deux premières substances correspondent à l'enregistrement, au microphotomètre, des plaques obtenues par M. Grammaticakis ([1]).]

La déformation des angles valentiels entraîne un changement dans le couplage qui s'exerce entre le noyau et le groupe éthylénique lorsque la chaîne est ouverte et par suite une modification dans l'état électronique de ce groupe.



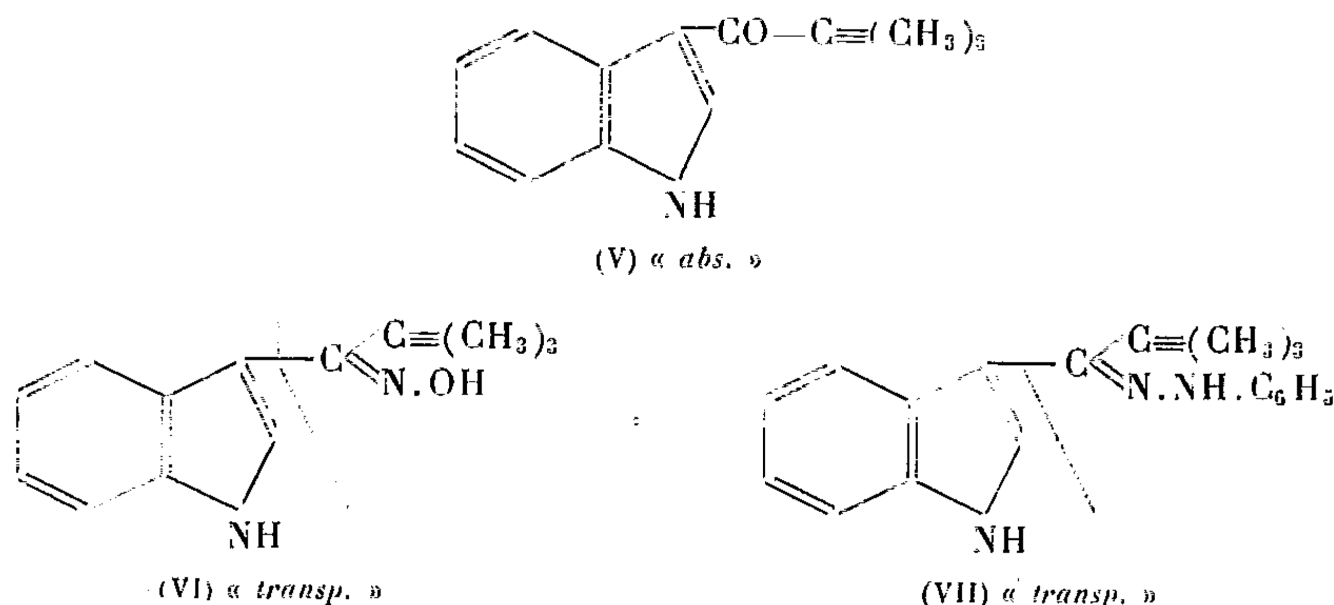

D'après leurs absorptions, les corps (I), (II) et (III) ont la forme « *absorbante* ». Un « *couplage* » important s'exerce entre la fonction et le reste de la molécule. Dans les spectres de chacun d'eux on ne trouve aucune des bandes qui caractérisent celui du β-méthylbenzopyrrole (IV) (qui possède le spectre « *limite* » du β-benzopyrryle) et dont on trouvera la courbe d'absorption (courbe 1) sur chacune des figures données. La figure 2 contient la courbe de la β-benzopyrrylméthylcétone (I) (courbe 2), sur la figure 3 se trouvent les courbes des deux β-benzopyrrylméthylcétoximes ([1]) stéréoisomères fondant respectivement à 149° (courbe 2) et à 95° (courbe 3). Enfin, sur la figure 4 (courbe 2), celle de la β-benzopyrrylméthylcétonephénylhydrazone (III).

Si, dans les corps précédents, on remplace le $CH_3$ par le groupe $—C{\equiv}(CH_3)_3$, on note, dans le cas de la β-benzopyrryl-*ter*-butylcétone (V) une faible diminution de l'intensité d'absorption (*fig.* 2, courbe 3).

Par contre, un « *découplage* » complet s'effectue entre le groupe fonctionnel et le reste de la molécule dans le cas des oximes (VI) et phénylhydrazone (VII). C'est ainsi que la β-benzopyrryl-*ter*-butylcétoxime (VI) possède un spectre très voisin de celui du β-méthylbenzopyrrole (*fig.* 3). Dans ce cas, la fonction oxime

([1]) *Praktrika de l'Académie d'Athènes*, 15, 1940, p. 454 et 462.

ayant une absorption « *limite* » beaucoup plus faible que celle du β-benzopyrryle, seul le spectre de (IV) apparaît. En ce qui concerne la phénylhydrazone (VII) (*fig.* 4, courbe 3), c'est au contraire le spectre β-benzopyrryle qui est masqué par le spectre « *limite* » de la phénylhydrazone d'une cétone aliphatique (courbe 4).




(V) « *abs.* »

(VI) « *transp.* » (VII) « *transp.* »

*En résumé :* si dans l'oxime et la phénylhydrazone dérivées de la β-benzopyrrylméthylcétone un couplage important s'exerce entre l'hétérocycle et la fonction, le remplacement du $CH_3$ par un groupe ter. butyl provoque, par effet stérique, un « *découplage* » complet entre la fonction et le reste de la molécule.

Tout se passe en effet, du point de vue spectral, comme si ces molécules se trouvaient scindées en deux parties selon les schémas (VI) et (VII), leurs spectres correspondent à ceux d'un mélange équimoléculaire des spectres « *limites* » du β-benzopyrryle et de celui de la fonction. Ce phénomène est identique à celui qui se manifeste en série benzénique lorsque ces fonctions sont liées directement au noyau.

*Il est par suite à penser que le carbone du benzopyrryle possède la même structure électronique que les carbones benzéniques, c'est-à-dire la structure graphitique.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'hydrocarbures fluoréniques.* Note (*) de MM. **Jean Colonge** et **Jacques Sibeud**, présentée par M. Marcel Delépine.

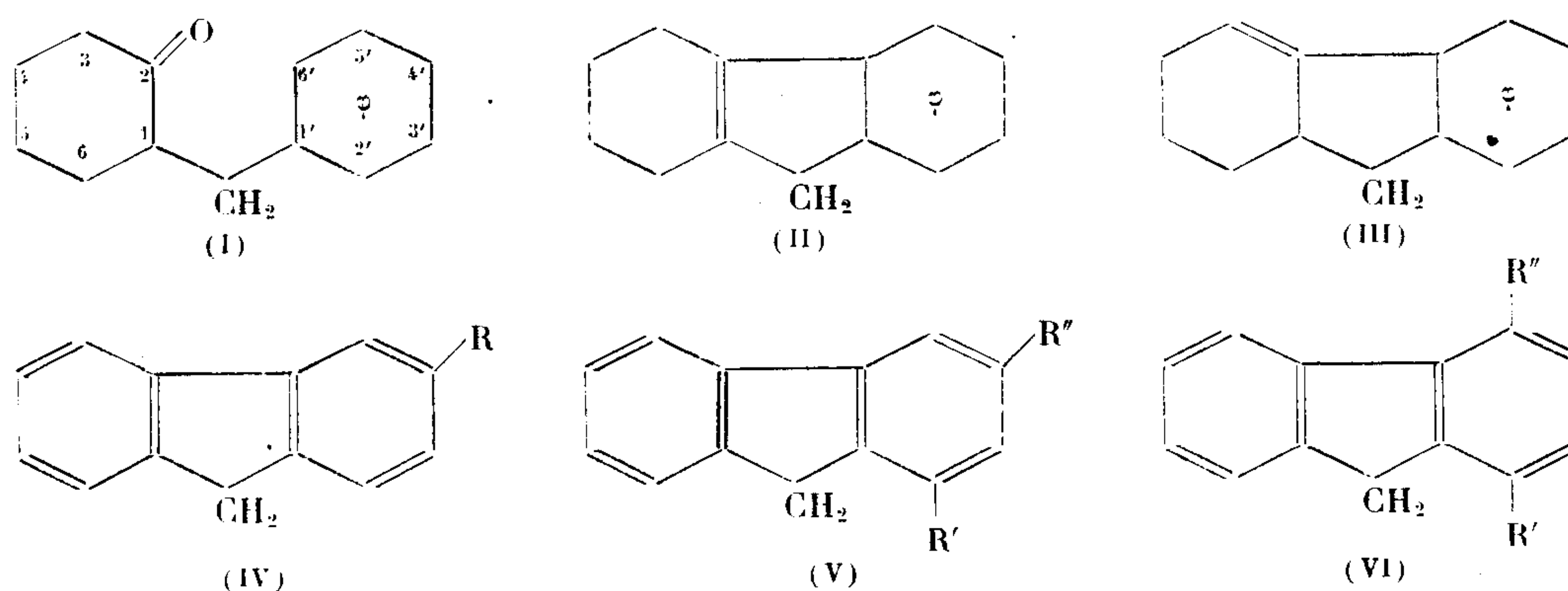
Les arylméthyl-1 cyclohexanones-2 sont transformées (avec séparation d'eau) par le chlorure d'aluminium en hydrocarbures tétrahydrofluoréniques; ceux-ci sont déshydrogénés par le soufre en fluorènes correspondants. On a ainsi un procédé d'accès rapide et simple à la série fluorénique.

La cyclodéshydratation des cétones β-aryliques est assez peu étudiée et les exemples signalés jusqu'ici se rapportent principalement à la formation

(*) Séance du 19 février 1951.

d'indènes substitués; les cétones précédentes sont traitées par l'un des agents de condensation suivants : acide bromhydrique anhydre, acide sulfurique et chlorure d'aluminium.

Nous avons constaté que les *arylméthyl-1 cyclohexanones-2* (I) se cyclodéshydratent, sous l'action du chlorure d'aluminium, en tétrahydrofluorènes (II) ou (III), la forme (II) paraissant la plus probable; ces hydrocarbures sont déshydrogénés par le soufre en fluorènes correspondants (IV), (V) et (VI).




Les cétones du type (I) ont été obtenues, soit par action d'hydrocarbures benzéniques chlorométhylés sur la cyclohexanone sodée, soit par hydrogénation catalytique des produits de condensation d'aldéhydes aromatiques juxtanucléaires sur la cyclohexanone. Leur cyclodéshydratation est effectuée par chauffage de leur solution éthéropétrolique avec du chlorure d'aluminium ($3^{\text{mol}}$,1 pour une de cétone). Les rendements en tétrahydrofluorènes bruts oscillent entre 25 et 65 % de la théorie; il semble que la présence de deux groupements alcoyle sur le noyau aromatique des cétones (I) favorise la cyclisation, surtout si l'un d'eux est en 5′; en outre, un groupement méthoxy en 4′ empêche toute cyclisation.

Les tétrahydrofluorènes ainsi obtenus sont des solides incolores quand ils viennent d'être cristallisés; ils donnent des picrates rouges; abandonnés à l'air, ces hydrocarbures se transforment peu à peu en des masses visqueuses jaunes, par suite d'une autoxydation; nous nous proposons d'étudier ce phénomène.

Pour déshydrogéner les tétrahydrofluorènes, il suffit de les chauffer avec la quantité théorique de soufre, entre 180° et 240°, puis de rectifier et de recristalliser l'hydrocarbure dans l'alcool éthylique.

La constitution de ces hydrocarbures est prouvée du fait que certains sont déjà connus et que les points de fusion sont concordants; en outre, par oxydation chromique ils fournissent des fluorénones ayant mêmes points de fusion que celles qui sont déjà décrites.

(*Méthyl-4′ benzyl*)-1 *cyclohexanone*-2 $C_{14}H_{18}O$. — Hydrogénation de la (méthyl-4′ benzylidène)-1 cyclohexanone-2; liquide visqueux. $É_{2,5}$ 121°; $d_4^{20}$ 1,020; $n_D^{20}$ 1,5315; semicarbazone F 215°5.

*(Diméthyl-2'.4' benzyl)-1 cyclohexanone-2* $C_{15}H_{20}O$. — Action du chlorure de diméthyl-2.4 benzyle sur la cyclohexanone sodée; Rdt 67 %; solide, $E_5$ 153°, F 33° (éther de pétrole); en surfusion, $d_4^{23}$ 1,014; $n_D^{23}$ 1,5345; semicarbazone F 212°.

*(Diméthyl-2'.5' benzyl)-1 cyclohexanone-2* $C_{15}H_{20}O$. — Action du chlorure de diméthyl-2.5 benzyle sur la cyclohexanone sodée: Rdt 68 % solide, $E_{2,5}$ 123°-126°; F 60° (alcool méthylique); semicarbazone F 183°.

*Tétrahydrofluorène* $C_{13}H_{14}$. — Rdt 23 %; solide incolore, F 57° (alcool éthylique); picrate rouge, F 72° (alcool absolu).

*Diméthyl-1.3 tétrahydro-5.6.7.8 fluorène* $C_{15}H_{18}$. — Rdt 46 %; solide F 90° (alcool éthylique); picrate rouge orangé F 77°.

*Diméthyl-1.4 tétrahydro-5.6.7.8 fluorène* $C_{15}H_{18}$. — Rdt 65 %; solide F 70° (alcool absolu); picrate rouge orangé F 89° (alcool méthylique).

*Méthyl-3 tétrahydro-5.6.7.8 fluorène* $C_{14}H_{16}$. — Rdt 20 %; solide F 45°5 (alcool méthylique); picrate rouge orangé, F 72°5 (alcool absolu).

*Fluorène* $C_{13}H_{10}$. — Rdt de la déshydrogénation 32 %; F 113° (alcool absolu); ce point de fusion est identique à celui indiqué dans la littérature, l'épreuve du mélange ne donne pas de dépression du point de fusion.

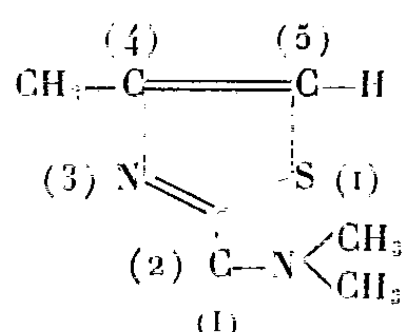
*Méthyl-3 fluorène* $C_{14}H_{12}$. — Rdt 30 %; F 88°5, en accord avec Vorländer [1].

*Diméthyl-1.3 fluorène* $C_{15}H_{14}$. — Rdt 34 %; F 87° (alcool absolu); en accord avec Chardonnens et Vurmli [2].

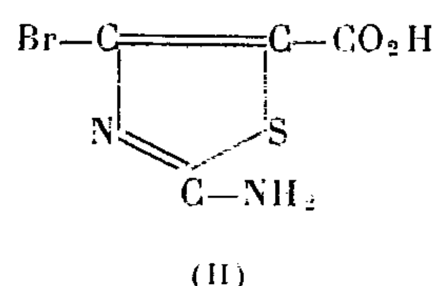
*Diméthyl-1.4 fluorène* $C_{15}H_{14}$, — Rdt 44 %; carbure non encore décrit, F 82°5 (alcool éthylique).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la position de l'halogène dans les amino-2 thiazols bromés et iodés.* Note de M<sup>lle</sup> **Yvonne Garreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai admis [1] avec d'autres auteurs [2] que, dans les amino-2 thiazols iodés ou bromés, obtenus respectivement par action du chlorure d'iode ou du brome, en milieu chlorhydrique, sur les amino-2 thiazols non substitués en (5), l'halogène se fixait sur le carbone placé en cette position.



(I)



(II)

[1] *Ber.*, **46**, 1913, p. 1793.
[2] *Helv. Chim. Acta*, **33**, 1950, p. 1175.

[1] *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 597; **222**, 1946, p. 963; **226**, 1948, p. 814 et p. 1022; **230**, 1950, p. 448.
[2] Par exemple : Eiji Ochiaï et Funjo Nagasawa, *Ber. d. Dtsch. Chem. Ges.*, **72**, 1939, p. 1470.

Or, ces composés, en présence d'iodure de potassium, libèrent de l'iode, propriété qu'ils présenteraient également si leur halogène était lié à l'azote fixé en (2).

Il était donc nécessaire d'éliminer cette dernière hypothèse, d'autant plus que les amino-2 thiazols méthylés en (3) ne donnant plus de dérivés à halogènes labiles, la raison de ces comportements distincts pouvait être cherchée dans des différences de position : substitution en (5) dans un cas, substitution sur l'azote fixé en (2) dans l'autre.

Je suis parvenue à démontrer que la diméthylamino-2 méthyl-4 thiazol (I) qui ne possède plus, sur l'azote placé en (2), d'hydrogène substituable, peut être encore bromé ou iodé dans les mêmes conditions que les amino-2 thiazols que j'avais expérimentés jusqu'ici et de plus, que l'halogène présente encore les mêmes propriétés « positives ».

Le chlorhydrate de diméthylamino-2 méthyl-4 thiazol a été obtenu suivant a méthode générale, en faisant réagir la diméthyl-N-thiourée sur la monochloracétone. Extrait de sa solution aqueuse, il cristallise dans l'alcool absolu, en conservant $1^{mol},5$ d'eau et forme des prismes déliquescents, F 79-80°, très solubles dans l'eau, les alcools méthylique et éthylique et le chloroforme, insolubles dans l'acétone et les autres solvants usuels.

La base, extraite par l'éther, de la solution du chlorhydrate dans l'ammoniaque diluée, est soluble dans l'éther de pétrole et tous les autres solvants usuels.

Dissoute dans l'acide bromhydrique, elle décolore une quantité équimoléculaire de brome. Le bromhydrate de diméthylamino-2 méthyl-4 bromo-5 thiazol précipite immédiatement. Peu soluble dans l'eau froide, soluble dans les alcools méthylique et éthylique, il cristallise dans l'alcool absolu en aiguilles F 145° environ. Chauffé dans une solution d'iodure de potassium, il donne de l'iode en quantité importante.

La base bromée cristallise dans l'éther. Soluble dans le dioxane et les solvants usuels, elle est insoluble dans l'éther de pétrole. En solution, elle produit immédiatement un fort dégagement d'iode en présence d'iodure de potassium.

Dans des conditions analogues, on prépare le chlorhydrate du dérivé iodé, cédant son iode par simple chauffage en milieu aqueux, F 125° environ, soluble dans les alcools méthylique et éthylique; puis la base iodée correspondante F 59° possédant les mêmes propriétés que la base bromée.

Une contre-épreuve consiste à essayer de bromer des amino-2 thiazols, dont l'azote fixé en (2) porte deux hydrogènes, mais substitués en (5) par des groupes divers.

L'amino-2 thiazol dicarbonate-4.5 d'éthyle ne décolore pas le brome que ce soit en milieu acétique ou chlorhydrique.

L'acide amino-2 thiazol dicarbonique-4.5 préparé à partir de l'acide céto-

succinique bromé et de la thiourée, échange un groupe carboxyle contre un atome de brome, et le bromhydrate qui se dépose cristallise, dans l'acide bromhydrique, en aiguilles se décomposant vers 360°. Il ne donne pas d'iode par chauffage avec l'iodure de potassium, et doit donc être considéré comme un isomère du produit que j'avais obtenu par bromuration de l'acide amino-2 thiazol carbonique-4. C'est l'acide amino-2 bromo-4 thiazol carbonique-5 (II).

Enfin l'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol ne donne avec le chlorure d'iode qu'une combinaison d'addition molécule à molécule.

Par contre, il décolore une molécule de brome. Le dérivé bromé qui prend naissance fera l'objet d'une prochaine communication; son brome est très labile, mais ne réagit pas avec un iodure.

En résumé, les amino-2 thiazols dont la position (5) est libre, fournissent des dérivés de substitution monobromés ou monoiodés, à propriétés oxydantes vis-à-vis des iodures, même si les deux hydrogènes liés à l'azote fixé en (2) sont substitués. Ceux dont la position (5) est occupée donnent des produits de substitution, halogénés, présentant des propriétés très différentes, ou n'en donnent pas du tout.

Ces faits sont en faveur de la position (5) de l'halogène « positif » pour les amino-2 halogéno thiazols préparés jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ammoniac sur les cétones α-chlorées sur un carbone tertiaire.* Note de M[lle] **Henriette Larramona**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action de l'ammoniac sur les cétones α-chlorées sur un carbone tertiaire conduit aux amino-cétones correspondantes.

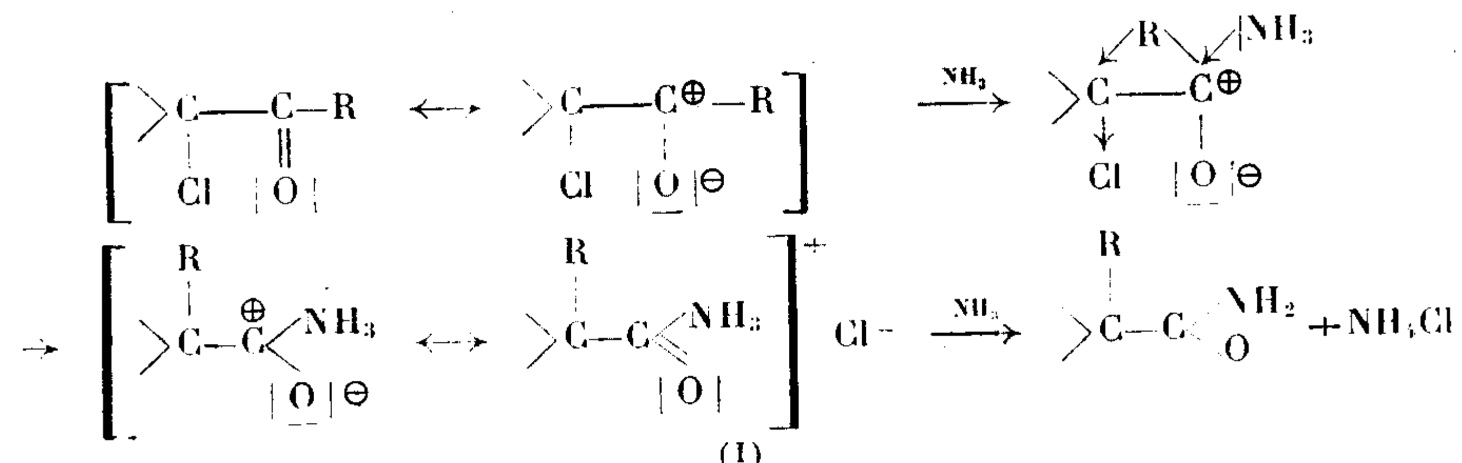
L'action de la potasse sur les cétones α-chlorées sur un carbone tertiaire s'est avérée considérablement influencée par la nature des radicaux substituants fixés non seulement sur le carbone porteur d'halogène, mais également sur le carbonyle. Suivant la fonction sur laquelle se porte initialement l'action de la potasse, les produits résultants sont différents (¹).

Nous avons étudié le comportement de ces cétones vis-à-vis de l'ammoniac. On sait que l'ammoniac est susceptible de réagir aussi bien sur la fonction carbonyle que sur la fonction halogène. Dans le cas où ces deux fonctions sont réunies dans la même molécule, il peut y avoir compétition entre elles.

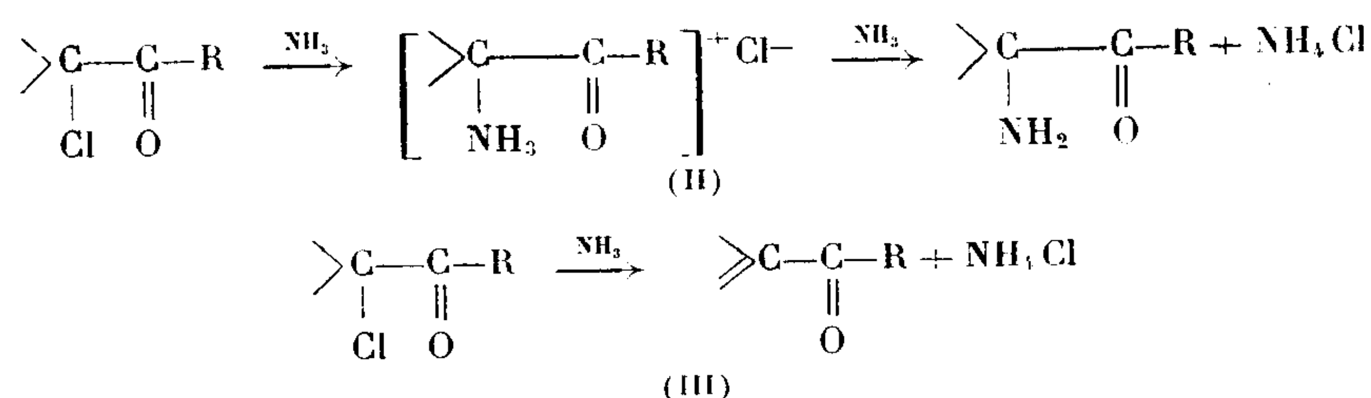
Si l'ammoniac agit initialement sur la fonction cétone, une transposition du type Faworski conduisant à un amide est possible. Cette réaction a d'ailleurs

(¹) Charpentier-Morize et Tchoubar, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 416.

été signalée par Lascève ([2]), ([3]). Elle peut être représentée par un schéma (I) semblable à celui proposé par B. Tchoubar ([4]) pour expliquer l'un des mécanismes possibles de la formation d'acide à partir de cétones α-halogénées.



Si l'ammoniac agit de préférence sur la fonction halogénée, il peut y avoir soit la formation d'amine par une réaction de substitution (II), soit la formation d'une cétone éthylénique par une réaction d'élimination (III).



Nous avons constaté que l'action de l'ammoniac sur les cétones α-chlorées du type R′R″CCl—CO—R conduit toujours aux amino-cétones correspondantes $R'R''CNH_2$—CO—R. Soulignons que ces amino-cétones sont stables, alors que les amino-cétones provenant des cétones halogénées sur un carbone primaire ou secondaire, ont tendance à se dimériser lorsqu'elles sont à l'état d'amines libres ([5]).

Contrairement à ce qui se passe dans le cas de l'action de la potasse sur ces cétones chlorées, l'ammoniac conduit toujours, indépendamment de la nature des radicaux substituants, à la formation d'amino-cétone (II). Nous n'avons jamais constaté ni la formation d'amide (I), ni la formation de cétone éthylénique (III). La mobilité de l'halogène est cependant considérablement influencée par la nature des radicaux (R, R′, R″). C'est ainsi que pour certaines cétones chlorées (R′, R″ = pentaméthylène, R = méthyle; R′ = R″ = méthyle, R = phényle) la réaction se fait déjà à froid, tandis que pour d'autres

([2]) *Thèse de Pharmacie*, Nancy, 1938.

([3]) Signalons que MM. Mousseron, Julien et Canet (*Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 479) ont observé cette transposition dans l'action de la diméthylamine sur la chlorocyclohexanone.

([4]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 580.

([5]) Newbold et Spring, *Annual Reports* (Londres), **42**, 1945, p. 188.

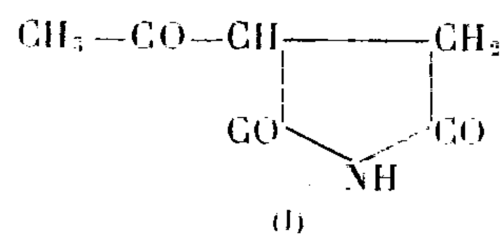
(R', R'' = pentaméthylène, R = cyclohexyle ou phényle; R' = R'' = éthyle, R = phényle), la vitesse de réaction ne devient appréciable qu'à des températures élevées (110-120°). De même, suivant la nature de la cétone étudiée, les rendements en amino-cétone sont très variables (25 à 80 %).

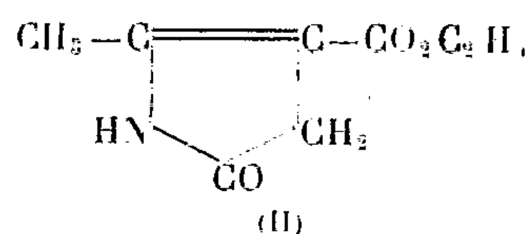
*Partie expérimentale.* — Les amino-cétones ont été préparées soit à chaud (*a*), soit à froid (*b*) par action d'un excès d'ammoniac alcoolique sur les cétones halogénées correspondantes.

| Amino-cétone. | Chlorhydrate. Fusion (bloc Maquenne) (°C). | Formule. | Cl (%) calculé. | Cl (%) trouvé. | Méthode. | Rendement (%). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (Amino-1 cyclohexyl) cyclohexyl cétone (liquide) | 250 | $C_{13}H_{23}ON, HCl$ | 14,5 | 14,4 | *a* | 40 |
| (Amino-1 cyclohexyl) phényl cétone (liquide) | 245 | $C_{13}H_{17}ON, HCl$ | 14,8 | 14,6 | *a* | 26 |
| (Amino-1 éthyl-1 propyl) phényl cétone (liquide) | 261 | $C_{12}H_{17}ON, HCl$ | 15,6 | 15,4 | *a* | 50 |
| (Amino-1 cyclohexyl) méthyl cétone F 125° (bloc) | 255 | $C_8H_{15}ON, HCl$ | 20,0 | 20,1 | *b* | 80 |
| (Amino-1 méthyl-1 éthyl) phényl cétone F 131° (bloc) | 267 | $C_{10}H_{13}ON, HCl$ | 17,8 | 17,7 | *b* | 55 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de dérivés imidiques et amidique cycliques de la série succinique.* Note de MM. **Henry Gault** et **Jacques Champion**, présentée par M. Marcel Délépine.

Nous nous sommes proposé, en vue de synthèses ultérieures, d'établir un procédé de préparation d'imides et d'amides cycliques dérivés de l'acide succinique par une méthode différente de celles décrites jusqu'à présent ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]). L'objet de cette présente Note est de décrire les différents modes opératoires qui nous ont conduits par *condensation du chloracétamide avec l'ester acétylacétique sodé*, d'une part à l'acétylsuccinimide (I), d'autre part à l'ester Δ 2 méthyl-2 pyrrolidone-5 carboxylique-3 (II).




([1]) Conrad et Epstein, *B.*, **20**, 1887, p. 3052.
([2]) Emery, *A.*, **260**, 1890, p. 140 et *Am.*, **13**, 1891, p. 85.
([3]) Weltner, *B.*, **18**, 1885, p. 793.
([4]) Ruhemann et Hemmy, *Soc.*, **71**, 1897, p. 330.
([5]) Guareschi, *J.*, **2**, 1897, p. 1599; *C.*, **1**, 1897, p. 283. *Atti R. Acad. Torino*, **31**, 31-6, (20-6), 1896, p. 982.

*Acétylsuccinimide* (I). — On porte à l'ébullition pendant 6 heures une solution d'ester acétylacétique sodé (2 mol/g : 304$^g$) et de chloracétamide (1 mol/g : 93$^g$,5). Il se précipite un mélange de chlorure de sodium et d'acétylsuccinimide sodé que l'on essore, lave à l'alcool, traite par de l'eau glacée, puis par de l'acide chlorhydrique à 25 % jusqu'à réaction acide. On évapore sous vide la solution aqueuse et extrait par un mélange alcool-éther. La solution obtenue est ensuite évaporée et le résidu (93$^g$) est distillé sous 3$^{mm}$, $E_3$ 190°.

En fait, l'acétylsuccinimide renfermant encore un complexe β-cétonique, déplace le sodium de l'ester acétylacétique sodé mis en œuvre et nous avons en effet constaté que le dérivé sodé de l'imide se sépare à l'état solide au cours de la réaction. Il résulte de là que la moitié seulement du sodium employé prend part effectivement à la réaction de condensation.

Un dosage potentiométrique de l'acétylsuccinimide a été fait : une seule acidité apparaît dont le pK 7,5 est moins élevé que celui du succinimide 10.

*Ester Δ, 2 méthyl-2 pyrrolidone-5 carboxylique* (II). — On abandonne pendant plusieurs jours à la température ordinaire le mélange de solutions alcooliques équimoléculaires d'ester acétylacétique sodé et de chloracétamide. On évapore l'alcool, traite par de l'eau glacée, puis par de l'acide chlorhydrique à 10 % jusqu'à réaction acide, de manière à libérer l'ester acétylacétique n'ayant pas réagi. On extrait ensuite à l'éther. Après décantation, la solution aqueuse laisse déposer lentement de longues aiguilles d'ester méthylpyrrolidone-carboxylique.

F 133°; P. M. (dans l'acide acétique) 167; N % théorie 8,28; N % expérimental 8,31.

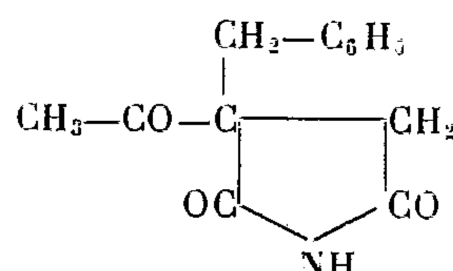
*Dérivés benzylés de l'acétylsuccinimide.* — L'acétylsuccinimide renferme deux atomes d'hydrogène substituables par les métaux alcalins, l'un à l'atome de carbone médian du complexe β-cétonique, l'autre à l'atome d'azote imidique.

Par action, soit de l'éthylate de sodium, soit de la potasse en solution alcoolique, il se forme successivement le dérivé monosodé ou monopotassé à l'atome de carbone, puis le dérivé disodé ou dipotassé. En faisant agir le chlorure de benzyle sur l'un ou l'autre de ces dérivés, on obtient respectivement le dérivé C-benzylé et le dérivé C, N-benzylé.

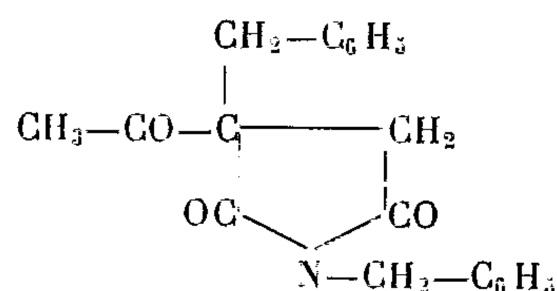
*Exemple.* — On porte à l'ébullition, pendant 10 heures et jusqu'à neutralité, un mélange d'acétyl-succinimide potassé et de chlorure de benzyle en proportions équimoléculaires, en milieu xylénique. Il se sépare du chlorure de potassium et, après refroidissement, le précipité formé est essoré; on évapore sous vide le xylène, reprend par l'eau et extrait à l'éther. On évapore l'éther et le résidu est mis en solution alcoolique. Le dibenzylacétylsuccinimide cristallise en premier, puis le monobenzylacétylsuccinimide qui est très soluble dans l'alcool et l'éther.

C-*benzyl-acétylsuccinimide.* — Par hydrolyse de cet imide (F 59°; N % théo-

rie 6,06; N % expérimental 6,12). Il se forme de l'acide benzylsuccinique, ce qui nous a permis de lui attribuer la structure suivante :



*Dibenzyl-acétylsuccinimide*. — L'hydrolyse de ce produit (F 123°; N % théorie 4,36; N % expérimental 4,6.) conduit à un mélange d'acide benzylsuccinique et de benzylamine, ce qui vérifie sa constitution.



CHIMIE ORGANIQUE. — *L'holstiine, alcaloïde du* Strychnos Holstii *Gilg* var. reticulata f. condensata. Note (*) de MM. **Maurice-Marie Janot, Robert Goutarel** et **Jean Bosly**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un de nous [1] a extrait un nouvel alcaloïde l'holstiine d'une espèce récemment décrite de *Strychnos* du Congo belge. Après purification par de nombreuses cristallisations dans l'alcool absolu, on obtient de belles aiguilles prismatiques incolores : fusion instantanée : 290-292° (Maquenne); tube capillaire F 247-248° (avec décomposition); $(\alpha)_D + 268°$ (0,29 % $CHCl_3$).

L'holstiine est soluble dans le chloroforme, peu soluble dans l'alcool absolu, l'éther et le benzène. Avec l'acide sulfurique concentré et le dichromate de potassium elle donne une coloration bleue très intense qui vire rapidement au violet alors qu'avec l'acide sulfurique concentré et le sulfate ferrique on observe une coloration bleu violacé.

*L'analyse élémentaire*, comme dans toute la série de la strychnine, est laborieuse : un dosage d'oxygène a donné 17 %.

*Trouvé %* :

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C....... | 68,8 | 68,7 | 69,14 | 69,21 | 69,44 | 69,55 | 69,46 | 69,48 | 69,31 |
| H........ | 6,3 | 6,8 | 7,25 | 7,22 | 7,20 | 7,09 | 7,13 | 7,10 | 7,11 |
| N........ | 6,97 | 7,06 | 7,09 | 7,13 | 7,38 | 7,54 | 7,60 | – | – |

(*) Séance du 5 février 1951.

(1) J. Bosly, *Bull. Inst. Royal Congo Belge*, 20, 1949, p. 593.

*Calculé %* :

| | C. | H. | N. | O. |
|---|---|---|---|---|
| (I) $C_{22}H_{26}O_4N_2$ ......... | 69,08 | 6,85 | 7,32 | 16,75 |
| (II) $C_{22}H_{28}O_4N_2$ ......... | 68,72 | 7,34 | 7,28 | 16,66 |
| (III) $C_{23}H_{28}O_4N_2$ ......... | 69,65 | 7,12 | 7,06 | 16,17 |

Parmi les trois formules précédentes nous choisissons présentement la formule $C_{22}H_{26}O_4N_2$ en raison de ce qui va suivre : pas de $OCH_3$, présence de $N—CH_3$, trouvé 7,34; calculé 7,59. L'holstiine ne s'hydrogène pas catalytiquement à la pression ordinaire (absence de double liaison du type strychnine).

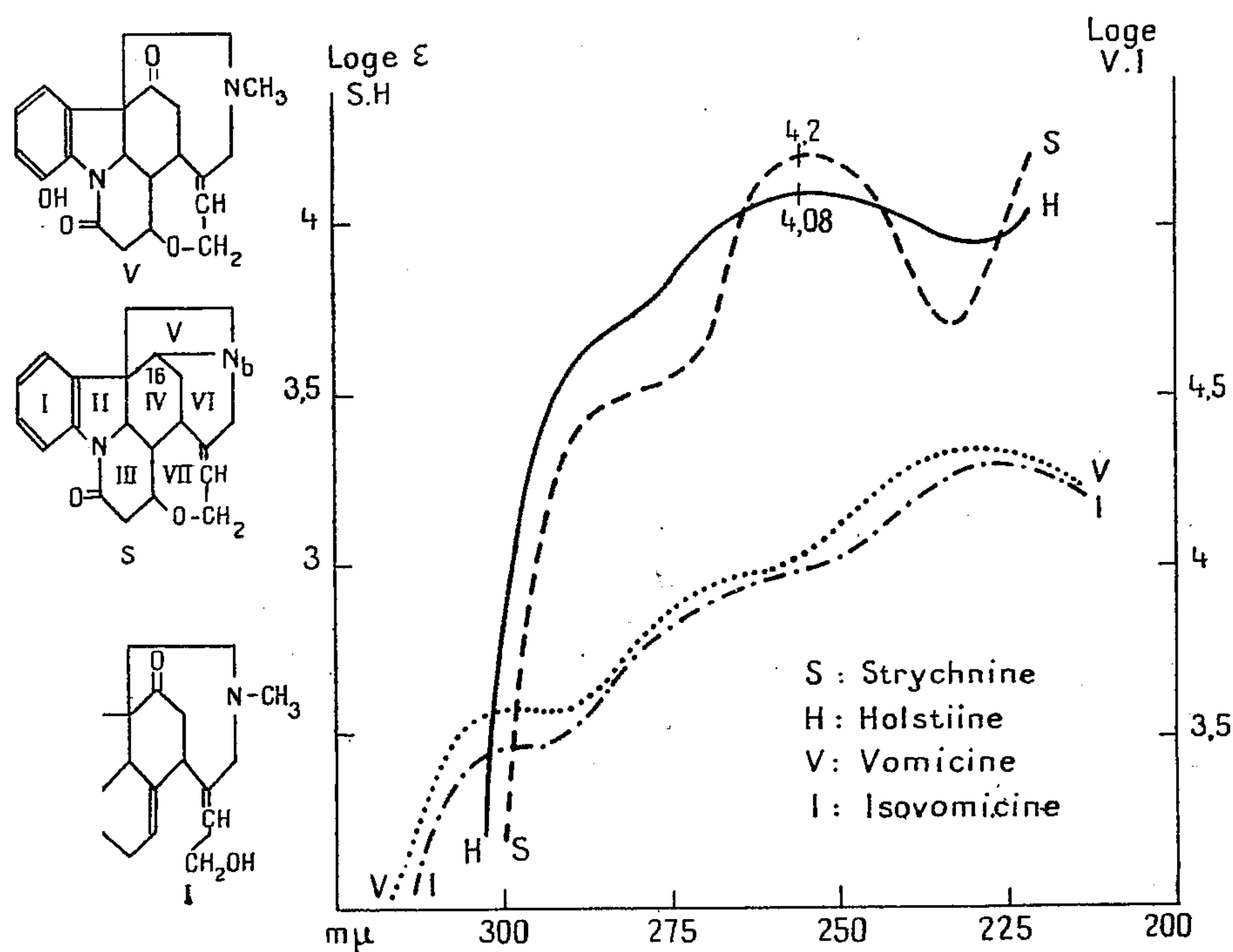



Fig. 1.

Le spectre U. V. présente un maximum à $\lambda$ 225$^{m\mu}$ (log ε 4,08) ce qui le rapproche de celui de la strychnine (log ε 4,2). La présence de $N—CH_3$ ainsi que celle de 4 atomes O conduit à comparer l'holstiine à la vomicine et à l'isovomicine $C_{22}H_{24}O_4N_2$ (²); mais le spectre U. V. de celles-ci est différent. $\lambda$ 227$^{m\mu}$ (log ε 4,33 et 4,30) (*fig.* 1). De plus l'absence d'un OH phénolique est démontrée par la non-modification du spectre U. V. observé en milieu alcalin.

Le spectre I. R. (*fig.* 2) révèle OH ou NH, C=O, $(R_1)(R_2)=N—\overset{|}{C}=O$, et un cycle benzénique orthosubstitué.

(²) Obtenues de M. H. Wieland.

La présence simultanée de $NCH_3$ et C=O évoque une structure vomicine. La faible basicité de la vomicine (pK 5,88) par rapport à celle de la strychnine (pK 7,37) est rapportée ([3]) à la rupture de la liaison $C_{16}—N_b$ (dérivé de N-méthyl octaméthylène-imine) et à l'électronophilie du carbone 16 (O=C← : $NCH_3$); or l'holstiine est fortement basique pK 8,8 (détermination Prelog et Häfliger).

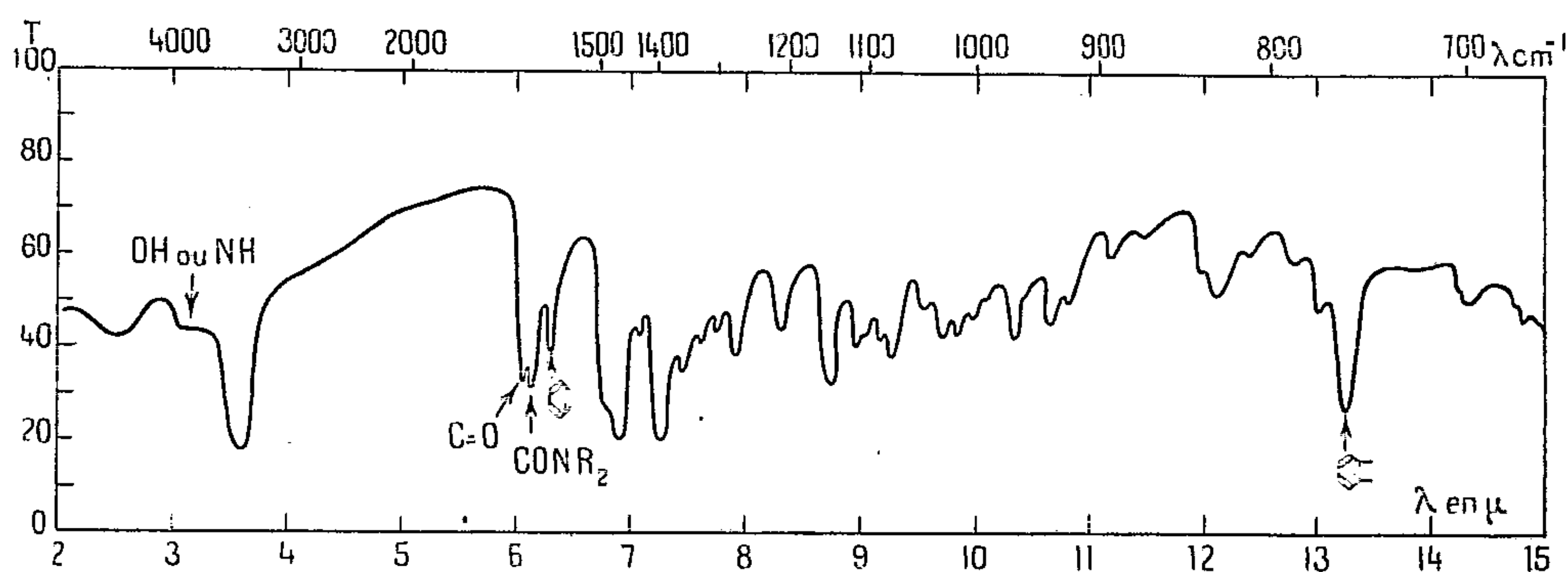



Fig. 2.

Remarquons cependant que dans l'isovomicine (pK 7,27) l'augmentation de la basicité est interprétable par l'ouverture du cycle VII, ce qui est également le cas pour la désoxyvomicine (pK 7,54) et l'isodesoxyvomicine jaune (pK 7,43) ([4]).

*Conclusion :* L'*holstiine*, $C_{22}H_{26}O_4N_2$, F 290-292°, $(\alpha)_D + 268°$ ($CHCl_3$) possède le chromophore U. V. lactamique de la strychnine. Malgré la présence de $NCH_3$ et d'un autre groupe C=O qui l'apparente à la vomicine, sa basicité (pK 8,8), son spectre U. V., et l'absence d'un OH phénolique l'en distinguent nettement. Ce qui permet d'affirmer qu'il s'agit d'un nouvel alcaloïde des *Strychnos*.

MINÉRALOGIE. — *Dosage et localisation du lithium par réaction nucléaire dans les minéraux.* Note (*) de MM. **Edgard Picciotto** et **Marcel Van Styvendael**, présentée par M. Frédéric Joliot.

*Principe.* — La réaction $Li_3^6 + n_0^1 \rightarrow He_2^4 + H_1^3$ ayant une section efficace élevée pour les neutrons thermiques [65 barns à 0,025 eV ([1])] peut servir de base à une méthode très sensible de dosage du lithium.

([3]) V. Prelog et O. Häfliger, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1851.

([4]) Communication particulière de V. Prelog et O. Häfliger.

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) *Nuclear data* (*U. S. Nat. Bur. of Stand.*, 1950).

Connaissant le flux des neutrons, la concentration en Li est une fonction simple du nombre de tritons ou d'$\alpha$.

En utilisant l'émulsion photographique comme détecteur, les particules émises peuvent être localisées à l'échelle microscopique.

Dans les émulsions Ilford, la désintégration de Li se présente avec une longueur totale de $43^{\mu}$ dont $6^{\mu},6$ pour l'$\alpha$ (2,05 MeV) et $36^{\mu},4$ pour le triton (2,7 MeV) (²), (³).

*Dosage en solution.* — L'étude des conditions de dosage du Li en solution (⁴) montre qu'on peut facilement mesurer des concentrations de $10^{-6}$ à $10^{-7}$ g/g à 10 % près, si l'on dispose de $10^{11}$ à $10^{12}$ neutrons par centimètre carré. La contamination de l'émulsion (environ $10^{-6}$) est une limitation importante.

La méthode de la double émulsion photographique permet le dosage sur une prise de $10^{-3}$ cm³, soit la détection de $10^{-10}$ à $10^{-11}$ g de Li. La méthode est spécifique du Li, seuls les radioéléments peuvent être gênants.

*Dosage et localisation sur échantillon solide.* — La technique générale est la même que pour les radioéléments [bibliographie dans (⁵) et (⁶) par exemple]. Une section efficace plane de l'échantillon appliquée sur une émulsion photographique est soumise à un flux de neutrons thermiques purs. La présence de neutrons rapides provoquerait des protons de recul très gênants, la meilleure source à ce point de vue comme au point de vue de l'intensité est la pile.

Pour éviter toute confusion avec les désintégrations du bore ou de l'azote [parcours 7,2 et $6^{\mu},4$ (³)], il ne faut compter que les trajectoires ayant un parcours résiduel dans l'émulsion supérieur à $7^{\mu},5$, on est ainsi certain de ne compter que les tritons.

La mesure de la longueur réelle des trajectoires voisines de $7^{\mu}$ étant longue et peu précise, nous avons utilisé une méthode décrite par Buttlar (⁷) qui ne tient compte que des trajectoires dont la projection horizontale est supérieure à une valeur donnée. Cette méthode est rapide et indépendante de la contraction de l'émulsion après fixation.

La formule de Évans (⁹) est modifiée comme suit : soit $n$, nombre de trajectoires émergeant de 1 cm² avec une projection horizontale supérieure à P/cm; N, nombre de désintégrations par unité de volume de l'échantillon; $R_m$, parcours du triton de 2,7 MeV dans l'échantillon, en centimètres; $R_p$, parcours

---

(²) MORTIER et VERMAESEN, *Bull. Centre Phys. Nucl. Univ. Brux.*, n° 5, 1948.
(³) FARAGGI, *Thèses*, Paris, 1950.
(⁴) *Bull. Centre Phys. Nucl. Univ. Brux.*, n° 26, 1951.
(⁵) COPPENS, *Thèses*, Paris, 1943.
(⁶) PICCIOTTO, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 53, 1950, p. 170.
(⁷) *Thèse*, Göttingen, 1950.
(⁸) *Bull. C. Phys. Nucl. Univ. Brux.*, n° 27, 1951.
(⁹) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 29.

du triton de 2,7 MeV dans l'émulsion en centimètres.

$$n = \frac{NR_m}{4}\left(1 - \frac{P}{R_p}\right)^2.$$

Cette relation est valable lorsque l'échantillon est en couche épaisse (en pratique, $> 30^\mu$), elle suppose que $R_m/R_p$ est constant dans le domaine des énergies envisagées.

Pour un échantillon mince (absorption négligeable) mais d'épaisseur supérieure à $R_m$, avec les émulsions Ilford ($P = 7^\mu,5$) on a (pour $\sigma = 65$ barns) :

$$C = \frac{n}{0,888 f d R_m}.$$

C, concentration en gramme de Li par gramme; $f$, nombre de neutrons par centimètre carré; $d$, densité de l'échantillon.

Les graphiques de Janssens ([10]) permettent de trouver $Rm$ en fonction de la composition chimique globale.

Si $f$ n'est pas donné, il peut être mesuré sur la plaque photographique même en comptant les désintégrations de l'azote ([11]) ou en irradiant un étalon en même temps, on corrige ainsi automatiquement les variations de $\sigma$ en fonction de l'énergie.

*Sensibilité.* — La dose limite supportée par la plaque photographique est de l'ordre de $10^{12}$ neutrons/cm² ([3]). En se fixant $n$ minimum $= 5.10^4$ trajectoires/cm², on pourra mesurer des concentrations en Li de l'ordre de $10^{-5}$ g/g à 10 % près, sur une surface de quelques millièmes de centimètre carré.

En tenant compte de la possibilité de localiser l'origine des trajectoires à quelques microns près, cette méthode pourra rendre de grands services dans l'étude de la géochimie du lithium.

*Application.* — A titre d'étude préliminaire, une pegmatite lithinifère du Congo Belge a été irradiée à la pile de Châtillon (Plaque Ilford $C_2$, dose mesurée par $N(n, p) = 0,8.10^{10}$ neutrons/cm²).

Minéraux présents : spodumène, muscovite, quartz, microcline. Le spodumène a donné $0,85.10^6$ trajectoires de projection supérieure à $7,5\mu$/cm², soit $C = 0,95.10^{-2}$ g Li par gramme.

L'analyse chimique donne $1,2.10^{-2}$.

Le mica titre $2.10^{-3}$ de Li, le quartz et le feldspath se montrent extrêmement pauvres en Li = moins de $10^{-5}$. Une description détaillée des résultats et de la technique est en cours de publication ([8]).

La méthode peut être étendue au bore sous certaines conditions; elle pourrait présenter de l'intérêt dans le domaine biologique également.

---

([10]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 825.

([11]) Locqueneux, *J. Phys.*, 11, 1950, p. 144.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Cambrien à Archæocyathidés dans la zone axiale des Pyrénées-Orientales; interprétation stratigraphique de cette zone.* Note (*) de M. **Pierre Cavet**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une Note précédente (¹) nous avons établi la succession des assises paléozoïques telle qu'on peut la relever au Nord des « gneiss de la Carança ». Nous nous proposons maintenant, non seulement de montrer que la même succession peut se reconnaître sur toute la périphérie du grand dôme gneissique, mais aussi de préciser l'âge des puissantes formations sédimentaires antérieures au poudingue du Caradoc.

En partant du gneiss, nous pouvons faire les remarques suivantes :

1° *A L'Est*, notre « *Série de Canaveilles* » (« Micaschistes supérieurs », phyllades ampéliteux et cipolins à minerai de fer) est typique de Baillestavy à La Bastide; les « *Schistes de Jujols* » affleurent très largement dans le secteur de Boule d'Amont; enfin aux environs d'Oms, le poudingue à gros éléments du Caradoc est remplacé par des quartzites et par un poudingue à dragées; quant aux importantes coulées éruptives avec tufs de cette dernière région, elles semblent liées à la base du Gothlandien.

2° *Au Sud*, dans le Haut-Vallespir (Arles-sur-Tech, Prats-de-Mollo), la « *Série de Canaveilles* » reste reconnaissable jusqu'à la frontière, avec développement notable des masses calcaires, apparition de coulées éruptives, et atténuation progressive du métamorphisme vers le Sud.

3° *A l'Ouest*, dans la hernie-frontière de Saillagouse-Valcebollère, les couches sont renversées; notre *Série de Canaveilles* est particulièrement typique à Llo, où les cipolins ne renferment toutefois plus de minerai de fer; cette série se fond au Sud-Ouest en un ensemble schisteux ne présentant plus qu'un très léger métamorphisme, mais renfermant encore des horizons carburés et quelques lentilles calcaires. Au Sud de Valcebollère, ces calcaires prennent localement un faciès amygdalin et se trouvent associés à des pélites vert-amande, riches en nodules calcaires, qui rappellent beaucoup les « *schistes versicolores* » *de l'Acadien moyen* de la Montagne-Noire.

Au-dessous viennent des schistes et quartzites assimilables à nos « *schistes de Jujols* », auxquels succèdent, sur le versant espagnol, dans l'ordre, mais toujours en superposition inversée, le Caradoc (poudingue à gros éléments et « grauwacke à Orthis »), puis le Gothlandien et le Dévonien fossilifères.

4° *Plus à l'Ouest* encore, dans la région du *Col de Puymorens* (Feuille de l'Hospitalet au 80000ᵉ), nous retrouvons une série schisteuse peu métamorphique qui, par sa position au-dessus des « gneiss de l'Hospitalet » et surtout

(*) Séance du 19 février 1951.

(¹) P. Cavet, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 743.

par la présence de niveaux carburés et de quelques bancs calcaires, se révèle *identique à notre « Série de Canaveilles »*. Or, dans l'un de ces bancs calcaires, d'allure récifale, situé immédiatement à l'Ouest de la Mine de Puymorens, j'ai découvert en 1947 des *organismes assez abondants*, qui ne sauraient être confondus avec des Polypiers et *qui m'ont paru pouvoir être rapportés à des Archæocyathidés*. M. J. Bourcart, qui a bien voulu examiner mes échantillons taillés et polis, a pleinement confirmé cette impression et pense même que l'on peut rattacher ces organismes aux *Spirocyathinés* (genre *Protopharetra* ?).

Ainsi, pour la première fois se trouve démontrée par un argument paléontologique, l'*existence du Cambrien dans les Pyrénées*. Ce fait nous autorise à conclure par les remarques suivantes, relatives à la zone primaire axiale des Pyrénées orientales :

*a*. Le Cambrien y serait représenté par la « *Série de Canaveilles* », dont les phyllades ampéliteux et les niveaux calcaires ne pourront plus désormais être assimilés systématiquement au Gothlandien et au Dévonien. Quant aux « schistes de Jujols », ils doivent appartenir à l'Ordovicien inférieur.

*b*. Le Paléozoïque de ce secteur nous apparaît comme le remplissage d'une fosse par des formations de type « Flysch », dont l'épaisseur pourrait atteindre une dizaine de milliers de mètres.

*c*. Le métamorphisme régional engloberait non seulement le Cambrien (série de Canaveilles), mais au moins l'Ordovicien inférieur (schistes de Jujols), alors que, dans la Montagne-Noire, les calcaires à *Archæocyathus* de Fausan, prés Minerve (Hérault), gisement fossilifère cambrien le plus rapproché de notre zone, sont pratiquement exempts de métamorphisme.

*d*. Enfin on notera que la localisation absolument générale des minerais de fer du Canigou et du Conflent, au contact des gneiss, semble impliquer une liaison de cause à effet entre un « front de migmatisation » et un « front métallogénique ».

GÉOLOGIE. — *La structure clastique dans les Alpes Occidentales*. Note de M. **Frédéric Hermann**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans une Note récente [1], j'ai exposé la structure en gerbe d'éclats des Mischabel. Cette notion, généralisée, conduit à une interprétation nouvelle de la structure des Alpes occidentales.

La *Nappe du Saint-Bernard* (totale) est une nappe de couverture, issue de la surface décollée du socle continental européen. Ni nécessairement continue, ni uniforme, ensemble de lacunes et d'accumulations, elle est sans racines. Son arrière cesse, effilé, au Nord de Bognanco, sans relations

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 642.

avec les biseaux de gneiss Camughera-Salarioli ou de la Bogna. Aucune continuité latérale ne peut être prouvée entre les entassements régionaux de grands lambeaux et écailles, différant de style, composition, direction et faciès, pas plus que des prolongements à leur arrière. Nappes, lambeaux, écailles sont charriés, *aucun flanc renversé* n'y peut être prouvé.

Cette structure en lambeaux, séparés par fractures ou surfaces de charriage, a été reconnue presque partout; souvent les lambeaux sont formés eux-mêmes d'écailles de styles divers (Rhêmes, Vanoise). Si l'on remplace les hypothèses courantes par ces réalités, les évaluations d'épaisseurs se réduisent de plusieurs fois, les coupes ne peuvent subsister.

*Subdivision proposée.* — *a.* Nappe du Simplon (Bérisal-Visperterminen).

*b.* (dirigé Nord-Nord-Ouest; mésozoïque limité au Trias, souvent peu abondant, sporadique, décollé). Groupe Valaisan de lambeaux couchés : 1° Stalden; 2° Tœrbel; 3° schistes et gneiss de Randa; 4° Ergischhorn (²); — étranger au groupe : éventail de Bagnes — accolés à l'arrière : éclats des Mischabel, Coupole de Boussine.

*c.* (dirigé Ouest-Nord-Ouest; mésozoïque complet, sauf dans les subdivisions 1°-3°); Groupe Grai de grandes écailles, fracturées en partie à leur tour : 1° pli de Valsavarenche (à direction propre, oblique); 2° relai d'écailles de Rhêmes; 3° Ormelune-Saint-Nicolas; 4° éventail de Bagnes (Rutor-Fallère-Combin-Rosablanche); 5° Mont-Pourri-Bellecôte; 6° Vanoise.

Externe, indépendante : *Nappe du Briançonnais*, et ses parties valaisannes.

La *Nappe du Mont-Rose*. — La digitation du Gornergrat se continue dans celle de Saas, prétendue plus frontale, à travers les complications du Trias du dos de la nappe dans la haute Vallée de Saas, levées en 1926 par Eichenberger (³). La nappe est, partant, concave en plan vers le Nord-Ouest. Gênée par le coussinet de l'intrusion simique de la Nappe des Schistes lustrés — concassé et faussé lui aussi sous l'effort — elle a exercé une pression concentrique de l'Est et du Sud sur l'arrière des Mischabel et refoulé vers le haut leur gerbe d'éclats, se fracturant elle-même en blocs.

J'ai reconnu dans le versant Sud du Glacier du Gorner des lignes (dont trois coupent le Mont-Rose lui-même), paraissant séparer sept blocs. Je les relie à des indices semblables vus autour des Glaciers de Verra et du Lys. La fracture basale de recul du *bloc* du Gornergrat (pli en retour de Güller), soulignée par les serpentines fracturées Leichenbretter-Riffelhorn, prolongée

(²) W. Staub, *Eclogae Geol. Helvet.*, **20**, 1926, p. 247-252; **21**, 1928, p. 338-430, **27**, 1934, p. 517-519; R. Jaeckli, *Ibid.*, **43**, 1950, p. 31-93.

(³) In O. Lütschg, *Schweizerischer Wasserwirtschafts Verband.* Mém. **14**, 1926, p. 12-25 (carte).

à l'Est sous le glacier, conduit aux lignes tectonisées de l'autre versant, entre le Mont-Rose, la Cima di Jazzi, le Mont Moro et au delà, en relation, ainsi que d'autres, avec les amphibolites de Macugnaga. Cela, les zones tectonisées sous le Fluchthorn, au Glacier d'Allalin et ailleurs, des discordances de direction, de plongement surtout, les grands lobes du prétendu flanc renversé de l'Est, que je suppose n'être que des blocs *directs*, marginaux, desserrés, à plongement propre, faussé, indique une structure clastique générale.

Une continuité souterraine supposée de la Nappe du Mont-Rose à la *Nappe du Grand Paradis*, la relayant à l'Ouest, est à rejeter, l'espace entre elles étant occupé par un renflement maximum de l'intrusion simique de la Nappe des Schistes lustrés. Un grand bloc de la Nappe du Grand Paradis, la *Nappe d'Ambin*, la prolonge et est charrié transversalement contre elle. Ces trois nappes sont des môles du socle continental, déclenchés très tard en biseaux listriques et poussés à refouler la matière survenue à leur avant.

La trace de l'effort, visiblement plus intense dans la matière qui l'a subi devant les deux nappes de l'Ouest que devant celle du Mont-Rose, prouve leur avancée plus considérable et leur caractère de nappes-traîneaux.

La masse *Dora-Maira*, très insuffisamment connue, n'a aucune relation avec la Nappe d'Ambin. Sa mise en place semble différente, à direction oblique, achevée par une translation latérale vers le Nord, où sont nés des plis Ouest-Est, qu'Argand avait reconnus. Certainement plusieurs blocs majeurs la forment, dont celui des Gneiss graphitiques plongeant par contact anormal sous la masse principale (ce qu'avait aussi vu Argand). Les zones et lames talqueuses, graphitiques, de quartzites, de calcaires, de schistes lustrés, de roches vertes diverses, qui pénètrent partout les gneiss, indiquent clairement une structure particulièrement clastique.

La *Nappe de la Dent Blanche*. — Sa partie septentrionale vient d'être décrite par T. Hagen ([4]) comme un entassement de grandes écailles conchoïdes à directions multiples. Mes observations anciennes sur le massif entier et celles, récentes, dans le versant de Zermatt, concordent avec les siennes et sont éclairées par cet admirable travail. Au Sud, la partie orientale du Valpelline possède des écailles certaines; le grand bloc central est une inconnue à ce sujet. A l'Ouest, l'écaille du Mont-Mary s'entoure de celles de Roisan, de Roven, de Doues et du Tsaligne. Le Mont-Emilius, le Mont-Rafray surtout, comptent des écailles; j'en ai observé trois dans le lambeau du Pillonet, au moins trois dans celui de la Becca de Toss,

---

([4]) *Matér. Carte Géol. Suisse*, 90, 1948, p. 1-64.

un grand nombre dans celui de la Pointe Rousse de Verney (Petit Saint-Bernard).

Avancée sur celle des schistes lustrés, exotique elle aussi, cette nappe de lambeaux provient de l'unité complexe *Sésia-Ivrée*.

GÉOLOGIE. — *Les formations de la limite Jurassique-Crétacé dans les massifs subalpins des Bauges et de la Chartreuse.* Note de M. **Pierre Donze**, transmise par M. Maurice Gignoux.

L'étude microscopique des formations de la zone de transition Jurassique-Crétacé dans les Bauges et la Chartreuse conduit à situer le maximum de régression au Berriasien moyen pour toute la région explorée.

L'établissement d'un synchronisme rigoureux entre les sédiments du Jurassique sup. des chaînes subalpines septentrionales et ceux du Jura méridional s'avère difficile : il n'est jamais possible d'observer « sur le vif » le passage latéral des formations d'un domaine à l'autre, et l'unique espèce d'Ammonite recueillie dans le Purbeckien, *Perisphinctes Lorioli* Zitt., n'a pas de signification stratigraphique précise.

En général, on considère les marno-calcaires berriasiens comme relativement profonds, et marquant une transgression marine par rapport aux calcaires tithoniques sous-jacents; ce qui, tout naturellement, fixe à leur base le début du système crétacé.

Or, après une étude minutieuse des sédiments tithoniques et berriasiens dans les massifs des Bauges et de la Chartreuse, il ne me semble plus possible de donner à ces marno-calcaires une telle signification bathymétrique; ils témoignent, non pas d'une augmentation, mais d'une diminution de la profondeur marine; *le maximum de la régression coïncide avec le Berriasien moyen.*

Voici la succession synthétique obtenue en collationnant les résultats fournis par les différentes coupes observées dans la région. De bas en haut :

1° *Tithonique supérieur* : calcaire à Périsphinctidés, Lytocératidés, Berriasellidés et Aptychus, généralement à grain fin, localement pseudoolithique, avec rares Foraminifères et très nombreuses Calpionelles. Malgré quelques timides apparitions du faciès récifal vers le sommet, l'ensemble a l'aspect d'un sédiment relativement profond.

2° *Berriasien inf.* : marno-calcaires dans lesquels on note localement le développement considérable des Foraminifères et l'apparition des Dasycladacées (*Clypeina jurassica* Favre). La présence de ces Algues prouve une diminution de la profondeur marine; en effet, ce sont elles qui, dans le Jura, précèdent et accompagnent toujours l'émersion purbeckienne.

3° *Berriasien moyen*, sous son faciès « calcaire grossier ». Typiquement,

c'est un calcaire échinodermique, à nombreux débris de coquilles, pseudoolithique, localement oolithique, bien daté par des Ammonites ([1]). On y observe une grande prolifération des Dasycladacées : *Clypeina jurassica* Favre, *Actinoporella podolica* Alth., *Munieria baconica* Hauth., *Acicularia*, etc.; des « cailloux noirs » y ont été également signalés ([2]); les fragments de tiges de *Chara* et les *Gyrogonites* n'y sont pas rares, le plus souvent inclus dans les pseudoolithes. Ces *calcaires grossiers* forment un niveau très constant dans l'ouest des Bauges et dans la Chartreuse, mais leur épaisseur diminue lorsqu'on s'éloigne du Jura : d'une quinzaine de mètres dans la région chambérienne, elle se réduit à une trentaine de centimètres au centre de la Chartreuse. Notons encore que ce faciès typique peut être remplacé par des marno-calcaires plus ou moins spathiques, difficiles à distinguer à l'œil nu des autres calcaires berriasiens, mais qui, au microscope, s'avèrent toujours aussi riches en Dasycladacées.

4° *Berriasien sup.* : marno-calcaires, où l'on observe la disparition progressive des Dasycladacées et l'absence totale des débris de *Chara*.

Sans aucun doute, les *calcaires grossiers* à Dasycladacées et Characées indiquent le maximum de la régression marine dans les Bauges et la Chartreuse. Reste à savoir s'ils sont contemporains des formations purbeckiennes du Jura.

La microflore précitée n'est qu'un indicateur de profondeur. Le fait de la trouver dans les deux domaines prouve simplement qu'à un certain moment, et qui n'est pas forcément le même, ils ont été placés dans des conditions bathymétriques équivalentes.

La présence de « cailloux noirs » et de débris de *Chara* paraît plus difficile à interpréter. On retrouve ici une difficulté déjà rencontrée dans l'étude du Purbeckien du Jura, où certains bancs à Dasycladacées et Foraminifères, donc marins ou lagunaires, intercalés dans les formations lacustres, contiennent aussi des cailloux noirs et des débris de *Chara*. On admet volontiers maintenant qu'il s'agit de *venues latérales*, c'est-à-dire d'apports fluviatiles à partir des terres émergées. Si l'on adoptait la même explication pour les *calcaires grossiers*, il faudrait admettre, au moment de leur dépôt, la présence, du côté du Jura, de terres émergées génératrices de cailloux noirs et de *Chara*. Dans cette hypothèse, le Purbeckien serait, au moins partiellement, contemporain du Berriasien moyen, et la limite jurassico-crétacée fixée entre Berriasien moyen et supérieur.

Mais on ne doit pas non plus écarter la possibilité qu'un milieu lagunaire capable d'engendrer *in situ* des *Chara* et des cailloux noirs ait pu exister dans le Berriasien moyen lui-même. Dans ce cas, si l'on maintient le synchro-

([1]) P. Gidon, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 8 novembre 1948, p. 284.
([2]) L. Moret et A. Pachoud, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1er mars 1948.

nisme classique Purbeckien-Tithonique terminal, on conclura que le mouvement *régression-transgression* constaté dans le Jura s'est répercuté dans les chaînes subalpines, *mais avec retardement*. Cela ferait penser à une déformation de l'écorce terrestre se propageant du Nord vers le Sud, comme une sorte d'onde se dirigeant du Jura vers les Alpes, et qui aurait entraîné une migration de faciès.

GÉOLOGIE. — *Tourbe et sédiments de la tourbière de la Montagne de la Serre.* Note de M^lle^ **Jacqueline Sauvage**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Tourbière installée sur le grès vosgien traduisant une histoire forestière postglaciaire de plaine, de la période atlantique aux temps actuels, avec Aulne constamment dominant.

A ma connaissance il n'existe qu'une seule tourbière de quelque importance dans la Montagne de la Serre (département du Jura). Elle est située à l'altitude $340^{m}$, sur le flanc Est de la croupe principale du massif, en territoire forestier (Forêt de Dole), sur socle en partie granitique, en partie triasique gréseux. La forêt actuelle est surtout formée de Chênes Rouvres, et de quelques Hêtres et Aulnes.

Guidée dans la tourbière par M. Plaisance, Inspecteur des Eaux et Forêts de Dole, j'ai pu y effectuer deux sondages au bord de la route d'Amange à Moissey; le premier sous un couvert de Rouvres (sous-bois de *Molinia*), le deuxième à une dizaine de mètres du premier en un bouquet d'Aulnes et de Ronces. Tous deux ont permis de relever les mêmes résultats stratigraphiques et micrographiques. Ils ont donné la coupe suivante de haut en bas :

| | m |
|---|---|
| Tourbe brun foncé, peu feutrée, avec quelques débris de racines... | 0,75 |
| Vase tourbeuse brune........ | 0,25 |
| Vase grise sableuse........ | 0,50 |
| Fond rocheux à $1^{m},50$........ | – |

Le niveau le plus bas ($1^{m},50$) montre une vase grise sableuse sans pollen. J'ai étudié le sable de cette vase en comparaison avec les éléments du grès triasique et du granite décomposés du voisinage.

Le grès voisin est dépourvu de calcaire. Ses grains essentiellement quartzeux ont un diamètre moyen variant entre $5^{mm}$ et environ $20\,\mu$ (les grains de petite taille étant les plus abondants). S'y associent quelques grains de feldspath orthose et de mica blanc. Les grains de quartz de $0^{mm},2$ ou davantage, les plus intéressants en granulométrie sédimentaire, sont en majeure partie anguleux, quelques-uns sont ronds mats colorés en rose, presque tous ont des inclusions. Parmi ceux de $1^{mm}$ et plus, le pourcentage de grains ronds mats colorés augmente avec la dimension du grain.

Les éléments de désagrégation du granite montrent : quartz, feldspaths orthose et calco-

sodique, micas (surtout biotite). Les grains ont la même dimension que ceux du grès, mais sont anguleux, non usés, non colorés en rose et avec inclusions plus nombreuses que les éléments gréseux.

Les grains de quartz contenus dans le niveau de vase inférieure proviennent surtout des éléments du grès. Ainsi la tourbière, du moins la partie où j'ai effectué les deux sondages, se trouve installée sur fond de grès triasique.

La vase tourbeuse ne contient que de rares éléments quartzeux reconnaissables de quelques μ à $1^{mm}$.

Dès $1^{m},25$ la vase grise, puis dès $1^{m}$ la vase tourbeuse, et plus haut la tourbe, livrent des tissus (*Sphagnum* et *Phragmites*, rares en général), des pollens d'arbres, de Graminées et de Typha. Les niveaux supérieurs montrent en outre des spores et pollens de Composées, Chénopodiacées, *Lycopodium inundatum*, *Polypodium vulgare*.

La fréquence relative des pollens d'arbres varie de 273 à 2814. L'Aulne, dont le nombre des pollens comptés dépasse 2000 dans plusieurs niveaux, domine constamment. En second rang viennent le Hêtre, la Chênaie mixte avec Chêne surtout (Tilleul et Orme plus rares), le Bouleau, le Coudrier, et plus faiblement représentés : le Charme, le Pin, le Sapin, l'Épicéa et le Saule. La plupart de ces espèces se rencontrent à tous les niveaux.

L'histoire forestière devient nette si l'on fait abstraction de l'Aulne. On peut alors distinguer une phase de la Chênaie mixte atlantique (riche en Hêtre), puis une petite poussée du Coudrier subboréale, et une phase du Hêtre subatlantique. Plus tard phase de la forêt terminale diversifiée.

Par la forte prépondérance de l'Aulne, cette histoire forestière qui ressemble beaucoup à celle de Girancourt, près d'Épinal, étudiée par Hatt (1), caractérise un faciès spécial palynologique de plaine.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles interprétations tectoniques dans la région située au Sud-Ouest de Draguignan (Var)*. Note de M. **Guy Mennessier**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les levers minutieux au 1/20 000 de la région située au Sud-Ouest de Draguignan, entrepris sur les conseils de M. A. F. de Lapparent, m'ont conduit à un certain nombre de résultats tectoniques concernant les plissements de la couverture jurassique et du substratum triasique. Cette région a donné lieu à plusieurs interprétations, dont la dernière, datant de 1943 et due à L. Bertrand (1) n'a pas encore été discutée.

Les résultats peuvent se grouper de la manière suivante :

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, 4, 1937, p. 58-60.

(1) *Bull. Carte Géol. France*, n° 212, 44, 1943, p. 265-287.

*Rapports tectoniques entre la couverture jurassique et le Muschelkalk. Indépendance directionnelle totale.* — Les chevauchements et autres plissements de la couverture sont orientés W 10° N-E 10° S en moyenne; au contraire les plis du Muschelkalk s'orientent de manière variable, jusqu'à être Nord-Sud, coupant à angle droit les directions de la couverture. De plus, *le Muschelkalk ne participe jamais aux chevauchements.* Ces résultats sont en accord avec ceux bien établis par A.-F. de Lapparent (²).

Cependant le faisceau moyen de Flayosc-Tourtour, de direction aberrante, semble faire exception à la règle précédente. En effet, j'y ai décrit des anticlinaux accentués, au cœur desquels apparaissent des extrusions souvent très considérables de Muschelkalk. Celles-ci ont certainement joué un rôle déterminant dans la formation des plis de la couverture. *Le faisceau de Flayosc-Tourtour paraît pouvoir s'interpréter comme une zone où les plissements propres du Muschelkalk se seraient répercutés dans la couverture jurassique.*

*Chevauchement de Salernes.* — *Le chevauchement de Salernes ne se termine pas à l'Ouest de Lorgues,* ainsi que le démontre la présence de lambeaux de recouvrement déjà connus à la Meyère, lambeaux ne pouvant venir que du Sud, en l'absence de tout recouvrement à l'Ouest, à l'Est et au Nord de ce point.

Le Trias apparaissant sous le bord Sud du synclinal de Salernes ne chevauche pas sur ce dernier, contrairement à l'avis de L. Bertrand. En particulier, les prétendues « fenêtres de Garumnien » de Sainte-Foy, au travers du Keuper, n'existent pas; il s'agit seulement d'argiles roses du Keuper.

A.-F. de Lapparent avait admis l'existence d'un très court pli couché, dit de Lorgues, enraciné à ses extrémités, chevauchant sur le Jurassique de la colline de Saint-Ferréol. En fait, la colline de Saint-Ferréol présente une série normale, sans aucun recouvrement, ainsi que la colline de Saint-Bastian où se serait produit l'enracinement occidental du pli de Lorgues. Mais ces deux collines sont hachées de failles complexes. Certaines dispositions, que j'interprète comme des failles inverses, avaient naturellement pu faire penser à l'existence de recouvrement. Il me semble que *l'hypothèse du pli couché de Lorgues doit être abandonnée.*

Le chevauchement de Salernes ne se marque pas non plus à l'Est par un contact anormal, qui, d'après L. Bertrand, « semble vouloir être considéré comme la prolongation de l'enracinement de la série des Bessillons et Salernes ». De part et d'autre de ce contact présumé, jalonné par des brèches tectoniques, les plis du Muschelkalk ne se correspondent pas. Or, dans la région en question, les anticlinaux triasiques sont rigoureusement continus. Quant aux brèches, dont il sera parlé plus loin, elles ne s'alignent nullement le long du contact anormal supposé. Ici comme partout ailleurs, le Muschelkalk se montre complètement indépendant du chevauchement de Salernes.

(²) *Ibid*, n° 198, 40, 1938.

Tout ce que l'on peut affirmer à l'heure actuelle, c'est la disparition vers l'Est, *par érosion,* du chevauchement de Salernes.

*Caractères tectoniques de la partie orientale du synclinal de Salernes. Étirement d'ensemble de la série jurassique.* — Le synclinal de Salernes présente dans toute sa partie orientale des étirements intenses, qui font reposer directement ou par l'intermédiaire de brèches tectoniques irrégulières de Bajocien et d'Hettangien, les dolomies broyées du Jurassique supérieur sur le Rhétien ou le Keuper. Ces étirements débutent progressivement d'Ouest en Est et du Sud vers le Nord. On les retrouve, atténués, dans le faisceau de Flayosc-Tourtour. A l'Est de la Florielle, de nombreux affleurements de Jurassique très étiré sont installés sur les sommets des coteaux qui bossellent la plaine de Keuper. Le démarrage progressif des étirements prouve qu'il ne s'agit pas de blocs éboulés (sauf certains, faciles à reconnaître comme ayant glissé le long des pentes, tels ceux du confluent de la Florielle avec le vallon de Saint-Jean). D'ailleurs, au Sud-Ouest de Flayosc, le Muschelkalk a pincé entre ces anticlinaux des bandes jurassiques pareillement étirées. Ces étirements suivant l'horizontale ne peuvent s'expliquer que par un glissement d'ensemble de la couverture, précédé d'un décollement sur le Rhétien et la Keuper. Ce glissement est d'ailleurs prouvé par le rabotage du fond de certains petits fossés tectoniques.

*Zone failleuse de Lorgues.* — Le synclinal de Salernes est accidenté par un système dense et complexe de failles, incomplètement décrit jusqu'ici. Les failles principales, sub-méridiennes, divisent le synclinal en trois compartiments, plissés indépendamment. Ces failles paraissent liées à des fractures du Muschelkalk. D'autres failles sont au contraire, soit Est-Ouest, soit dirigées obliquement à cette direction. Elles paraissent dues, au moins en majeure partie, au glissement de la couverture, dans des zones où celle-ci s'était affaiblie lors de ce même mouvement ou dans des zones d'extension.

En résumé, il convient de retenir trois résultats importants, qui sont : premièrement, *l'indépendanee tectonique, maintenant classique, du Muschelkalk et de la couverture jurassique, ici très nette.* Deuxièmement, *la disparition vers l'Est par érosion et non par enracinement périclinal du chevauchement de Salernes.* Troisièmement, *la présence d'étirements intenses dus à des glissements différentiels et celle de compartiments effondrés à fonds rabotés dans la série non chevauchante du synclinal de Salernes, prouvant un glissement d'ensemble de toute la couverture jurassique.*

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la présence dans les Vosges d'un gisement de durbachite et sur l'origine de cette formation.* Note de MM. **Jean Jung** et **Maurice Chenevoy**, présentée par M. Charles Jacob.

Les auteurs posent le problème de l'origine de la *durbachite*, roche à composition de syénite lamprophyrique intercalée dans les gneiss des Vosges et de la Forêt-Noire. Ils montrent qu'il s'agit d'un cas de basification de ces gneiss, dans l'auréole externe du granite.

Au cours d'un voyage effectué récemment dans la Forêt-Noire en compagnie de H. Schneiderhöhn, nous avons eu l'occasion de découvrir l'identité de formations connues dans les Vosges sous le nom de *Gneiss œillés de Sainte-Croix-aux-Mines* [1] et des classiques syénites lamprophyriques, ou *durbachites* [2], du pays badois. Cette similitude est telle que les échantillons étudiés plus loin, et qui proviennent les uns de la vallée du Grand Rombach, prés de Sainte-Croix (Haut-Rhin), et les autres de la chapelle d'Ohlsbach (Forêt-Noire) ne sauraient être distingués les uns des autres.

Il s'agit de formations restées jusqu'ici énigmatiques, tenant des roches cristallophylliennes par leur faciès schisteux et œillé, et des roches éruptives par la singularité de leur composition. A l'échelle microscopique, on voit sur un fond dominant de biotite et de hornblende, de gros phénoblastes de microcline sodique et d'autres plus petits d'oligoclase ($An^{25-30}$). On note, en outre, l'extrême rareté du quartz, ainsi que l'abondance de l'apatite et du sphène.

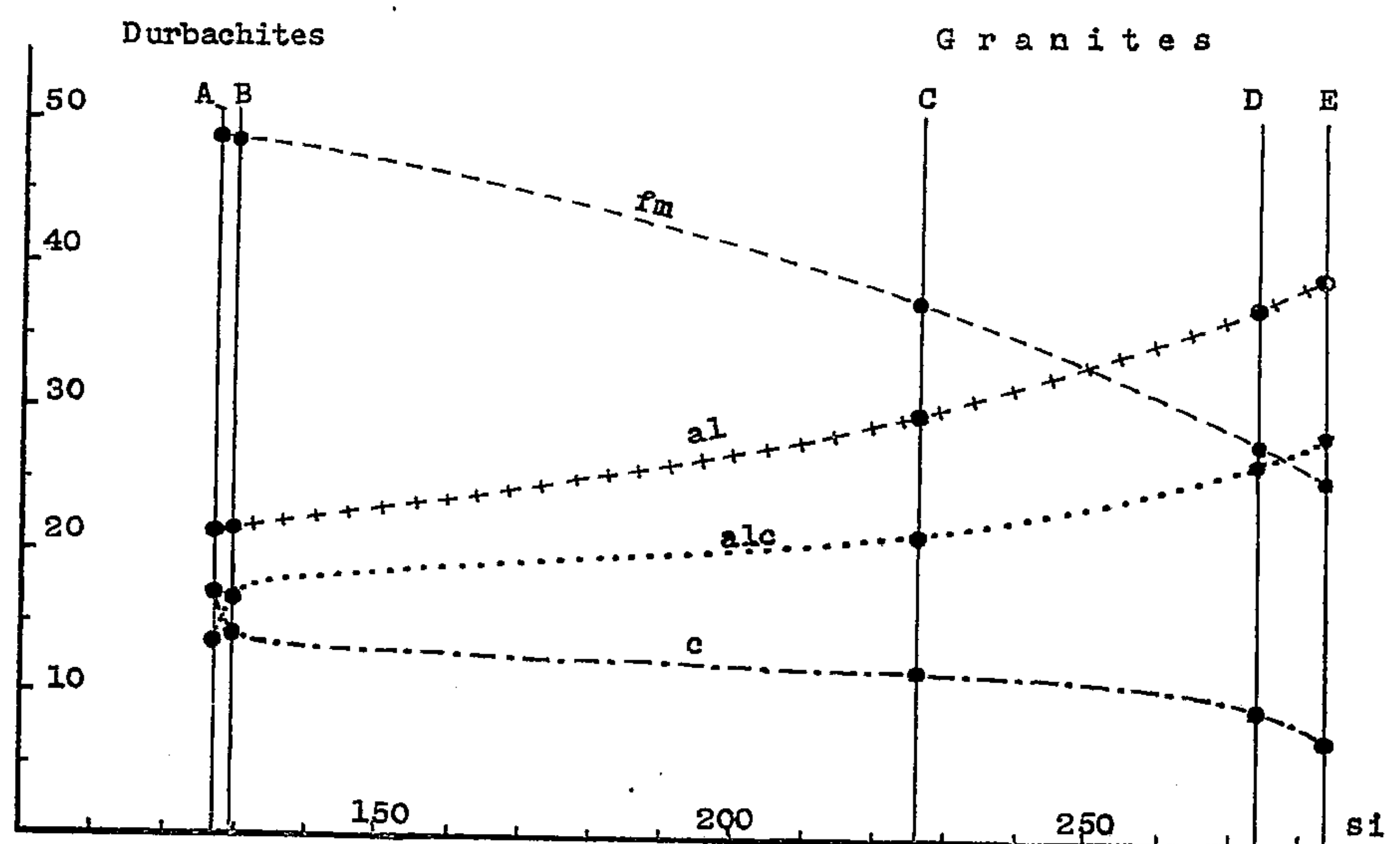
La composition quantitative de ces roches est montrée par le tableau ci-joint.

A. Durbachite de Sainte-Croix-aux-Mines (Haut-Rhin). Analyse nouvelle J. Patureau.
B. Durbachite d'Ohlsbach (Bade). Analyse citée d'après Sauer, 1893.

| | A. | B. | | A. | B. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 51,00 | 51,05 | Hornblende | 23,0 | 20,3 |
| $Al_2O_3$ | 14,40 | 14,49 | Biotite | 29,1 | 24,0 |
| $Fe_2O_3$ | 1,65 | 4,16 | Microline | 20,2 | 35,8 |
| FeO | 6,20 | 4,37 | Plagioclase | 18,3 | 12,0 |
| MgO | 8,80 | 8,16 | Quartz | 3,9 | 0,1 |
| CaO | 6,30 | 5,11 | Apatite | 2,2 | 1,4 |
| $Na_2O$ | 1,25 | 1,85 | Sphène | 1,2 | 2,6 |
| $K_2O$ | 6,35 | 7,24 | Ilménite | 1,5 | 0,6 |
| $P_2O_5$ | 1,20 | 0,71 | | | |
| $TiO_2$ | 1,45 | 1,76 | Si | 127,4 | 129,5 |
| MnO | 0,11 | – | Al | 21,1 | 21,6 |
| $H_2O$ | 1,65 | 1,05 | Fm | 48,8 | 48,2 |
| | | | C | 16,8 | 13,8 |
| | 100,35 | 99,94 | Alc | 13,2 | 16,3 |

(1) J. Jung, *Mémoires Service Carte Géologique Alsace-Lorraine*, 1908.
(2) A. Sauer, *Mitteilungen Badische Geologische Landesanstalt*, 1893.

La parenté de la durbachite des Vosges avec le granite dominant de la région (Granite des Crêtes) ne saurait être mise en doute. Non seulement on y trouve la même sorte de phénoblastes de microcline, et la même variété de hornblende, peu colorée, à petit angle d'extinction (17°), mais on sait aussi que le granite de Durbach passe progressivement, sur sa bordure, à des syénites ferro-magnésiennes. Les courbes de variations chimiques mettent en évidence la continuité de ces modifications.




A, durbachite de Sainte-Croix-aux-Mines; B, durbachite d'Ohlsbach; C, granite amphibolique des Crêtes (Vosges); D, granite à biotite (Vosges); E, granite à biotite de Durbach (Bade).

La question se posait cependant de savoir si la durbachite doit être regardée comme un faciès endomorphe du granite, ainsi que le pensent les géologues allemands, ou comme un produit de transformation chimique exogène des gneiss encaissants. La réponse est donnée par le gisement de Sainte-Croix, où la durbachite constitue une intercalation lenticulaire au sein de gneiss plagioclasiques indemnes de toute intrusion éruptive. On peut voir le passage du gneiss normal à la durbachite, par enrichissement progressif en mica, horblende et feldspath potassique.

Au total, la durbachite relève donc du cas de la métasomatose par *désilication* et *basification*, décrit par D.-L. Reynolds ([3]) comme étant le stade initial de la granitisation. Pétrographiquement, ce sont des espèces de migmatites, mais qui, à l'inverse des migmatites banales, se sont enrichies en minéraux ferro-magnésiens.

([3]) D.-L. Reynolds, *Quartery Journal*, 102, 1946, p. 389.

OCÉANOGRAPHIE. — *Influence du vent sur les courants superficiels de la baie de Nice.* Note (*) de M. **Vsevolod Romanovsky**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons eu l'occasion, pendant les mois d'été de 1949 et 1950, de faire plus de 200 mesures de courants aux flotteurs dans la région s'étendant du cap Ferrat au cap d'Antibes. Les flotteurs constitués par des croisillons tendus de toile, étaient rigoureusement insensibles au vent. Ils étaient suivis par une embarcation permettant de faire le point à l'aide d'un cercle hydrographique et de connaître la trajectoire des flotteurs. Au cours de l'été 1950, la libre disposition de deux embarcations à moteur nous a permis de faire des mesures simultanées et de déterminer avec assez de précision la circulation marine dans la baie.

Entre le 20 et 28 août 1950, nous avons eu la chance d'avoir une semaine de beau temps avec calme plat, ce qui nous a permis de tracer les trajectoires des courants superficiels dans la baie.

Les travaux océanographiques, et en particulier ceux des Danois ([1]) à la suite des expéditions du *Thor* et du *Dana* ont montré que, le long du littoral français de la Méditerranée, existait un courant général portant à l'Ouest. La présence de ce courant nous a été confirmée par les riverains et les pêcheurs.

Nos propres mesures, effectuées par beau temps, montrent que les courants longent le littoral d'Est en Ouest sans formation d'aucun tourbillon. La vitesse de ces courants est en moyenne de 25 à 30 cm/sec au large et de 10 à 15 cm/sec près du littoral.

Lorsque se met à souffler un vent des secteurs Ouest (entre Nord-Ouest et Sud-Ouest) appelé *mistral* dans la région, l'aspect de la circulation marine dans la baie se modifie totalement. Au Sud de Nice, apparaît un vaste tourbillon dont l'extension est fonction de la force et de la durée du vent. Ce tourbillon qui, à l'Est, semble ne pas dépasser le cap Ferrat peut, à l'Ouest s'étendre au delà de l'estuaire du Var. Nous avons pu d'ailleurs remarquer, après une période prolongée de mistral, l'arrivée, devant la plage de Nice, des eaux blanches (chargées de fins sédiments) provenant du Var.

A l'Est du cap d'Antibes, se place un autre tourbillon de moindre importance.

Pour des vents exceptionnellement violents et durables, les deux tourbillons peuvent se souder, formant ainsi un contre-courant, portant à l'Est, tout le long du littoral de la baie. La vitesse moyenne du contre-courant est de l'ordre de 17 cm/sec.

---

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Report* 1 (1912), *of the Danish Oceanogr. Exp.*, 1908-1910, Copenhague.

Nos mesures ont également montré que, quelle que soit la violence du vent, le courant au large du cap d'Antibes porte toujours vers le Sud-Ouest. C'est dans cette région qu'il est le plus violent, atteignant 50 cm/sec. La vitesse moyenne est de 32 cm/sec.

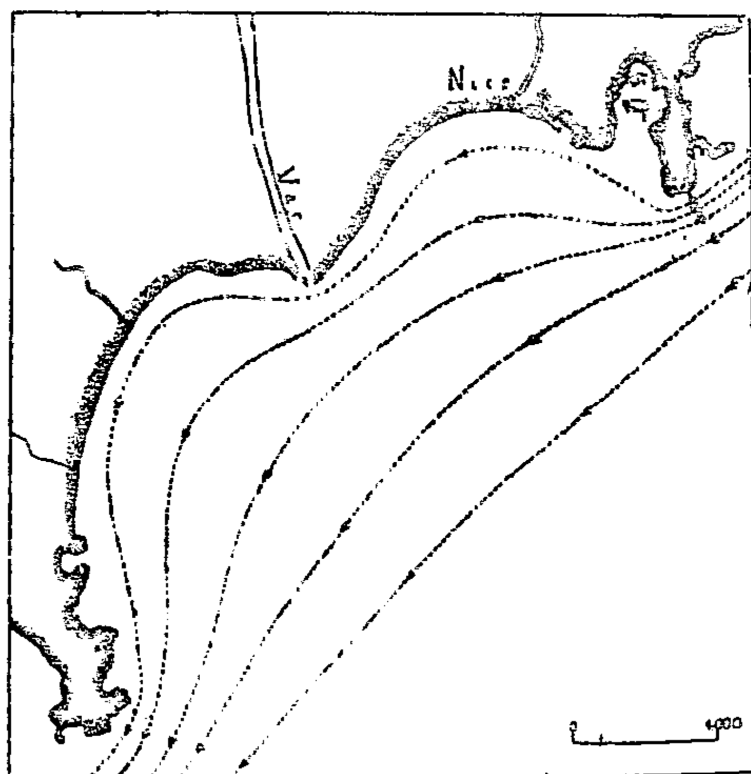



Fig. 1.

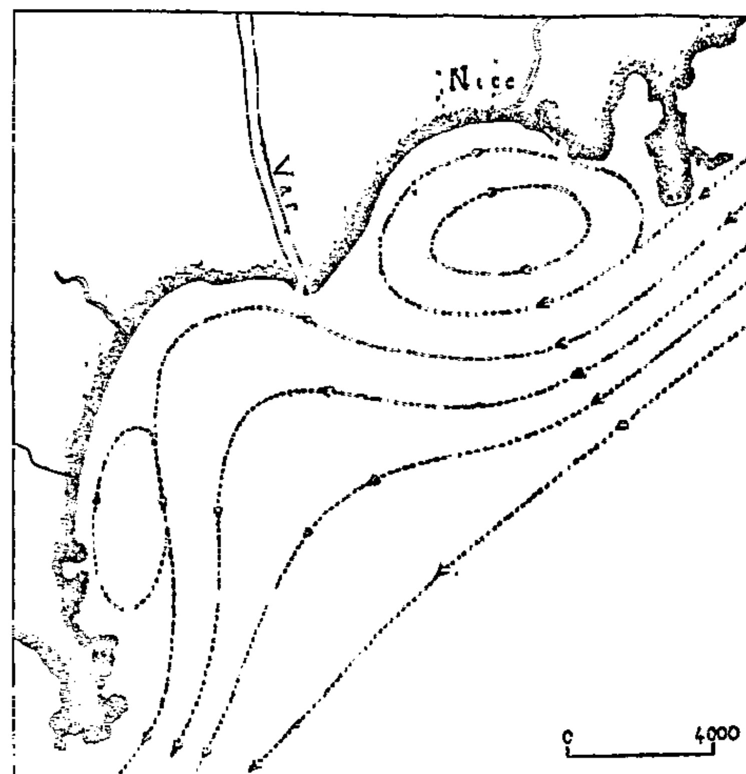



Fig. 2.

Fig. 1. — Représentation schématique de la circulation marine dans la baie de Nice en période de beau temps sans influence de vent.

Fig. 2. — Représentation schématique de la circulation marine dans la baie de Nice en période de mistral modéré. Il se forme deux tourbillons dont le plus étendu se trouve au Sud de la ville de Nice.

L'existence du tourbillon situé au Sud de Nice s'explique facilement. Le mistral est un vent qui souffle d'Ouest parallèlement au rivage, c'est donc un vent de reflux. Le courant de pente ([2]) qui en est la conséquence sera dirigé vers l'Est par un vent de Sud-Ouest qui est le plus fréquent. Le courant de dérive sera également dirigé vers l'Est. Ces deux courants tendent donc à s'ajouter, donnant naissance à un contre-courant portant vers l'Est le long du littoral. Le courant général au large étant toujours dirigé vers l'Ouest, l'existence du tourbillon s'explique facilement.

Un vent de 40 km/h peut donner naissance, s'il est suffisamment prolongé, à un courant résultant (courant de pente et courant de dérive) de 38 cm/sec. Si l'on considère que, par beau temps, le long du littoral, le courant, portant vers l'Ouest, a une vitesse de 10 à 12 cm/sec, l'effet du vent donnerait un contre-courant de 15 à 23 cm/sec, ce qui représente les vitesses réellement mesurées.

Les figures 1 et 2 donnent : la première, un schéma de la circulation par

([2]) V. W. Ekman, *Cons. inter. expl. mer Jour. du Cons.*, 3, 1928, p. 295-327.

beau temps, et la seconde, un schéma théorique de la circulation superficielle pendant les périodes de vent du secteur Ouest.

Ainsi, dans le cas particulier de la baie de Nice, la théorie des courants dus au vent trouve une excellente confirmation dans les mesures directes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Un nouvel enzyme d'adaptation : la cyanamidase.* Note de M[lle] **Yvonne Lamaire** et M. **Arthur Brunel**, présentée par M. Raoul Combes.

Le *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur le milieu de G. Bertrand avec la cyanamide vraie comme source d'azote, est capable d'effectuer la synthèse de l'hydrolase correspondante : la *cyanamidase*.

Dans le sol, la cyanamide calcique subit une dégradation dont le terme ultime, l'ammoniaque, est utilisée par les végétaux supérieurs comme source d'azote. Les travaux de Kappen (1), de Maze, Vila et Lemoigne (2) ont montré que certains microorganismes du sol réalisaient cette dégradation; toutefois, le mécanisme intime de ce phénomène est inconnu. Afin d'élucider par quels processus la cyanamide est transformée et utilisée, nous nous sommes adressés au *Sterigmatocystis nigra* Cram., organisme hétérotrophe capable de se développer en empruntant l'azote à des composés organiques de fonctions très diverses (3).

Si l'on cultive le *Sterigmatocystis nigra* sur le milieu de G. Bertrand normal, on constate que le mycélium obtenu ne dégrade pas la cyanamide. Si dans le milieu de G. Bertrand on remplace l'azote apporté par les sels ammoniacaux et les nitrates par une quantité équivalente d'azote fournie par une solution de cyanamide vraie, le champignon ne se développe plus. Par contre, si la concentration en cyanamide correspond en azote au cinquième de la teneur normale, le *Sterigmatocystis nigra* donne un mycélium dont les propriétés physiologiques sont profondément modifiées.

*Action sur la cyanamide vraie du mycélium de* Sterigmatocystis nigra *obtenu sur le milieu de G. Bertrand avec la cyanamide.* — L'hydrolyse chimique de la cyanamide conduisant à l'urée, nous nous sommes demandé si le *S. nigra* était capable de réaliser cette hydrolyse par voie enzymatique?

On fait agir à pH 7,3 et à 39° sur $20^{cm^3}$ d'une solution de cyanamide vraie M/200, obtenue par décomposition quantitative de la cyanamide argentique par l'acide chlorhydrique, $0^g,2$ du mycélium récolté après 40 heures de culture à 33°, lavé à l'eau distillée, essoré, séché dans le vide sur chlorure de calcium et réduit en poudre. Après 15 minutes d'action, la cyanamide ne peut

(1) *Chem. Zentralblatt*, **11**, 1903, p. 1884; **1**, 1910, p. 1626.

(2) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 921.

(3) Brunel, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **21**, 1939, p. 388-406.

plus être caractérisée par le précipité jaune de cyanamide argentique qu'elle donne avec le nitrate d'argent ammoniacal. Après ce même temps, la recherche de l'urée dans le milieu par précipitation à l'aide du xanthydrol est *positive*. On obtient le même résultat en utilisant non pas directement la poudre de mycélium mais une macération au 1/20 faite à pH 7,3. La même expérience réalisée avec la macération préalablement portée au bain-marie bouillant pendant 45 minutes montre que la cyanamide n'est pas détruite, et l'urée ne peut être mise en évidence.

Dans certaines conditions le *Sterigmatocystis nigra* est donc capable d'utiliser la cyanamide comme source d'azote pour l'élaboration des constituants de son mycélium. Par voie enzymatique la cyanamide est dans une première phase hydrolysée en urée sous l'influence d'un nouveau catalyseur biochimique d'adaptation : la *cyanamidase*.

Si l'on poursuit les expériences en recherchant l'urée non plus après 15 minutes à 39°, mais après 24 heures, on constate alors l'absence de précipitation de xanthylurée; par contre, la recherche de l'ammoniaque est positive. Le *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur le milieu de G. Bertrand avec la cyanamide, renferme de l'uréase, enzyme de constitution bien connue.

La dégradation enzymatique de la cyanamide conduit donc à l'ammoniaque avec l'urée comme terme intermédiaire

$$CN_2H_2 \xrightarrow[+H_2O]{\text{cyanamidase}} OC\begin{matrix}\diagup NH_2\\ \diagdown NH_2\end{matrix} \xrightarrow[+H_2O]{\text{uréase}} CO_2 + 2NH_3$$

et il est raisonnable de penser que les espèces banales rencontrées dans le sol, qui possèdent la propriété d'hydrolyser la cyanamide : *B. cloacæ*, *B. prodigiosus*, espèces du groupe de *B. subtilis*, *Penicillium glaucum*, etc., empruntent la même voie que le *Sterigmatocystis nigra*.

La cyanamidase vient s'ajouter aux nombreux enzymes d'adaptation : allantoïcase, oxaluricase, parabanase ([3]), que le *Sterigmatocystis nigra* est capable de synthétiser quand on lui fournit le substrat spécifique comme source d'azote.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitostatique de la diéthylmalonylurée (véronal) chez l'*Allium Cepa *L.* Note (*) de M. **Guy Deysson** et M^lle **Alice Rollen**, présentée par M. René Souèges.

On peut provoquer avec le véronal la cessation complète de l'activité mitotique (action mitostatique), suivie d'une reprise des cinèses si l'on arrête le traitement. Des concentrations faibles permettent d'observer une dissociation de l'action exercée et de mettre en évidence une accoutumance temporaire des cellules au toxique.

Dans une Note récente ([1]) nous avons décrit les différentes anomalies mito-

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 548.

tiques que l'on peut obtenir chez l'*Allium Cepa*, sous l'influence du véronal : troubles mitoclasiques caractérisés surtout par une inhibition du cloisonnement cellulaire d'une part, fragmentations de chromosomes, qui apparaissent dans certaines conditions, après cessation du traitement, d'autre part. Nous avions en même temps signalé que le véronal exerce une forte action mitodépressive et même, parfois, mitostatique. Ce sont les particularités de cette action que nous allons décrire ici.

1° *Concentrations de* 0,75 *et* 0,50 %. — Ces concentrations provoquent, dès les premières heures, une importante diminution du nombre des cinèses et cette action mitodépressive s'accompagne d'une modification des proportions des différents stades de la mitose : augmentation considérable de la proportion des prophases, disparition presque complète des méta et anaphases. Avec la concentration de 0,75 %, par exemple, on a dénombré, après quatre heures de traitement, 921 cinèses dont 727 prophases (79 %) dans un méristème et 779 cinèses dont 688 prophases (88 %) dans un autre. Après huit heures, il ne reste que 54 cinèses dont 40 prophases dans un méristème, 46 dont 40 prophases dans un autre. Enfin, après douze heures, les très rares figures mitotiques qui persistent sont toutes des prophases qui sont évidemment arrêtées dans leur évolution (20 dans un méristème, 19 dans un autre). A ce moment, si l'on interrompt le traitement et si l'on reporte les bulbes sur du liquide de Knop au demi, on observe une reprise de l'activité mitotique et de l'allongement des racines.

La concentration de 0,50 % exerce une action analogue; les cinèses sont devenues très rares après 12 heures de traitement (66 dans un méristème, dont 63 prophases, 65 dans un autre, dont 52 prophases); on n'en rencontre plus après 24 heures. La cessation du traitement, à ce moment, permet encore d'observer la reprise de la croissance après formation d'une petite intumescence, et la réapparition de nombreuses cinèses normales.

2° *Concentration de* 0,30 %. — L'action mitodépressive est déjà nette après 4 heures de traitement; elle devient intense au bout de 24 heures et aboutit à la disparition presque complète des images cinétiques (8 cinèses en tout, dans un méristème, 4 dans un autre, 13 dans un troisième).

Mais si l'on continue à observer ces racines, toujours placées dans la solution de véronal à 0,30 %, on assiste à une reprise assez importante de l'activité mitotique : après 36 heures, par exemple, les index mitotiques sont d'environ 50 ‰ (46,3 dans un méristème, ce qui correspond à 776 cinèses en tout, 58,8 dans un autre); ces index sont cependant nettement inférieurs à ceux des témoins correspondants (73 et 81,6 ‰). Ultérieurement, la proportion des cinèses diminue de nouveau, mais beaucoup plus lentement que la première fois. Nous avons effectué des examens après 48 heures, 72 heures, 96 heures, 5 jours; on observe toujours quelques anomalies mitotiques; l'allongement des racines reste faible : 1 à $2^{mm}$ par jour contre 15 à $20^{mm}$ chez les racines témoins; il n'y a jamais de tuméfaction.

Enfin, le sixième jour, les images cinétiques disparaissent complètement, les dernières figures observées étant des prophases et des télophases; la reprise de la croissance après cessation du traitement est alors impossible : les cellules sont mortes.

3° *Concentration de* 0,20 %. — On assiste ici au même phénomène d'adaptation qu'avec la concentration précédente. L'action mitodépressive est très forte au cours des deux premiers jours, puis on observe une reprise de la croissance qui reste cependant plus faible que chez les témoins, et la réapparition d'assez nombreuses cinèses qui persistent encore au bout de six jours.

Le véronal provoque donc, dans des conditions convenables, la cessation complète de l'activité mitotique dans les méristèmes radiculaires (action mitostatique). Cette action peut être suivie d'une reprise des mitoses si l'on reporte les racines sur milieu privé de véronal.

Pour des concentrations inférieures à 0,50 %, on assiste à une très intéressante dissociation de l'action exercée : à l'action mitodépressive initiale, succède une reprise temporaire de l'activité mitotique, suivie d'une nouvelle diminution de celle-ci, puis de la disparition complète de toute image mitotique, cette fois dans des conditions léthales. Ces phénomènes, dont nous avons vérifié la réalité à plusieurs reprises, sont actuellement assez difficiles à interpréter. On est en droit de penser que les deux actions mitodépressives observées successivement sont dues à des causes différentes. La première pourrait correspondre à une action chimique spécifique, peut-être au blocage du métabolisme des acides nucléiques par substitution du barbiturique à l'uracile, suivant l'hypothèse déjà émise ([2]), ([3]). Puis une certaine accoutumance se manifesterait, analogue à celle qui a été mise en évidence par J. Verne ([4]) dans les cultures de tissus animaux soumis à diverses substances. Enfin apparaîtraient d'autres phénomènes toxiques plus généraux, de nature inconnue, entraînant une nouvelle chute de l'activité mitotique, irréversible cette fois.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques hybrides d'*Iris. II. *Hybrides* Pogoniris *nains*. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des hybrides « numériques et « structuraux » existent chez les *Pogoniris* nains. A la méiose, des anomalies de la conjugaison sont présentes (univalents, tétravalents, multivalents) et des homologies chromosomiques entre espèces parentes ont été observées. La conjugaison autosyndétique de tous les chromosomes de l'*I. pumila* est à nouveau notée chez *I. chamæiris* × *pumila* et chez l'*I. pumila* × *mellita*, ainsi que celle de quelques éléments *chamæiris*.

Les *Pogoniris* nains sont caractérisés par une série polyploïde multiple de 4 : $n = 8$ (*I. attica, pseudopumila*) $n = 12$ (*mellita, Reichenbachi*), $n = 16$ (*pumila*), $n = 20$ (*chamæiris*) et $n = 24$ (*balkana*), les *I. pumila* et *balkana* étant autopolyploïdes, ou se comportant comme tels, des *I. attica* et *Reichenbachi* auxquels on les rapporte. Quelques hybrides sont connus ([1]). Ainsi, *I. chamæiris* a été uni à toutes les autres espèces, l'*I. pumila* aux *I. attica, mellita* et l'*I. attica* à l'*I. mellita*. Seuls, les *I. chamæiris* × *balkana*, *attica* × *mellita* et

---

([2]) D. Woods, *Nature*, 148, 1941, p. 758.
([3]) J. Brachet, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 782.
([4]) *Acta. anat.*, 4, 1947, p. 282.

([1]) *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 16, 1934, p. 305; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1094.

*pumila* × *attica* n'ont pas encore fleuri; leur comportement méiotique ne sera donc pas étudié dans la présente Note.

L'*I. pumila* × *mellita* à $2n = 28(16+12)$ montre à la première division réductionnelle des univalents, des bivalents, quelques trivalents et 1 tétravalent dans 1 cellule; soit une moyenne, par cellule de 11,4 univalents, 7,4 bivalents, 0,6 trivalent et 0,01 tétravalent, c'est-à-dire 16,6 éléments conjugués pour 8,0 configurations chromosomiques.

Les *I. chamæiris* × *attica* et *chamæiris* × *pseudopumila* également à $2n = 28(20+8)$ présentent aussi ces éléments irréguliers de la méiose, mais en plus chez le premier, dans quatre cellules il y a 1 pentavalent et 1 hexavalent dans une autre; soit respectivement, en moyenne, par cellule : 10,1 et 11,1 univalents, 6,2 et 6,4 bivalents, 1,6 et 1,3 trivalent, 0,1 et 0,01 tétravalent, 0,04 pentavalent et 0,01 hexavalent; c'est-à-dire 17,8 et 16,7 éléments conjugués pour 8,0 et 7,7 configurations.

L'*I. chamæiris* × *pumila* à $2n = 36(20+16)$ a également ces mêmes caractéristiques méiotiques, c'est-à-dire par cellule, une moyenne de 13,0 univalents, 9,1 bivalents, 1,5 trivalent et 0,07 tétravalent, soit 22,9 éléments conjugués pour 10,8 configurations.

Mais chez les *I. chamæiris* × *mellita* et *chamæiris* × *Reichenbachi* à $2n = 32$ $(20+12)$ on ne trouve que des univalents, des bivalents et des trivalents, soit respectivement, en moyenne, par cellule 8,6 et 10,0 univalents, 9,7 et 9,5 bivalents et 1,3 et 1,0 trivalent, c'est-à-dire 23,3 et 22,0 éléments conjugués pour 11,0 et 10,5 configurations.

De ces diverses analyses, il ressort que dans les hybrides réalisés avec l'*I. chamæiris*, dont le degré de polyploïdie est plus élevé que celui des autres géniteurs en compétition, il existe en commun des stocks ou partie de stocks de chromosomes homologues, ce qui pourrait indiquer leur communauté d'origine.

Ainsi, les chromosomes des *I. attica* et *pseudopumila* ($n = 8$), des *I. mellita* et *Reichenbachi* ($n = 12$) trouvent un nombre sensiblement égal d'homologues dans la garniture chromosomique de l'*I. chamæiris* ($n = 20$), la plus grande fréquence des configurations étant 8 chez les hybrides à $2n = 28$ et 11 chez ceux à $2n = 32$. Rien ne permet encore de préciser les autres relations chromosomiques possibles, mais l'étude ultérieure de l'*I. attica* × *mellita* à $2n = 20$ $(8+12)$ aidera à définir les affinités génômiques existant entre espèces à $n = 8$ et $n = 12$.

Tout autre est le comportement des 16 chromosomes *pumila* qui ne trouvent pas cette forte homologie parmi les 20 éléments *chamæiris*, puisque chez l'*I. chamæiris* × *pumila* à $2n = 36$ il n'y a que 10,8 configurations au lieu de 16. Or, dans cet hybride ce ne sont plus deux mais trois stocks de huit chromosomes qui ont de l'affinité; en effet, d'une part l'*I. pumila* est autopolyploïde de l'*I. pumila* et d'autre part, les huit chromosomes *attica* trouvent

à peu près autant d'homologues chez les éléments *chamæiris*. Dans cette éventualité huit configurations par cellule devraient exister avec une forte proportion de trivalents. Or, le maximum de fréquence des configurations est à 11 (40 % des cellules) et le nombre des trivalents est le même chez les *I. chamæiris* × *pumila* et *chamæiris* × *attica*. L'*I. pumila* × *attica* à $2n = 24(16 + 8)$, uniquement constitué de ces trois stocks de huit chromosomes, doit avoir une méiose susceptible de préciser dans l'avenir ce comportement qu'il faut sans doute rapporter, pour l'*I. chamæiris* × *pumila*, à un cas de « differential affinity » dans lequel une conjugaison autosyndétique des chromosomes *pumila* serait prévalente, les éléments *chamæiris*, présumés homologues des chromosomes *attica*, restant non appariés; soit formation de huit bivalents. Il y aurait en outre deux ou trois configurations surnuméraires de source *chamæiris* dont l'existence a déjà été signalée chez d'autres hybrides ([2]).

D'ailleurs tous les hybrides de l'*I. chamæiris* ont une forte proportion de trivalents; outre l'autosyndèse, des chromosomes *chamæiris* peuvent donc s'unir à ceux de l'autre espèce parente. Ces formations multivalentes proviennent vraisemblablement de la nature polyploïde des géniteurs en présence; mais des modifications « structurales » d'ordre chromosomique doivent également intervenir comme semble l'indiquer la présence de configurations hétéromorphiques.

Chez l'*I. pumila* × *mellita*, les 12 chromosomes *mellita* ne trouvent pas, eux non plus, un nombre égal d'homologues parmi les 16 chromosomes *pumila*. La présence moyenne de huit configurations pour 16,4 éléments conjugués, la conjugaison la plus fréquente étant $8_{II} + 12_{I}$ (dans 40 % des cellules), confirme à nouveau la possibilité d'une union autosyndétique *pumila*, déjà découverte chez l'*I. pumila* × *macrantha* ([3]), ayant pour corollaire l'asyndèse que les chromosomes *mellita* auraient entre eux.

GÉNÉTIQUE. — *Contribution à l'étude des tumeurs observées sur certains hybrides de* Nicotiana. Note de MM. **Henri Hitier** et **Camille Izard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Certains hybrides de *Nicotiana* présentent la particularité de former de façon régulière des tumeurs sur leurs organes végétatifs : le plus typique est sans aucun doute *N. glauca* Grah. ($n = 12$) × *N. Langsdorffii* Weinm. ($n = 9$) qui porte de nombreuses tumeurs sur ses racines, tiges et feuilles. Cet hybride dont la stérilité totale s'explique par un comporte-

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1247.
([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1158.

ment rigoureusement asyndétique des chromosomes, présente le même phénomène après redoublement chromosomique; sous la forme amphidiploïde, il transmet ses particularités néoplasiques à sa descendance. Le sesquidiploïde (*N. glauca* × *N. Langsdorffii*) × *N. Langsdorffii* porte également des excroissances, mais celles-ci sont moins accusées. D'autres hybrides présentent aussi des tumeurs du même genre, notamment *N. suaveolens* Lehm. ($n = 16$) × *N. Langsdorffii* et *N. paniculata* L. ($n = 12$) × *N. Langsdorffii*. Tous deux sont également asyndétiques et sont caractérisés par une méiose très irrégulière qui explique leur stérilité totale (nombreux retardataires aux anaphases, phénomène de caténation, ponts chromosomiques). En dehors de ces hybrides, où tous les sujets présentent à peu près les mêmes caractères, nous avons pu observer des néoplasmes, mais de façon moins constante, chez *N. rustica* L. ($n = 24$) × *N. Sanderae* Hort. ($n = 9$) et *N. glauca* × *N. longiflora* Cav., ainsi que chez l'amphidiploïde de ce dernier ($n = 10$). Nous avons noté aussi des tumeurs de faibles dimensions, limitées à l'appareil radiculaire, chez *N. glutinosa* L. ($n = 12$) × *N. glauca* et *N. Bigelovii* Wats. ($n = 24$) × *N. glauca*. Des divers hybrides polygénomiques que nous avons observés à l'Institut de Bergerac, seuls portent des tumeurs *N. rustica* × (*N. suaveolens* × *N. Sanderae*) que nous avons signalées dans une précédente Note [1], et quelques plantes de *N. glauca* × (*N. Langsdorffii* × *N. Sanderae*).

D'une façon générale, les néoplasmes apparaissent tardivement, pendant et après la floraison. Nous avons cependant rencontré des tumeurs radiculaires chez des jeunes plants encore sur semis dans le cas de *N. glauca* × *N. Langsdoiffii*. De plus, la formation des tumeurs variant d'une année à l'autre, nous devons supposer une action considérable des conditions de nutrition. De même, chez les amphidiploïdes, le phénomène est généralement moins accusé que chez les hybrides normaux, sans doute par suite de l'utilisation d'une partie des réserves pour la formation des graines. Quoi qu'il en soit, l'aptitude à former des tumeurs est un caractère d'ordre génétique, qui se transmet héréditairement chez les plantes fertiles (*N. glauca* × *N. Langsdorffii* amphidiploïde par exemple). Cependant, ce caractère apparaît chez des hybrides alors qu'il ne se manifeste pas chez les parents. Seul *N. glauca* présente parfois une légère tendance à la tumorisation sur les racines et les rameaux en fin de végétation. Pour expliquer la genèse des néoplasmes, Whitaker [2], dans le cas de *N. glauca* × *N. Langsdorffii*, met en cause des troubles cytoplasmiques provoqués par les chromosomes de *N. Langsdorffii* dans le cytoplasme de *N. glauca*. D'une façon générale, les espèces du groupe *Alata* (*N. Alata*, *N. Langsdorffii*, *N. San-*

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1308.
(2) *Journ. Arn. arb.*, **15**, 1934, p. 144-153.

*derae*) donneraient, d'après lui, des hybrides à tumeurs en les croisant avec *N. glauca* ou *N. paniculata*, lorsque ces derniers sont pris comme parents femelles. On s'explique mal, dans ce cas, les néoplasmes radiculaires de l'hybride *N. Bigelovii* × *N. glauca* où *N. glauca* est le parent mâle et où *N. Bigelovii* n'a que de lointaines affinités avec le groupe *Alata*. On ne s'explique pas davantage le comportement de l'hybride *N. suaveolens* × *N. Langsdorffii* qui ne possède aucun des génômes *N. glauca* ou *N. paniculata*. Dans l'état actuel de la question, il nous est impossible de formuler une hypothèse valable quant à l'origine génétique des néoplasmes sans quitter le domaine des faits bien établis.

En ce qui concerne l'histogénèse et la cytologie des néoplasmes, dans le cas particulier de l'hybride *N. glauca* × *N. Langsdorffii*, les recherches en cours montrent quelques faits intéressants. D'une façon générale, ces tumeurs possèdent un grand nombre de plages ou d'îlots méristématiques très souvent localisés à la périphérie. La vascularisation est faible et les éléments provasculaires se différencient très peu. Kostoff ([3]) avait noté comme particularité, un grand nombre de nucléoles dans les noyaux, mais en étudiant les méristèmes, nous n'avons pas remarqué qu'il était supérieur au nombre habituel (1, 2 ou 3). Les mitoses des tissus tumoraux présentent certaines anomalies telles que ponts et fragments chromosomiques. Nous avons, en outre, observé la persistance des nucléoles dans certaines cellules en métaphase avancée. Ce phénomène, très rare il est vrai, n'a jamais été signalé, à notre connaissance, chez les *Nicotiana*. La structure des noyaux en intercinèse se caractérise par un nombre élevé de chromocentres, dont certains occupent une position périphérique. L'activité cinétique étant très forte, nous supposons que ces éléments résultent d'une catachromase incomplète qui n'aboutit plus à la déspiralisation normale des chromonemas. Les noyaux néoplasiques diffèrent donc de ceux des parents de l'hybride, qui ont une structure réticulofilamenteuse, avec quelques chromocentres seulement.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de l'innervation extrinsèque du cœur sur l'activité de l'organe chez l'Escargot* (Helix Pomatia) *en hibernation*. Note de MM. **Antoine Jullien** et **Jean Ripplinger**, présentée par M. Léon Binet.

Des opinions divergentes ont été émises sur la nature fonctionnelle de l'innervation extrinsèque du cœur chez l'Escargot. Pour Foster et Dew-Smith ([1]), il n'existe ni nerfs modérateurs ni nerfs accélérateurs;

---

([3]) *Cytogenetics of the genus* Nicotiana, Sofia 1941-43, p. 615.

([1]) *Arch. f. mikr. Anat.*, 14, 1877, p. 317.

Ranson [2] et Yung, par contre, constatent, chez cette forme, la présence de nerfs modérateurs; pour Carlson [3] il y aurait des fibres modératrices et accélératrices.

Par des observations antérieures dont nous avons rendu compte [4], nous avons personnellement montré que l'excitation du nerf cardiaque produisait, au printemps et en été, un effet de type vagal; l'arrêt du cœur en diastole : et nous avons apporté un certain nombre d'arguments expérimentaux peu en faveur d'une médiation cholinergique chez les Mollusques Pulmonés.

Au cours de ces mois d'hiver, nous avons recherché dans quelle mesure ces modifications de l'automatisme cardiaque, enregistrées pendant la belle saison, étaient maintenues. Nos essais ont porté sur des escargots bouchés, réchauffés avant leur utilisation, mais restant néanmoins épiphragmés. Nous avons opéré sur le cœur *in situ*; le ventricule est monté sur une canule de Straub, serrée sur le sillon auriculo-ventriculaire. De ce fait, pourront seuls, être efficaces, les filets nerveux pénétrant dans le myocarde par la région de l'aorte. La solution physiologique de base était constituée par un liquide du type Ringer à trois cations (Na, K et Ca); les milieux contenant, en plus, du magnésium, se révèlent défavorables.

Avec un tel dispositif, l'organe est placé dans les conditions les meilleures et l'on enregistre le plus généralement un tracé d'emblée très régulier, ample, rapide (*fig.*; tracé I, *à gauche*). Sur ces cœurs, l'excitation du nerf cardiaque détermine, comme action principale, un renforcement très marqué de l'amplitude des contractions (partie I de la figure), avec, parfois, un léger effet chronotrope positif. L'effet inotrope positif est accompagné d'une hausse simultanée des deux tonus, plus marquée pour le tonus systolique ou seulement de l'élévation de celui-ci. L'excitation étant poursuivie, le myocarde se relâche progressivement, mais avec maintien de l'effet inotrope qui persiste longtemps après la cessation de l'excitation. Très souvent, ces actions sont précédées par une hausse considérable des deux tonus, de courte durée, qui s'inscrit en forme de clocher et qui suit immédiatement le début de l'excitation (*fig.* en I).

De telles modifications de l'automatisme cardiaque rappellent celles qui sont déclenchées, chez les Vertébrés, par l'excitation des nerfs sympathiques. Il apparaît donc, et nos résultats ont une valeur statistique puisque nous les avons retrouvés toujours identiques dans une quarantaine d'expériences, que l'innervation extrinsèque du cœur chez *Helix pomatia* agit dans un sens « sympathique » pendant l'hibernation et dans un « sens vagal » au cours de la vie libre.

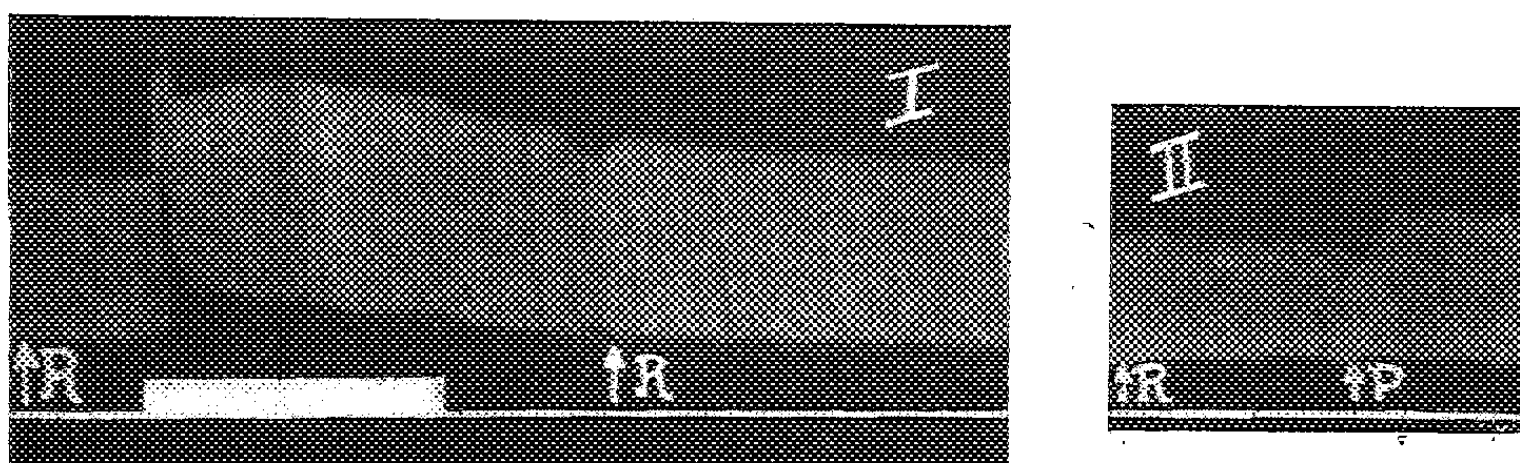
---

(2) *Journ. of Physiol.*, 5, 1885, p. 261.

(3) *Amer. Journ. Physiol.*, 14, 1905. p. 16.

(4) A. Bonnet et A. Jullien, *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 135.

Les résultats enregistrés sont-ils liés à l'intervention de médiateurs tels que la sympathine-adrénaline ou l'acétylcholine qui seraient libérées par l'excitation, soit isolément, soit simultanément, en proportions variables.




En I, à gauche : rythme normal (R), puis excitation du nerf cardiaque. — En II, à gauche : Ringer (R); à droite : action d'un perfusat (P),

Une série d'expériences que nous avons réalisées pour fournir les éléments d'une réponse à cette question montre que :

1° les perfusats ne contiennent pas trace d'une substance équivalente à l'acétylcholine;

2° utilisés frais, ils élèvent le tonus systolique (*fig.* en II, P); ils sont doués de propriétés inotropes positives que, même conservés sans précautions spéciales, ils manifestent encore, pour la plupart, après plusieurs jours;

3° les effets de concentrations variables d'adrénaline ne sont pas superposables à ceux succédant à l'excitation du nerf;

4° l'ergotamine ne lève pas l'action du nerf cardiaque;

5° la cocaïne n'a pas d'effet sensibilisateur.

De ces constatations, il paraît résulter que l'excitation du nerf cardiaque ne se ramène pas à la libération d'un médiateur chimique; peut-être correspond-elle à des remaniements dans la répartition des ions à l'intérieur du myocarde et au passage de certains d'entre eux dans le perfusat, comme semblent l'indiquer la persistance de l'effet inotrope positif après la cessation de l'excitation et l'action inotrope positive de perfusats vieillis, ce qui exclut la mise en jeu de substances organiques, fragiles et, sans doute, détruites après un court délai.

En résumé, chez *Helix pomatia*, le nerf cardiaque, pendant l'hibernation, se comporte comme un nerf sympathique; il exerce des actions surtout inotrope et tonotrope positives qui ne sont pas augmentées par la cocaïne, ni levées par l'ergotamine, ni semblables à celles de l'adrénaline; aucun argument ne permet de considérer les fibres responsables de ces effets comme adrénergiques.

CYTOLOGIE. — *La spermiogenèse du* Lithobius calcaratus *C. Koch* (*Myriapode Chilopode*). Note (*) de M[lles] ODETTE TUZET et JEHANNE-FRANÇOISE MANIER, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On est encore mal documenté sur la biologie des Chilopodes. Par exemple, on ignore leurs mœurs sexuelles. Nous pensons que chez le *Lithobius calcaratus*, l'union des sexes se fait lorsque l'ovaire est au début de son évolution. Le mâle montre deux longs testicules filamenteux et quatre glandes accessoires en forme de feuille, deux grandes et deux petites. L'ovaire est impair et possède les mêmes glandes accessoires que les testicules, avec en outre, deux réceptacles séminaux. Ceux-ci sont déjà pleins de faisceaux de spermatozoïdes quand l'ovaire ne contient que de très petits ovocytes. Les spermatozoïdes restent dans ce réceptacle pendant toute l'évolution des ovocytes. La spermatogenèse des Chilopodes a été étudiée par plusieurs observateurs qui ont décrit l'évolution de la chromatine, la présence et le mode de formation de deux catégories de spermatozoïdes de taille différente ainsi que la présence dans le protoplasme de filaments ergastoplasmiques [Prenant (1887-1888-1892), Meves (1901), Meves et Korff (1901), P. Bouin et M. Bouin (1899-1901-1902-1903), P. Bouin (1900-1901-1903-1905-1922-1925-1934), Bouin et Collin (1901), Collin (1901), Blackmann (1901-1903-1905-1910), Medes (1905), Aron (1920), Golanski (1929-1932)]. Enfin l'évolution des composants cytoplasmiques pendant la spermatogenèse a été étudiée par Nath (1925).

Nous ne parlerons ici que de la spermiogenèse du *Lithobius calcaratus*. Les spermatides sont de grosses cellules arrondies de 40$^{\mu}$ environ de diamètre. Leur petit noyau (10$^{\mu}$) montre de la chromatine en grains irréguliers colorables par la fuchsine, après hydrolyse (Feulgen) (*fig.* 1). Les mitochondries, mises en évidence par l'Altmann, sont éparses dans le protoplasme mais manquent autour du noyau. Elles sont en forme de chondriocontes (*fig.* 2), provenant de l'accolement des mitochondries granuleuses des spermatocytes aux filaments ergastoplasmiques qui existent ici dans le protoplasme comme chez les autres Chilopodes. Cependant, certains de ces filaments persistent encore sans revêtement mitochondrial. Les filaments mitochondriaux deviennent de plus en plus nombreux et semblent pouvoir se multiplier *in situ*. Plusieurs dictyosomes en écailles représentent l'appareil de Golgi (*fig.* 3).

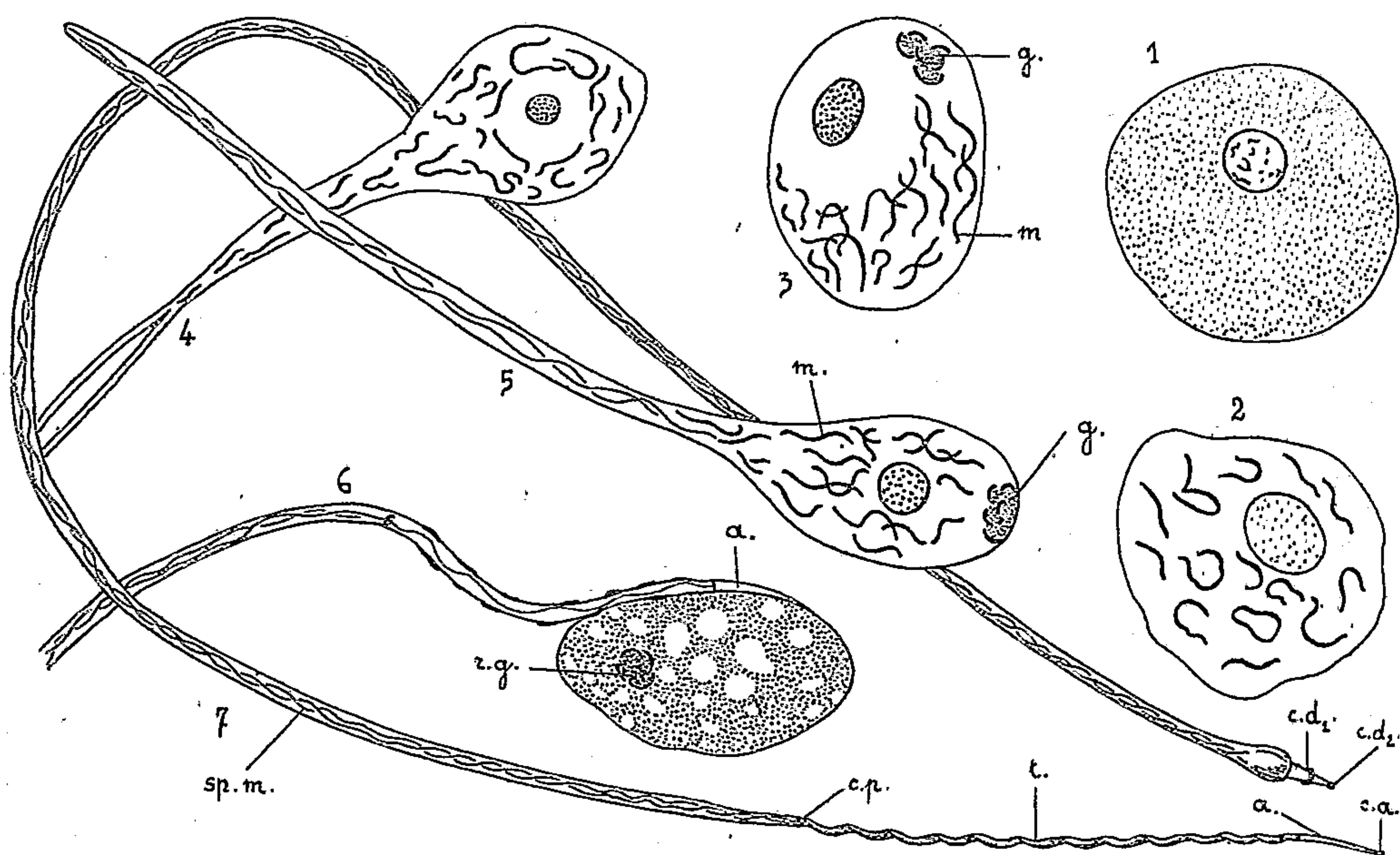
La spermatide s'allonge; les mitochondries filamenteuses quittent peu à peu le voisinage du noyau et se portent dans la partie postérieure effilée où elles forment d'abord deux filaments parallèles (*fig.* 4) qui deviendront ensuite spiralés et s'enrouleront l'un avec l'autre en spirales lâches. Les dictyosomes

---

(*) Séance du 12 février 1951.

se portent vers le pôle antérieur du noyau (*fig.* 5) et nous avons vu, dans quelques cas, un granule proacrosomien, prélude de la sécrétion de l'acrosome.

Le noyau s'allonge pour former la tête qui sera coiffée par l'acrosome (*fig.* 6). Cette tête est accolée au protoplasme résiduel qui est devenu vacuolaire et dans lequel se voit le reliquat de Golgi. L'acrosome est effilé; la tête montre à sa surface des épaississements tégosomiens. Elle est traversée de part en part par le filament intranucléaire. A sa base est le centrosome le plus proche aplati; le segment intermédiaire avec la double spire mitochondriale vient ensuite.




Spermiogenèse du *Lithobius calcaratus* C. Koch.
1, Bouin, Feulgen; 2-4, Champy, Altmann; 3-5-6-7, Champy, hématoxyline de Heidenhain.

Dans les spermatides âgées (*fig.* 7), la tête s'allonge et s'enroule en spirale; on n'y voit plus ni filament intranucléaire ni tégosomes; son aspect est homogène. A son extrémité antérieure, l'acrosome hyalin, montre le centrosome antérieur, tandis qu'à la base de la tête le centrosome le plus proche est bien visible. Puis vient le long segment intermédiaire contenant la double spire mitochondriale. Sa partie terminale renflée montre un prolongement conique hyalin avec le centrosome distal dédoublé en un centrosome annulaire, suivi à quelque distance d'un centrosome granulaire (*fig.* 7). On ne voit aucun flagelle caudal. Les spermatides s'allongent encore et deviennent, sans qu'il y ait d'autres changements de structure, les spermatozoïdes, qui forment des faisceaux englués dans une sorte de gelée blanchâtre provenant de la fonte des cytoplasmes résiduels vacuolisés.

Comme chez les autres Chilopodes, nous avons observé deux catégories de spermatozoïdes de structure identiques mais différents par la taille. Les

plus gros ont une tête de 80μ de long sur 1μ d'épaisseur; leur segment intermédiaire qui a plus de 10 fois la longueur de la tête peut avoir une largeur de 2 à 3μ. Les petits spermatozoïdes sont environ la moitié des premiers.

ZOOLOGIE. — *Un nouveau mode de développement chez un* Mermithidæ (*Nematoda*). Note de M. ALBERT COUTURIER, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les sondages effectués en septembre 1950 à partir de lieux de concentration du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) en vue de déterminer la répartition des Vers blancs dans le sol ont amené la découverte à Traubach, près de Dannemarie (Haut-Rhin), d'un type nouveau et remarquable de *Mermis* parasites des *Melolonthinæ* (Coléopt. Scarab.).

Au lieu de se développer à l'intérieur de l'hôte dans lequel il peut circuler librement, comme c'est le cas de tous les *Mermithidæ* actuellement connus, ce Nématode se trouve enfermé dans une poche située dans la cavité générale du Ver blanc (1).

A l'époque des récoltes et des dissections, le *Mermis* était presque arrivé à son complet développement. La poche atteignait des dimensions voisines de celles des larves hôtes (16mm de long, 6 à 8mm de diamètre); ses parois fines et transparentes laissaient voir le Nématode plusieurs fois enroulé sur lui-même et baignant dans un liquide où se trouvaient en suspension des débris cellulaires ou des fragments de tissus blanchâtres (*fig.* 1). Cette poche se prolongeait fréquemment par un long et fin pédicelle qui, traversant le corps adipeux, allait s'insérer en un point qu'il n'a pas été toujours facile de préciser. Le pédicelle aboutissait plusieurs fois à des amas cellulaires de la couche sous-épidermique; dans d'autres cas, il semblait être en rapport avec les parois du tube digestif (œsophage, estomac).

Quelques cas aberrants nous permettent de concevoir dès à présent l'origine de cette poche. Celle-ci, en effet, se présente parfois sous forme d'un kyste ouvert à parois épaisses contenant le Nématode qui s'est dégagé en partie en déchirant le côté le plus mince. La larvule du *Mermis* a probablement été isolée peu après sa pénétration dans l'hôte au niveau de la couche sous-épidermique ou des parois du tube digestif. Un tissu néoformé enfermerait complètement le Nématode (quelques restes témoins subsistent encore souvent à proximité du point d'insertion du pédicelle). La croissance du *Mermis* provoquerait la

(1) RENNIE (1926) a cependant déjà signalé chez *Tipula paludosa* Meigen des Mermithidæ enfermés dans une enveloppe qu'il a considérée comme étant le chorion. Le parasite immature a été appelé par cet auteur *Agamomermis tipulæ*, d'après le genre collectif créé par Stiles (1903) pour désigner les formes insuffisamment connues. J. RENNIE, *Proc. Roy. Phys. Soc.*, Edinburgh, 21, (1), p. 1-3, 1926.

distension progressive des parois du kyste; ses mouvements continuels entraîneraient leur dilacération et laisseraient seulement, en dernier lieu, la très fine membrane périphérique. Les tissus désagrégés sont digérés en partie par le parasite; on en trouve souvent des lambeaux à l'intérieur de la poche.

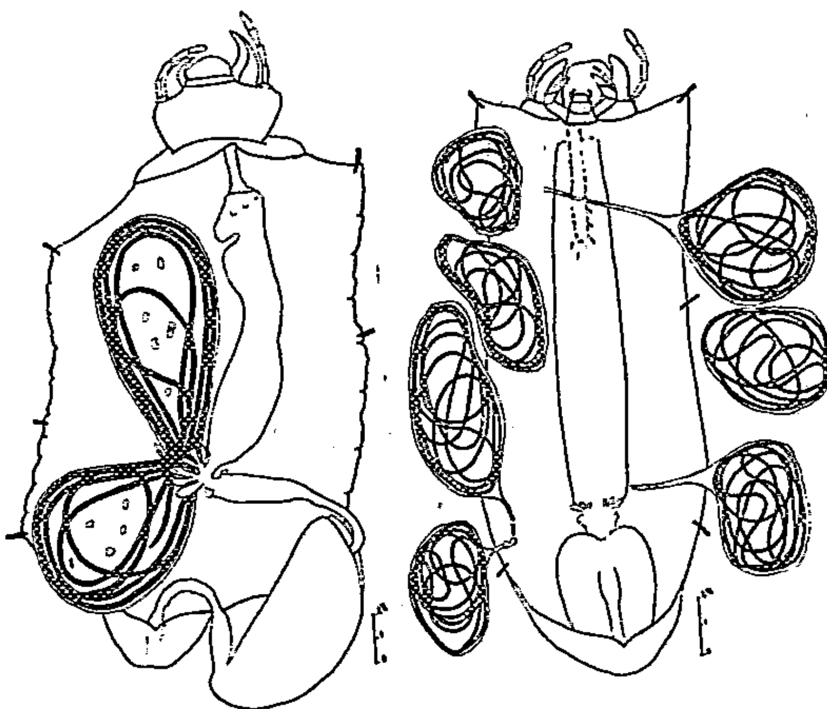


Fig. 1. Fig. 2.

Fig 1. — L'enveloppe du *Tunicamermis* est retenue ici par les trachées aboutissant aux cæcums entériques et aux tubes de Malpighi d'une grosse larve d'*Amphimallon* (âgée de plus d'un an). Quelques débris cellulaires sont visibles à l'intérieur du kyste.

Fig. 2. — Petite larve d'*Amphimallon* (âgée de 4 mois) montrant 7 kystes de *Tunicamermis*. Certains présentent des pédicelles se rattachant soit à la couche sous-épidermique, soit à l'estomac.

Certains Vers blancs contiennent jusqu'à 7 Nématodes enfermés chacun dans une tunique spéciale se rattachant en un point particulier (*fig.* 2). Ce *Mermis* peut cohabiter avec une autre espèce très différente qui se déplace librement dans la cavité générale du même hôte. Les larves de divers *Melolonthinæ* sont attaquées, mais surtout celles d'*Amphimallon* (18 % des larves de première ou de deuxième année). Les larves du deuxième âge de *Melolontha* (écloses en juillet de la même année) étaient parasitées à raison de 2,7 % seulement.

Contrairement à ce qui s'observe avec d'autres *Mermis* (²), le corps adipeux de l'hôte reste presque intact. Le Nématode est visible de l'extérieur lorsqu'il se trouve situé entre l'épiderme et la panse rectale, mais il s'étale peu, ses mouvements étant limités par les parois du kyste.

Le parasite de couleur blanche, atteint des longueurs comprises entre 80 et 350$^{mm}$. Il est particulièrement mince (180 à 330$^{\mu}$ de diamètre). Le rapport de De Man ($\alpha =$ longueur/diamètre) est très élevé, il varie entre 500 et 1000.

(²) A. Couturier, *P. V. 8ᵉ Congr. Inter. Entom.*, Stockholm, 1950, p. 637-639 et *Annales Épiphyties*, 1950, p. 13-37.

L'extrémité postérieure de la larve est arrondie ainsi que celle de l'adulte. Nous n'avons rencontré jusqu'à présent que des femelles. Les plus précoces, maintenues dans du sable humide, ont mué deux mois après leur sortie de l'hôte. L'organe de ponte fait saillie un peu en avant du milieu du corps. Les œufs, visibles dans l'oviducte, sont très petits, ils mesurent seulement 15$^{\mu}$ de diamètre.

En attendant la description complète, nous proposons de donner à ce Mermithidæ le nom générique de *Tunicamermis*. Il pourra devenir le type d'une nouvelle sous-famille. Le nom d'espèce *melolonthinarum* indique les hôtes susceptibles de l'héberger.

BIOLOGIE. — *Étude expérimentale de l'adaptation chromatique chez le phasme*, Carausius morosus, Br. Note de M^me^ MARIE DUPONT-RAABE, présentée par M. Louis Fage.

Le phasme, *Carausius morosus*, Br, présente, fait assez exceptionnel chez les insectes, une adaptation chromatique physiologique, qui consiste en un changement de couleur rapide, survenant à la tombée de la nuit. Ce changement de couleur résulte de la migration de granules pigmentaires à l'intérieur des cellules hypodermiques. Les auteurs précédents ont montré que la migration en direction proximale, soit en position d'obscurité, est commandée par une substance sécrétée dans la région antérieure de l'animal, en réponse à des excitations lumineuses ou à d'autres excitations périphériques. Je rendrai ici brièvement compte des principaux résultats, qui me permettent de préciser le lieu de sécrétion de l'hormone pigmentaire.

*Interventions opératoires.* — L'ablation des *corpora cardiaca-allata*, du ganglion frontal, ou la section des connectifs entre le cerveau et le ganglion frontal, ne modifie en rien les migrations pigmentaires, qui ne sont donc réglées ni par le système nerveux sympathique, ni par les organes glandulaires spécialisés. Après ablation des lobes optiques, ou section entre le cerveau et les lobes optiques, les animaux réagissent de façon variable; les uns gardent pendant quelques jours un rythme chromatique normal, d'autres restent continuellement soit en adaptation obscurité, soit en adaptation lumière; mais il est toujours possible de provoquer un assombrissement maximum par excitation électrique du cerveau. La sécrétion hormonale ne s'effectue donc pas au niveau des lobes optiques et, de plus, elle peut subsister en l'absence d'excitations périphériques. Par contre, l'ablation du cerveau supprime définitivement l'adaptation obscurité. On ne peut alors provoquer l'assombrissement des animaux par aucun excitant habituel : obscurité, humidité de l'air, anesthésie, ni par excitation électrique à différents niveaux de la chaîne nerveuse. Il semble donc que dans ce cas l'élément sécréteur lui-même a été éliminé.

Si l'on interrompt la transmission des influx nerveux entre la tête et le

reste du corps par section de la chaîne nerveuse ventrale à des niveaux différents, ou par ablation de ganglions ventraux, l'adaptation chromatique continue à se produire normalement, bien que ces opérations soient suivies de paralysie et de mort rapide; mais, fait remarquable, l'ablation du ganglion sous-œsophagien ou simplement la section des commissures entre le cerveau et le ganglion sous-œsophagien entraîne une suppression de l'adaptation chromatique comparable à celle que l'on obtient après ablation du cerveau. Il n'est alors plus possible d'obtenir la migration des pigments en direction proximale, ni par les facteurs externes, ni par l'excitation électrique du cerveau, qui cependant est intact. C'est donc que le ganglion sous-œsophagien joue, comme le cerveau, un rôle important, dont la nature sécrétoire, ou plus probablement de contrôle nerveux, ne peut encore être précisée.

*Injections d'extraits. Implantations d'organes.* — L'emploi d'injections d'extraits et d'implantations d'organes permet de confirmer l'hypothèse d'une sécrétion hormonale localisée dans le cerveau. En effet, par greffe du cerveau ou par injection d'extrait de cerveaux on provoque un assombrissement maximum des animaux normaux, et également des animaux qui se trouvent en adaptation lumière permanente par ablation du cerveau ou du ganglion sous-œsophagien. Les extraits sont actifs à de faibles concentrations, telles que deux cerveaux par centimètre cube, soit 1/20 de cerveau injecté par individu; on obtient même des réactions en injectant simplement du liquide physiologique dans lequel les cerveaux ont été laissés à macérer. L'activité du cerveau est donc considérable. Le principe actif ne semble pas être sécrété dans la *pars intercerebralis*, car les extraits de *pars intercerebralis* seule, mêmes assez concentrés, ont une activité faible ou nulle. Les extraits de *corpora allata*, de lobes optiques, de ganglions frontaux, de muscles ne provoquent aucune réaction. Notons cependant que les implantats et les extraits de ganglions sous-œsophagiens, mais également de ganglions ventraux et de *corpora cardiaca* montrent une certaine activité, qu'il est actuellement difficile d'expliquer puisque l'ablation de ces derniers organes n'entraîne pas de répercussion sur l'adaptation chromatique.

Si l'on cherche à établir des rapprochements entre la substance active des insectes et celles d'autres groupes, on voit que les hormones pigmentaires de vertébrés, adrénaline et intermédine, sont sans effet sur le *Carausius*; par contre, l'hormone pigmentaire des crustacés semble très active. Les extraits de cerveaux de larves de Corèthres provoque l'assombrissement des Phasmes, tout comme les extraits de cerveaux de Phasmes provoquaient l'étalement des chromatophores des Corèthres (1) (2). La substance active

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 130-132.
(2) *Arch. de Zool. expér. et génér.*, 86, 1949, Notes et revues, 1.

est peut-être la même. Il est remarquable de constater que, chez ces deux insectes possédant une adaptation chromatique, les mécanismes physiologiques présentent de grandes analogies et que la sécrétion semble se faire dans l'un et l'autre cas au niveau du cerveau.

*Conclusion.* — L'hormone qui provoque la migration des pigments hypodermiques du Phasme en position d'obscurité semble sécrétée dans le cerveau. Ni les *corpora cardiaca-allata*, ni le système sympathique n'interviennent normalement dans l'adaptation chromatique, qui persiste également après interruption de la chaîne nerveuse ventrale. Mais il est indispensable, pour que cette sécrétion se produise, que le cerveau et le ganglion sous-œsophagien soient présents et que leurs connexions soient intactes. Ont-ils tous deux un rôle équivalent, ou est-ce le cerveau seul qui possède une fonction sécrétrice, inhibée lorsque les influx venant du ganglion sous-œsophagien sont interrompus ? C'est une question à laquelle on ne peut répondre encore actuellement.

BIOLOGIE. — *Sur la présence et le rôle de l'acide hyaluronique dans certaines glandes des Polychètes tubicoles.* Note de M. RENÉ DEFRETIN, transmise par M. Louis Fage.

La présence d'acide hyaluronique est montrée dans certaines glandes d'Annélides polychètes tubicoles; son absence est signalée chez *Phyllodoce laminosa*. L'acide hyaluronique semble être le facteur de durcissement des mucoprotéides constitutives des tubes.

Des recherches antérieures ([1]), ([2]) m'ont permis de déceler la présence d'acide glycuronique parmi les constituants du groupement prosthétique glucidique des mucoprotéides formant les tubes de divers Polychètes. J'ai été amené depuis à tenter d'identifier les acides uroniques dans les glandes à mucus.

Pour la démonstration histochimique de l'acide hyaluronique j'ai eu recours à la technique de Hale ([3]); le contrôle par la hyaluronidase, extraite des testicules du taureau, a été réalisé. Corrélativement la réaction métachromatique au bleu de toluidine, celle du mucicarmin, celles de Bauer, de Gomori pour les polysaccharides m'ont fourni d'utiles précisions sur les activités glandulaires.

Chez *Nereis irrorata* Malmgren, les petites glandes azurophiles et métachromatiques tégumentaires semblent dépourvues d'acide hyaluronique, tandis que les longs boyaux glandulaires, groupés sur le bord dorsal de la

([1]) *C. R. Soc. biol.*, 143, 1949, p. 1208.
([2]) *C. R. Soc. biol.*, Lille, 13 juillet 1950 (sous presse).
([3]) *Nature*, 157, 1946, p. 802.

rame dorsale du parapode, donnent une réaction positive particulièrement accusée. J'ai montré antérieurement ([4]) que ces dernières sont rebelles aux réactifs habituels des mucines. L'acide hyaluronique est également décelable dans les importantes masses pigmentées, riches en urates et débris pycnotiques, qui flottent dans le cœlome des Hétéronereis et j'en ai observé sous une forme diffuse dans le cytoplasme des ovocytes.

Chez l'Eunicide *Hyalinœcia tubicola* O. F. Muller, les segments antérieurs présentent des glandes volumineuses plongeant dans le cœlome et s'ouvrant au niveau des bourrelets latéraux ventraux. La réaction y est fortement positive dans certains éléments cellulaires, tandis que le reste de la glande ne présente aucune trace d'acide hyaluronique.

Chez le Maldanide *Leiochone clypeata* Saint-Joseph, de nombreuses petites glandes tégumentaires disséminées dans la ceinture glandulaire des segments antérieurs se colorent avec une intensité notoirement plus faible (toutes conditions techniques égales) que dans les espèces déjà citées. On sait que le tube de cette annélide, formé de grains de sable agglutinés, est particulièrement friable.

Les bourrelets glandulaires de *Petaloproctus terricola* Quatrefages, autre Maldanide, montrent des cellules mucifères fortement colorables par le ferrocyanure ferrique et surtout au voisinage des soies.

*Pectinaria* (*Lagis*) *Koreni* Malmgren, présente des cellules à réaction faiblement positive au niveau de ses épais bourrelets glandulaires et l'on observe des cellules particulièrement riches en acide hyaluronique dans la région située sous la lèvre inférieure. On sait, depuis les observations de Watson ([5]), que la Pectinaire forme son tube grâce à la sécrétion de ce « building organ ». La paire de glandes ovoïdes contenue dans les premiers segments est totalement dépourvue d'acide hyaluronique.

*Lanice conchilega* Pallas montre, au niveau de ses premiers segments, des bourrelets glandulaires à réaction positive; mais l'importante glande qui flotte dans la région antérieure offre une coloration dont l'intensité croît progressivement vers l'avant, pour atteindre son maximum dans la région céphalique.

Chez *Spirographis Spallanzanii* Viviani, les glandes du péristomium sont riches en acide hyaluronique tandis que les bourrelets glandulaires segmentaires ont une réaction plus discrète. L'important tissu de soutien, hyalin, d'aspect cartilagineux, que l'on trouve localisé dans la collerette et les premiers métamères, se colore avec uniformité par le ferrocyanure et témoigne d'une concentration faible mais constante en acide hyaluronique dans toute son étendue.

([4]) *Ann. Inst. Océan.*, **24**, 1949, p. 235.

([5]) *Trans. Liverpool Biol Soc.*, **42**, 1928, p. 25.

Chez *Myxicola infundibulum* Renier, dont le tube épais, translucide, mais consistant, se régénère si facilement, j'ai observé d'innombrables cellules glandulaires offrant une énergique réaction positive dans la couche épidermique.

J'ai recherché également si l'acide hyaluronique était présent dans les glandes à mucus de Polychètes ne formant pas de tubes. *Aricia Latreillii* Audouin et M. Edwards n'offre que de très rares cellules tégumentaires à réaction faiblement positive. *Phyllodoce laminosa* Savigny, dont la capacité de production de mucus est considérable, présente des cirres foliacés bourrés de glandes; celles-ci semblent totalement dépourvues d'acide hyaluronique.

Chez les espèces examinées les observations rassemblées montrent que l'acide hyaluronique n'est présent que dans certaines catégories glandulaires; on l'y trouve dans les zones participant à la confection des tubes. Or on sait que l'acide hyaluronique est responsable de la consistance du collagène, du cartilage, etc. L'absence de cet acide chez la *Phyllodoce* dont la mucine reste filante, sa présence discrète chez *Leiochone* à tube friable, sa particulière abondance chez diverses espèces à tube résistant me conduisent à admettre qu'il joue un rôle important dans la viscosité des mucoprotéides constitutives des tubes. L'acide hyaluronique peut être considéré comme le facteur de durcissement de ces mucines.

D'autres recherches sont en cours sur l'aspect cytologique de sa sécrétion, sur sa répartition comparée avec celle des polysaccharides et sur sa détection chez les Polychètes à tube calcaire.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Autotomie et régénération chez* Platynereis dumerilii (*Aud. et M. Edw.*). Note de M. **Jean Cresp**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'existence d'une véritable autotomie ne paraît pas avoir été signalée chez les *Nereis*. Les sections, les traumatismes, l'action d'agents toxiques, ne déclenchent pas de réaction autotomique chez *Platynereis dumerilii* (forme atoque, tubicole, hermaphrodite, protandrique de Marseille). Par contre, si l'on pince le corps entre le fond d'un récipient et la lame d'un instrument non tranchant, l'animal s'agite pour s'évader de cette prise et, après un temps plus ou moins long, se rompt brusquement, un segment avant le niveau du pincement, ou, plus rarement, deux ou trois segments en avant de ce niveau. Cette rupture représente une véritable autotomie, car elle est le résultat d'un processus actif de la part de l'animal et s'effectue toujours exactement *à la limite de deux segments*. L'occlusion de la plaie est immédiate, sans hémorragie ni hernie du tube digestif.

Cette autotomie est possible à tous les niveaux du corps jusqu'au 15[e] sétigère environ pour des individus de taille moyenne. On ne peut l'obtenir en avant de cette limite. Elle est possible à tous les âges, sauf chez des individus bourrés d'œufs à leur maximum de développement. On peut l'obtenir également dans des régénérats.

L'autotomie peut être répétée plusieurs fois sur le même individu, aussi bien dans le fragment antérieur en relation avec la tête que dans le fragment postérieur qui en est dépourvu. On peut l'obtenir aussi sur des individus décapités. Il s'agit donc d'un réflexe purement segmentaire, déclenché par une stimulation bien définie. Ce réflexe doit se réaliser sans doute dans les conditions de vie normales de l'individu, en cas d'écrasement accidentel de son tube. Très exceptionnellement cependant, j'ai pu observer une autotomie spontanée sur des individus excités par la manipulation.

Des résultats analogues ont été obtenus sur une autre espèce méditerranéenne, *Nereis costæ* (Grube).

La régénération postérieure de *Platynereis dumerilli*, qui se produit facilement après autotomie, s'observe également à la suite de sections pratiquées au rasoir, soit transversalement à l'intérieur des limites d'un segment, soit obliquement et intéressant plusieurs segments. J'ai comparé la chronologie des phénomènes dans les deux types de régénération, pour des animaux de même âge, sectionnés ou autotomisés au même niveau.

Dans tous les cas, la cicatrisation se réalise par une soudure de la paroi du corps avec le tube digestif, rétablissant un anus fonctionnel. La régénération débute toujours par l'apparition, en position ventrale par rapport à cet anus, des ébauches des deux urites du pygidium. Le pygidium achève sa différenciation et ses urites s'accroissent très notablement avant l'apparition de nouveaux sétigères. Le temps nécessaire pour atteindre ce premier stade de régénération est, pour des animaux sectionnés, sensiblement le double de ce qu'il est dans le cas d'animaux autotomisés. Le niveau de la section ou de l'autotomie n'influe pas sur la durée de cette première étape de la régénération. Passé ce stade, le bourgeonnement des sétigères s'effectue sensiblement à la même vitesse dans les deux cas.

La différence nette, à l'avantage des individus autotomisés, dans la durée de la première étape de la régénération (jusqu'à la différenciation du pygidium seul), est due très vraisemblablement à la facilité de la cicatrisation chez les animaux autotomisés. Cependant l'observation précise de la croissance des urites pygidiaux durant la phase de différenciation du pygidium semble indiquer aussi une différence dans l'activité de ce phénomène, à l'avantage des individus autotomisés.

Sur une section oblique, le pygidium se constitue aussi rapidement que sur une section transversale; mais les urites sont généralement asymé-

triques. Le bourgeonnement ultérieur complète les segments lésés par la section, avant de fournir de nouveaux sétigères.

En résumé, *Platynereis dumerilii* montre, en certaines circonstances, une véritable autotomie s'effectuant à la limite de deux segments. Des sections transversales ou obliques ne déclenchent pas cette autotomie. Ces sections sont l'origine d'une régénération qui, comparée à la régénération partant d'un niveau d'autotomie, est simplement retardée dans la phase de cicatrisation et de différenciation du pygidium.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle de l'épiderme d'un territoire de régénération chez un têtard d'Anoures,* Alytes obstetricans. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grasse.

Chez le têtard d'Anoures, à la période de développement où l'ébauche du membre postérieur est communément dénommée stade du « cône », la région du corps comportant cette ébauche ([1]), territoire pelvien, peut être, pratiquement, considérée comme formée de deux plans : superficiellement, l'épiderme; au-dessous, un espace lymphatique comportant différentes ébauches tissulaires, musculaires, en particulier, séparant l'enveloppe péritonéale de cet épiderme. L'ébauche du membre, entièrement extériorisée, n'est liée avec la peau que par sa base ([2]). Cette disposition anatomique permet d'isoler assez facilement le plan superficiel du territoire, la peau et l'ébauche qu'elle porte, d'une part, de l'ensemble sous-jacent, d'autre part.

Chez le têtard du Crapaud accoucheur, *Alytes obstetricans,* au stade défini précédemment, nous avons étudié le rôle de l'épiderme dans la régénération de l'ébauche du membre postérieur après son ablation totale. A cet effet, entre deux animaux du même âge, conservés dans des conditions identiques, l'épiderme du territoire pelvien de l'un et l'épiderme de la tête de l'autre ont été échangés.

Chez un têtard, dans la région pelvienne, la peau est découpée au pourtour de la base de l'ébauche à une distance égale à une fois et demie le diamètre de celle-ci. Ce disque de peau, avec l'ébauche en son centre, est détaché du corps en ayant soin de ne pas prélever, avec lui, des tissus sous-jacents. Sur la tête de l'autre têtard, un disque de peau de même grandeur est détaché. Ils sont greffés l'un à la place de l'autre. Quand la greffe est assurée, l'ébauche du membre du greffon, d'origine pelvienne, sur tête, est très largement supprimée; au centre du greffon, d'origine céphalique, en région pelvienne, une ouverture

([1]) Cette région régénère très aisément l'ébauche supprimée totalement, laquelle développe ultérieurement un membre normal.

([2]) En réalité, à l'intérieur de l'espace lymphatique, partant de la base de l'ébauche, une traînée de cellules indifférenciées forme une jonction avec les différentes ébauches de la région.

est pratiquée, de grandeur équivalente à celle faite par la suppression d'une ébauche supposée à cet emplacement. Par ailleurs, sur ce même animal, l'ébauche symétrique est supprimée à titre de témoin ([2]).

Sur 48 greffes pratiquées sur la tête, dans 44 cas, la peau du territoire pelvien n'a pas régénéré l'ébauche du membre. Seules des réactions épidermiques se sont manifestées. Elles comportent des boursouflures variées plus ou moins importantes qui, pour la plupart, disparaissent progressivement. Dans 4 cas, on observe la présence, sous la peau, d'une petite masse opaque correspondant à des tissus sous-jacents prélevés, en même temps, lors de la greffe. De ces 4 greffons, se développent 3 membres de latéralité conforme à celle de leur origine et normaux; le 4e présente des doigts incomplètement développés.

Sur 44 greffes de peau de tête en territoire pelvien, dans 35 cas, il y a régénération d'une ébauche qui se développe en un membre normal et un anormal. Les 8 autres cas ne donnent aucune régénération. Dans cette série d'expériences, le greffon de peau, lors de son implantation, est boursoufflé, détaché des tissus sous-jacents, il ne se modèle pas sur le creux pelvien, il n'en épouse la forme que progressivement. Ces particularités expliquent le retard constaté dans la régénération des ébauches eu égard aux témoins, il est en moyenne de 25 jours. Dans les 8 cas où la régénération ne se produit pas, le greffon reste relativement gonflé, des ouvertures répétées, en son centre, ne modifient pas la situation. Sous cette boursoufflure, remplie de lymphe, il n'y a pas accumulation d'éléments régénérateurs, comme le montre un examen histologique.

De cet ensemble, il se dégage que l'épiderme seul, du territoire pelvien, sur la tête, ne peut régénérer l'ébauche du membre. Cette régénération ne s'effectue qu'en présence de tissus sous-jacents qui, normalement, font partie du territoire. Une faible quantité de ceux-ci est suffisante, la totalité de la couche profonde du territoire n'est pas indispensable.

D'autre part, en situation pelvienne, le territoire comportant un épiderme étranger conserve le pouvoir de régénérer l'ébauche, mais il est nécessaire que ce nouvel épiderme entre en contact avec les plans plus profonds de la région. La reconstitution de la *forme* est, pour une part, conditionnée par une *régulation* préalable des *relations* entre les constituants du territoire. L'ensemble des tissus sous-jacents, qui sont dérivés du mésoderme de l'embryon, conservent de leur origine, chez le têtard, un potentiel morphogénétique prépondérant.

---

([2]) Accessoirement, nous signalons que, d'une part, la suppression de l'ébauche et, d'autre part, l'ouverture dans la peau de la tête sont aussi réalisées préalablement à l'échange des greffons. Les résultats ne se distinguent pas de ceux du mode expérimental précédent.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La croissance des régénérats au cours des deux derniers âges de la* phase larvaire *chez le Phasme* (Carausius morosus *Br.*). Note de M. **André Voy**, présentée par M. Pierre P. Grassé.

La variation de la croissance des régénérats conduit à partager le cycle des deux dernières intermues de la phase larvaire du Phasme en trois périodes successives : la 1^re^ permet la régénération, la 2^e^ la cicatrisation seulement; la 3^e^, marquée par l'absence d'activité morphogénétique, coïncide seule avec la 3^e^ phase du cycle déduit de la courbe de croissance pondérale.

L'amputation par autotomie, à la suture trochantéro-fémorale, des pattes antérieure et moyenne de *Carausius morosus* Br. a été provoquée par une section dans la portion distale du fémur. Presque toutes les interventions ont déterminé l'autotomie; les rares cas (2 %) où celle-ci n'a pas suivi la blessure, n'ont pas donné de régénérats à la mue suivante.

Les durées des deux derniers âges de la *phase larvaire* [d'environ 18 à 19 jours dans les conditions des expériences ([1])] n'étaient pas sensiblement modifiées par ces amputations. Celles-ci ont été pratiquées systématiquement de jour en jour au cours des 5^e^ âge (M 5-M 6) et 4^e^ âge (M 4-M 5) larvaires.

*Dernière intermue de la phase larvaire*, 5^e^ *âge* (M 5-M 6). — Les expériences ont porté sur une soixantaine d'individus.

1° Si l'amputation est faite moins de 5 jours avant la mue pré-imaginale (M 6), aucun régénérat n'apparaît au moment de celle-ci; le moignon montre une section seulement obturée par un caillot sanguin. Cette dernière période coïncide avec la 3^e^ phase du cycle déduit de la courbe de croissance pondérale ([2]).

2° Si l'amputation est pratiquée plus de 5 jours et moins de 9 à 10 jours avant cette même mue (M 6), celle-ci libère un moignon dont le trochanter légèrement réduit montre une cicatrice convexe sous laquelle paraît se former un blastème.

3° Si l'amputation a lieu moins de 8 à 9 jours après la mue M 5, la mue pré-imaginale (M 6) libère une patte de régénération atypique à tarse tétramère, d'autant plus longue que l'opération a été plus précoce, maxima si celle-ci suit immédiatement l'exuviation (M 5). Cette longueur s'annule brusquement dès le 9^e^ jour. Cette 1^re^ période du cycle, d'une durée de 8 jours pour une intermue de 18 à 19 jours, varie de 6 à 10 jours quand celle-ci passe de 14 à 32 jours. La limite entre la 1^re^ et la 2^e^ période se situe au milieu de la « phase de croissance pondérale » et n'influe pas sur son taux.

La comparaison des articles de la patte atypique à ceux de la patte normale symétrique permet d'apprécier la valeur de l'activité de la croissance des

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 351.

(2) *Ibid.*, **231**, 1959, p. 246.

régénérats. Les nombres trouvés, pour la patte antérieure, montrent, pendant toute cette 1re période, une réduction maxima dans le fémur et le tibia d'une part, dans l'article indivis (3e et 4e soudés) du tarse d'autre part (les articles restants de la patte, hanche, trochanter, marquent une réduction correspondant aux phénomènes de *morphallaxis* dont ils sont le siège); cette réduction ne se produit plus pendant la 3e période du cycle de l'intermue.

La fin de la 1re période correspond, comme dans le cas de l'intermue pré-imaginale (3), au début du décollement de l'ancienne endocuticule.

La 3e période du cycle paraît correspondre à la 2e période d'inactivité précédant le rejet de la carapace trouvée par Abeloos (4) chez *Carcinus*.

*Avant dernière intermue de la phase larvaire, 4e âge* (M 4-M 5).

Les amputations pratiquées dans des conditions identiques sur une cinquantaine d'individus ont conduit aux mêmes divisions du cycle de l'intermue. Les valeurs du pouvoir régénérateur, maxima et minima au début et à la fin de la 1re période, comparables à celles du 5e âge larvaire, sont cependant légèrement supérieures. Le « pouvoir régénérateur » semble donc diminuer à mesure que l'on se rapproche de la *phase pré-imaginale*, au cours de laquelle il devient très faible (quelques 1/100 de la patte normale). Cette variation quantitative du pouvoir régénérateur confirme la distinction de deux phases dans le développement post-embryonnaire.

Si le cycle de l'intermue pré-imaginale n'a pu être partagé qu'en deux périodes (2), cela tient à la très faible valeur du pouvoir régénérateur qui masque le passage de la 1re à la 2e période du cycle.

Pour les deux derniers âges de la *phase larvaire*, il existe donc une période de « *régénération initiale* » comparable quant à sa durée et sa puissance, terminée par un seuil critique, qui montre bien le caractère discontinu du pouvoir régénérateur.

TABLEAU.

| Articles. | Ha. | Tr. | Fm. | Tb. | Ta 1. | Ta 2. | Ta 3 et Ta 4 soudés. | Ta 5. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5e âge. | | | | | | | | |
| Régénér. maxima (%).... | 75 | 78 | 26 | 24 | 49 | 44 | 19 | 51 |
| » minima (%).... | 79 | 73 | 15 | 15 | 23 | 16 | 6 | 26 |
| 4e âge. | | | | | | | | |
| » maxima (%).... | 67 | 65 | 35 | 31 | 49 | 48 | 20 | 65 |
| » minima (%).... | 66 | 64 | 15 | 15 | 24 | 22 | 7 | 25 |

Valeurs maxima et minima du pouvoir régénérateur, pour la patte antérieure; 5e et 4e âges larvaires; base de référence : patte symétrique intacte. Ha, hanche; Tr, trochanter; Fm, fémur; Tb, tibia; Ta 1, Ta 2, Ta 3, Ta 4, Ta 5, 1er à 5e articles du tarse.

(3) *Ibid.*, **231**, 1950, p. 377.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1613.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Obtention enzymatique de peptones, protéolysats et autolysats dans des conditions pratiques éliminant les développements microbiens.* Note de MM. **André Beaune** et **Roger Periat**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le développement de micro-organismes entraînant, soit la production de phénomènes de putréfaction, soit, si la contamination est plus discrète, la formation de diverses substances toxiques ou pyrétogènes provenant de la dégradation des acides aminés, est un des obstacles rencontrés dans la réalisation pratique d'une hydrolyse enzymatique suffisamment poussée des matières protéiques. L'autolyse des tissus animaux se heurte à des difficultés de même ordre; le prélèvement aseptique des organes ne permet pas d'éliminer absolument le développement microbien.

De nombreux procédés ont été mis en œuvre dans le but de pallier en partie à ces inconvénients :

*a.* l'addition d'antiseptiques (chloroforme, toluène, fluorures, cyanures, etc.) aux milieux d'hydrolyse ou d'autolyse;

*b.* des conditions opératoires particulières; choix d'une température relativement élevée de digestion, moins favorable à la multiplication des micro-organismes;

*c.* des soins spéciaux apportés à la récolte des glandes ou à la préparation des agents d'hydrolyse.

Aucun de ces procédés ne fournit de résultats constants; certains présentent des inconvénients évidents.

Au cours de recherches scientifiques et techniques sur l'hydrolyse des matières protéiques, nous avons mis en œuvre une méthode qui permet d'assurer, dans des conditions satisfaisantes, les processus de digestion enzymatique des matières protéiques et des tissus animaux, en éliminant de façon pratiquement constante le développement des micro-organismes. Cette méthode réside dans l'addition au milieu de digestion, d'une association d'un antiseptique volatil (chloroforme ou toluène) et de deux antibiotiques : pénicilline et streptomycine [1]; cette association s'est révélée sans influence inhibitrice très sensible sur les processus enzymatiques; les doses utilisées varient avec la nature et la quantité de matières premières mises en œuvre, ainsi qu'avec la durée de digestion; l'expérimentation a montré la nécessité de l'emploi simultané des trois substances énumérées.

---

[1] Divers auteurs, en particulier Pires et coll. (*C. R. Biol.*, **143**, 1949, p. 1626), Gosse et Martin (*Presse Médicale*, 1950, p. 1270) ont utilisé soit la streptomycine seule, soit la streptomycine associée à la pénicilline, dans les cultures de tissus ou pour la survie de certains organes.

Nous avons préparé à l'aide de cette technique des peptones, des protéolysats, des autolysats.

Le mode opératoire utilisé est le suivant : on met à digérer en milieu aqueux la protéine, en présence de pancréas frais ou congelé ou bien de pancréatine, dans un récipient stérile à la température de 40°. Pour la préparation des autolysats on broie le tissu ou l'organe à traiter, et l'on dilue dans de l'eau ou du sérum physiologique. On ajoute au milieu du chloroforme : 2 à 4 ‰; de la pénicilline : 5000 à 10 000 U. O. ‰; de la streptomycine 5 à 10$^{cg}$ ‰. La durée de digestion est de 24 à 48 heures pour les peptones, 5 à 7 jours pour les protéolysats, 2 à 10 jours ou plus pour les autolysats. Après ébullition et filtration, les digestés sont concentrés et séchés.

L'hydrolyse pancréatique de la caséine effectuée suivant cette technique, conduit à l'obtention de protéolysats dont 72 % de l'azote est de l'azote aminé libre. Ce dernier est déterminé par la méthode de Sörensen [2].

Les peptones et les protéolysats obtenus se montrent sans action sur l'intestin isolé de cobaye et sur la pression artérielle du chien chloralosé, à la dose de 0$^{g}$,10 par kilogramme d'animal; les autolysats sont également dépourvus d'action sur l'intestin isolé du cobaye.

L'intérêt de la technique d'hydrolyse décrite est de permettre, grâce à l'élimination de tout développement microbien :

1° l'utilisation, comme agents d'hydrolyse, de préparations industrielles quelconques, ou d'organes animaux récoltés sans précautions spéciales et en particulier l'emploi d'organes congelés, ainsi que le prélèvement non aseptique des tissus destinés à l'autolyse;

2° la possibilité d'allonger la durée de la digestion et d'augmenter la quantité d'agent fermentaire, de telle sorte qu'on peut obtenir, dans certains cas, une hydrolyse très poussée des protéines (N aminé/N total ≐ 0,72).

3° l'obtention directe, sans purifications ultérieures dans la plupart des cas, de produits finaux (peptones, protéolysats, autolysats) caractérisés par : *a*. la constance de leur composition, spécialement une teneur fixe en acides aminés libres; *b*. leur pureté : ils sont en effet exempts de produits de dégradation des acides aminés provenant du métabolisme microbien.

Il devient dès lors possible d'étudier, en particulier du point de vue physiologique, pharmacodynamique et bactériologique, les propriétés des produits d'hydrolyse des protéines, sans être gêné par des substances inopportunes.

---

(2) Les données expérimentales détaillées se rapportant à la technique mise en œuvre, ainsi que les caractéristiques physico-chimiques et physiologiques des produits obtenus seront publiées dans des mémoires ultérieurs.

BACTÉRIOLOGIE. — *La lysogénéité, facteur qui conditionne l'appartenance des bacilles paratyphiques* B *aux différents types de Felix et Callow.* Note de MM. **Pierre Nicolle** et **Yves Hamon**, transmise par M. Émile Roubaud.

Parmi les types de *S. paratyphi* B déterminés par la méthode de Felix et Callow, nous avons trouvé 3 types non lysogènes et 7 lysogènes. Les types lysogènes ont pu être préparés artificiellement à partir de l'un ou l'autre des types non lysogènes par contamination avec les phages extraits des types lysogènes. Chacun des types non lysogènes apparaît donc comme le chef de file d'une famille de types.

On sait en quoi consiste la méthode de Felix et Callow pour la détermination de *Salmonella paratyphi* B au moyen des bactériophages. D'après ces auteurs, les bacilles paratyphiques B possèdent un antigène comparable à celui du Bacille typhique. Par adaptation de phages doués d'affinité spécifique pour cet antigène à différentes souches de *S. paratyphi* B, ils ont obtenu plusieurs préparations bactériophagiques qui lysent spécifiquement, chacune, un type de ce bacille. Les types actuellement connus sont au nombre de 10. Ce sont les types 1, 2, 3*a*, 3*a*1, 3*b*, B. A. O. R., Beccles, Taunton, Dundee et Jersey. Il faut y ajouter un groupe, le groupe Z qui comprend sans doute quelques types encore inconnus. Chaque type subit : 1° la lyse confluente [1] avec le phage homologue, et 2° des lyses partielles ou nulles avec les phages hétérologues, suivant un schéma à peu près constant.

La stabilité remarquable des types de *S. paratyphi* B confère à la méthode de détermination des types, ou *lysotypie* [2] un très grand intérêt épidémiologique.

Nous nous sommes demandé quelles pouvaient être les causes de cette diversité des types de bacilles en tous points identiques, par ailleurs, dans leurs caractères morphologiques, culturaux, biochimiques et sérologiques.

La très grande fréquence de la lysogénéité, dans cette espèce, nous a conduit à penser que la présence de phages, qui dans les conditions habituelles rendent les bacilles résistants, non seulement à leur propre action, mais aussi à celle de phages apparentés, intervenait peut-être pour déterminer les différences constatées dans la gamme de sensibilité aux bactériophages spécifiques des types. Plusieurs auteurs avaient, avant nous, effleuré ce problème, mais aucune étude systématique n'avait été entreprise.

Les résultats que nous avons obtenus par l'étude de la gamme d'activité et des propriétés sérologiques des phages extraits des souches lysogènes nous permettent d'affirmer que la lysogénéité est l'une des causes, certainement même la principale, qui conditionnent la diversité des types, chez *S. paratyphi* B. Nous avons vu, en effet, que ces bacilles se présentent, sous le rapport de la lysogénéité, dans plusieurs états. Pour un type donné, cet état est constant. Il est défini par : 1° l'absence ou la présence de pouvoir lysogène, 2° le nombre des phages présents, 3° la qualité de ces phages.

---

(1) Dans la couche bactérienne, sur gélose, les plages sont tellement rapprochées qu'on n'en distingue plus les limites. C'est la lyse confluente.

(2) P. Nicolle, A. Jude et R. Buttiaux, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 246.

Il y a donc des types non lysogènes : 1,3*a* et 3*b*. Il y a des types lysogènes à un phage : 2,3*a* (moins 3*b*) ([3]), 3*a* I (groupe B. 1305), B.A.O.R., et certaines souches du groupe Z. Il y a enfin des types lysogènes à 2 phages. Dans cette catégorie, l'un des phages peut être seul à compter pour l'appartenance au type. C'est le phage *déterminant* : 3*a* I (groupe B. 624) et Beccles. L'autre est *indifférent*. Ou bien, les 2 phages sont nécessaires : Taunton et Dundee.

La contre-épreuve du rôle déterminant des phages de lysogénéité dans l'appartenance aux divers types a été réalisée en infectant les trois types non lysogènes avec les phages extraits des types lysogènes. Nous avons ainsi obtenu : 1° des souches donnant à la lysotypie des schémas atypiques, et 2° des souches donnant les schémas des types naturels, A partir du type **1**, il a été possible de préparer le type **2** par l'action du phage extrait du type **2**; à partir du type **3** *a*, les types **3** *a* (moins **3** *b*) et **3** *a* I, par l'action des phages extraits des types homologues; à partir du type 3 *b*, les types B. A. O. R., Beccles, Taunton et Dundee, respectivement par l'action du phage extrait du type B. A. O. R., du phage primaire extrait du type Beccles, des phages primaires et secondaires extraits des types Taunton et Dundee.

Ces résultats nous montrent que les types lysogènes, du moins ceux que nous avons préparés artificiellement, peuvent être répartis en trois familles dont chacune a comme chef de file l'un des trois types non lysogènes.

Les types artificiels ainsi créés n'ont pas la stabilité des types naturels : sous l'effet du formol, ils perdent parfois leur lysogénéité et retrouvent en même temps la sensibilité de leurs types de base aux bactériophages de la lysotypie.

La lysogénéité, dans ses divers états, explique partiellement les différences de lysosensibilité présentées par les types lysogènes. Cependant elle n'explique pas l'existence des 3 types non lysogènes pour lesquels il faut admettre un facteur plus intimement bactérien.

MICROBIOLOGIE. — *Rôle régulateur de l'oxygène dans l'utilisation de l'azote nitrique par les bactéries aérobies strictes*. Note de M. **Maurice Lemoigne**, M^lle **Regina Tinelli** et M. **Paul Brechot**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les bacilles aérobies stricts qui peuvent, au contact de l'air, utiliser l'acide nitrique comme aliment azoté, sans dégagement d'azote, sont rangés en deux groupes ([1]). Les bactéries du premier groupe ne réduisent que la quantité de nitrate nécessaire à la synthèse de leurs protides (*Bacillus megatherium*). Leur développement dans un milieu où la source d'azote est uniquement nitrique,

---

([3]) Désignation provisoire d'un type nouveau que nous croyons avoir individualisé.

([1]) M. Lemoigne, R. Gavard, M. Croson et M. Le Treis, *Ann. I. P.*, 73, 1947, p. 725.

est impossible quand la tension de l'oxygène est trois fois supérieure à la tension de ce gaz dans l'air ([2]).

Dans l'autre groupe (*Bacillus subtilis*), dans les conditions habituelles de culture, l'attaque du nitrate dépasse grandement les besoins correspondant à la synthèse des protides. Le milieu s'enrichit en nitrites, qui disparaissent peu à peu et en ammoniaque qui s'accumule ([1]). L'équilibre entre la réduction du nitrate et la synthèse des protides, parfait avec *B. megatherium*, n'existe plus dans la cas de *B. subtilis*.

Nous avons recherché si, en augmentant l'aération des cultures de *B. subtilis*, on pouvait régulariser l'attaque des nitrates.

Les cultures sont faites à 30° en milieu minéral glucosé contenant 140$^{mg}$ d'azote nitrique par 100$^{cm^3}$ ([1]) et dans des conditions différentes d'aération. Les analyses sont faites avec des cultures en période de croissance.

| Essais. | Conditions d'aération. | | Milieu (cm³). | Age de la culture en heures. | N en mg pour 100$^{cm^3}$ : N – nitreux. | N ammoniacal. | N organique. | $N_r/N_p$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Boite de Roux de 1$^l$ | debout | 100 | 48 | 1 | 25 | 8 | 4,25 |
| 2. | | couchée | 100 | – | 2 | 30 | 16 | 3,00 |
| 3. | Erlenmeyer de 1$^l$ | agité | 100 | 21 | 17 | 60 | 34 | 3,26 |
| | | | | 45 | 0 | 87 | 49 | 2,77 |
| 4. | Ballons de 3$^l$ agités | dans air | 50 | 30 | 0 | 2 | 49 | 1,04 |
| 5. | | dans air | 50 | 24 | 0 | 8 | 51 | 1,16 |
| 6. | | dans $O_2$ (459$^{mm}$ Hg) | 50 | 144 | 0 | 0 | traces | – |
| 7. | | dans $O_2$ (612$^{mm}$ Hg) | 50 | 168 | aucune culture | | | – |

Quand l'aération est faible (essai 1), la culture est peu importante, mais la réduction est relativement grande; le rapport entre l'azote réduit et l'azote protéique ($N_r/N_p$) est supérieur à 4. Quand l'aération est meilleure (essai 3), le développement est très beau, mais il y a encore déséquilibre et la réduction du nitrate est plus importante qu'il n'est nécessaire ($N_r/N_p = 3$). Ce sont là les conditions habituelles de culture. Avec *B. megatherium* ce rapport est alors égal à 1. Quand l'aération devient plus intense (essais 4 et 5), le développement reste très beau, mais on ne trouve ni azote nitreux, ni azote ammoniacal en quantités appréciables. Nous avons vérifié que l'azote qui n'est pas transformé en azote protéique, reste à l'état nitrique. Le rapport $N_r/N_p$ tend vers 1.

Enfin quand on remplace l'air par l'oxygène, le développement est retardé et même complètement inhibé quand cette tension est quatre fois celle de l'oxygène dans l'air. P. P. Levine a montré que, sur bouillon de viande gélosé, *B. subtilis* peut parfaitement se développer en atmosphère d'oxygène ([3]). C'est

([2]) M. Lemoigne, M. Croson et M. Le Treis, *Ann. I. P.*, 73, 1947, p. 207.

([3]) P. P. Levine, *J. of Bact.*, 31, 1936, p. 151.

donc bien, comme dans le cas de *B. megatherium*, l'utilisation du nitrate qui est inhibée par l'oxygène.

Ce gaz, outre son rôle d'accepteur d'hydrogène qui pour ces bactéries strictes est capital, agit comme régulateur de la formation ou du fonctionnement du système réduisant l'acide nitrique, aussi bien dans le cas de *B. subtilis* que dans celui de *B. megatherium*. Les différences ne sont que quantitatives. Cependant, des essais sur la réduction des nitrates en acide nitreux en anaérobiose, nous font penser que le rôle direct de l'oxygène dans le mécanisme de cet équilibre n'est pas exclusif.

SÉROLOGIE. — *La stabilité des protéides d'un sérum sanguin dépend de sa teneur en alexine.* Note de MM. **Maurice Doladilhe, Pierre Legrand, Marcel Mazille** et **Charles Tourneur**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'alexine n'est pas uniquement douée d'une fonction biologique; elle stabilise, en effet, les protéides du sérum sanguin contre l'action déséquilibrante des agents précipitants. Ce n'est que lorsque l'alexine a disparu complètement que la fraction des protéides justiciable de ces agents précipitants présente le maximum de sensibilité à leur action déséquilibrante.

Il y a-t-il une relation de cause à effet entre la teneur en alexine d'un sérum sanguin et la stabilité de ses protéides c'est-à-dire leur degré de résistance à l'action déséquilibrante des agents de fractionnement? c'est le problème imprévu (1) que certaines de nos observations (2) nous ont conduits à poser.

Nous avons opéré sur les sérums sanguins de l'Homme et de quelques animaux (Bœuf, Cheval, Lapin, Cobaye), et utilisé trois agents de fractionnement : le sulfate d'ammonium, le chlorure de plomb (3) et la dialyso-électrolyse (4).

Une première série d'expériences a été conduite comme il suit. Dès sa sortie de l'organisme le sang est maintenu à 0° le temps nécessaire à la coagulation du caillot et à sa rétractation (3 heures, environ). Recueilli par centrifugation à grande vitesse, le sérum est réparti en trois échantillons A, B, C. A et B vont servir à des expériences quasi immédiates, C à des expériences s'étageant, au contraire, dans le temps. On maintient A et C à 0°; A n'y restera que 30 minutes, temps suffisant pour que B porté à 55° perde la totalité de son alexine; C y restera un laps de temps suffisant (quelques jours) pour que toute son alexine « s'évapore ». Au cours de ce vieillissement il subira, à des inter-

(1) M. Doladilhe et M. Mazille, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 752.
(2) M. Doladilhe, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1439.
(3) M. Doladilhe et P. Legrand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1383.
(4) M. Mazille, *Thèse docteur ès Sciences*, Montpellier, 1944.

valles de temps croissants, l'épreuve de précipitation en même temps que sera évaluée sa teneur en alexine. Immédiatement après l'inactivation de B, A et B sont éprouvés par l'un ou l'autre des agents précipitants cités plus haut suivant la technique des méthodes de fractionnement auxquelles ils ont donné naissance. Les résultats sont nets et toujours les mêmes, A est remarquablement stable et ne *précipite pas;* B au contraire *précipite instantanément;* quant à la stabilité de C elle diminue à mesure que décroît sa teneur en alexine. Les méthodes de fractionnement par le chlorure de plomb et la dialysoélectrolyse vont nous permettre de préciser ces résultats parce que la fraction des protéides précipitables par ces deux agents au lieu de comprendre, comme pour le sulfate d'ammonium ou les autres agents précipitants, la presque totalité de la globuline, en comprend, au contraire, l'*exacte totalité.* Nous savons que les propriétés anaphylactiques du sérum sanguin sont l'apanage de sa globuline à l'exclusion de l'albumine purifiée qui est anaphylactiquement inerte ([5]).

On pourra donc, par l'analyse anaphylactique du surnageant, vérifier s'il y reste (*choc*) ou non (*pas de choc*) de la globuline et déterminer ainsi d'une façon précise si c'est bien à partir du moment où il n'y a plus d'alexine que la globuline est précipitée en totalité.

Le tableau donne un exemple de ces recherches pour un sérum humain fractionné par dialyso-électrolyse. Les teneurs en alexine sont évaluées, en valeur relative, par la durée d'hémolyse, par $0^{cm^3},1$ du sérum, de $1^{cm^3}$ d'une suspension à 5 % dans l'eau physiologique de globules rouges sensibilisés de Mouton. L'analyse anaphylactique du surnageant est faite, chez le Cobaye, par notre technique habituelle (sensibilisation par voie intra-péritonéale, injection d'épreuve par voie intra-cardiaque).

Le sérum sanguin est :

| | Inactivé par chauffage. | Vieilli à 0° pendant 12 h. | 24 h. | 48 h. | 72 h. |
|---|---|---|---|---|---|
| Durée d'hémolyse | pas d'hémolyse | 45 min | 60 min | 2 h 30 min | pas d'hémolyse |
| Réaction anaphylactique. | pas de choc | choc mortel | choc mortel | choc avec survie | pas de choc |

Ces résultats montrent qu'il y a bien une relation de cause à effet entre la teneur en alexine et la résistance des protéides sériques aux agents précipitants et permettent de préciser l'action physicochimique de l'alexine au sein du sérum. *In vivo* l'alexine assure la stabilité des protéides à la manière d'un ciment qui maintient la stabilité d'un édifice; *in vitro* cette action stabilisante disparaît avec elle.

Les méthodes de fractionnement des protéides sériques ne tiennent pas

([5]) Doladilhe, Mazille et Legrand, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1008.

compte de la teneur en alexine du sérum sanguin. On comprend, à la lueur de ces expériences, que si l'on ne prend pas la précaution de *détruire immédiatement l'alexine par chauffage à* 55°, la fraction pondérale des protéides précipitables qui sera déséquilibrée dépendra de la teneur en alexine de ce sérum au moment de l'expérience.

C'est ainsi que Mme Roche (6) constatant des variations pondérales sensibles mais inexplicables de la globuline précipitée par le sulfate d'ammonium, écrit en 1936 : « le rapport albumine-globuline habituellement utilisé en clinique ne saurait avoir d'autre signification que celle d'un indice et non la valeur absolue qui lui est, en général, attribuée ».

M. Francis Tayeau et Mme Micheline Florentin-Martin (7) signalent, en 1945, qu'en diluant préalablement le sérum et en ajustant son pH à 5,7, on obtient la précipitation de la totalité de la globuline précipitable par le sulfate d'ammonium, et qu'on peut ainsi conserver au rapport albumine-globuline la valeur absolue que les médecins lui attribuent.

Ces résultats s'expliquent du fait que la dilution et l'acidification combinées détruisent très rapidement l'alexine.

La séance est levée à 16h.

L. B.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 3 janvier 1951.)

Note présentée le 18 décembre 1950, de MM. *Henri Guérin* et *Robert Boulitrop*, Sur les arséniates mercureux et mercuriques :

Page 67, 18e ligne, *au lieu de* Il se forme de l'anhydride arsénieux, du mercure et de l'eau, l'action de ce gaz se limitant..., *lire* Il se forme de l'anhydride arsénieux, du mercure et de l'eau. L'oxyde de carbone ne réduit pas ces sels, l'action de ce gaz se limitant à abaisser la température de leur pyrolyse en arséniates mercuriques à 250°.

(*Comptes rendus* du 15 janvier 1951.)

Note présentée le 8 janvier 1951, dè M. *Maurice Roseau*, Sur les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage :

Page 212, bas de la page, dans la formule, *au lieu de* $(-u^2)^{\frac{\pi}{\alpha 2}}$, *lire* $(-u^2)^{\frac{\pi}{2\alpha}}$.

---

(7) *Bull. Soc. Chimie Biol.*, **27**, 1945, p. 315.
(6) *C. R. Boc. Biol.*, **121**, 1936, p. 1022.

(*Comptes rendus* du 22 janvier 1951.)

Note présentée le 15 janvier 1951, de M. *Maurice Roseau,* Sur les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage :

Page 305, 10e ligne, *au lieu de* $f^{n}$ et $f^{-n1)}$, *lire* $f^{(n)}$ et $f^{(n-1)}$.

» 14e ligne, *au lieu de* $i$ est un zéro, *lire* $-i$ est un zéro.

» 306, 5e ligne, *au lieu de*

$$-e^{\gamma}\int_{1}^{+\infty} e^{-t}K_0\left(k\sqrt{x^2+t^2}\right)dt,$$

*lire*

$$-e^{\gamma}\int_{\gamma}^{+\infty} e^{-t}K_0\left(k\sqrt{x^2+t^2}\right)dt.$$

(*Comptes rendus* du 29 janvier 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Marcel Laporte,* Mme *Odette Roehrich-Goussu* et M. *Jacques Déjean,* Application des lampes à éclairs lumière blanche : Ciné-micrographie par instantanés rapides en microscopie ordinaire et en microscopie à contraste de phase :

Page 394, 3e ligne, *au lieu de* Mme Odette Roerich-Goussu, *lire* Mme Odette Roehrich-Goussu.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 5 MARS 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une expression de la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

La fonction $\zeta(\sigma+it)$ de Riemann est la limite dans le champ $0<\sigma<1$ d'une intégrale définie dépendant d'un entier positif $p$ et dont le coefficient différentiel, non borné, progresse géométriquement en module quand $p$ croît.

Posons, selon les notations usuelles dans cette théorie, $z=x+iy$, $s=\sigma+it$, les quatre nombres $x$, $y$, $\sigma$, $t$ étant réels. Désignons par C le contour décrit par $z:(+\infty+i.0, \varepsilon)$, $|z|=\varepsilon$ de $\varepsilon$ à $\varepsilon$ dans le sens rétrograde, $(\varepsilon, +\infty+i.0)$, les deux traits extrêmes étant rectilignes, avec

$$0 \leqq \arg z \leqq 2\pi, \qquad x^s = x^\sigma(\cos t \log x + i \sin t \log x),$$

le logarithme étant réel, avec $x>0$, et $z^s=x^s$ sur le bord supérieur du demi-axe réel positif, $z^s=x^s e^{2i\pi s}$ sur le bord inférieur. La fonction $\zeta(s)$ définie quel que soit $s\neq 1$ par

$$(1) \qquad \zeta(s)=\frac{1}{(1-e^{2i\pi s})\Gamma(s)}\int_C \frac{z^{s-1}}{e^z-1}\,dz$$

vaut, pour $\sigma>1$,

$$(2) \qquad \zeta(s)=\sum_{n\geq 1}\frac{1}{n^s}$$

et

$$(3) \qquad \zeta(s)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{e^x-1}\,dx.$$

Posons

$$g(z)=1-\frac{1-e^{-z}}{z}$$

et, $p$ étant pour $g^p(z)$ un exposant entier positif,

$$h_p(z) = \frac{1 - g^p(z)}{e^z - 1},$$

puis, quel que soit $s \neq 1$,

$$(4) \qquad I_p(s) = \frac{1}{(1 - e^{2i\pi s})\Gamma(s)} \int_C z^{s-1} h_p(z)\, dz,$$

qui, pour $\sigma > 1$, vaut

$$(5) \qquad I_p(s) = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty x^{s-1} h_p(x)\, dx;$$

enfin, quel que soit $s$,

$$B_p(s) = \frac{1}{(1 - e^{2i\pi s})\Gamma(s)} \int_C \frac{z^{s-1} g^p(z)}{e^z - 1}\, dz$$

qui, pour $p + \sigma > 1$, vaut

$$B_p(s) = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \frac{x^{s-1} g^p(x)}{e^x - 1}\, dx.$$

$B_p(s)$ tend vers zéro quand, $s$ étant fixe, l'entier positif $p$ croît. Et, dans ces conditions, quel que soit $s$, $\zeta(s) = \lim\limits_{p\,\infty} I_p(s)$. Nous avons tiré de là [1] une expression de $\zeta(s) = \lim\limits_{p\,\infty} \sum\limits_{k=1}^{k=p} \sum\limits_{m=k}^{m=p} \gamma_{p,k,m} k^{m-s}$ valable dans tout le plan des $s$, les $\gamma_{p,k,m}$ étant des fonctions rationnelles de $s$.

Donnant à $p$ une valeur provisoirement invariable, considérons l'expression (5) de $I_p(s)$, valable pour $\sigma > 1$. Nous observons que la fonction $h_p(z)$ n'a d'autre singularité à distance finie que le pôle $z = 1$. Donc si A est un nombre positif quelconque, l'intégrale $I_p(s)$ équivaut ($\sigma > 1$) à

$$\frac{1}{\Gamma(s)} \left( \int_0^{Ai} + \int_{Ai}^{+\infty + Ai} \right) z^{s-1} h_p(z)\, dz,$$

les deux chemins d'intégration étant rectilignes. Prenons d'abord pour A la valeur particulière $(2m + 1)\pi i$ pour laquelle, dans la seconde intégrale

$$h_p(z) = \frac{1 - \left(1 - \dfrac{2}{x + (2m+1)i\pi}\right)^p}{-e^x - 1} \sim - \frac{2p}{(x + 2mi\pi)(e^x + 1)} \qquad (m \text{ croissant}),$$

avec $dz = dx$. Cette seconde intégrale tend vers 0 quand $m$ croît, sous la seule condition $\sigma < 2$. Donc, pour $1 < \sigma < 2$,

$$I_p(s) = \frac{e^{i\pi\frac{s}{2}}}{\Gamma(s)} \lim_{m\,\infty} \int_0^{(2m+1)i\pi} \frac{y^{s-1}}{e^{iy} - 1} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1 - e^{-iy}}{iy} \right)^p \right] dy.$$

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 365-368.

Mais, quand $y$ croît indéfiniment, le coefficient différentiel équivaut à $-iy^{s-2}pe^{-iy}$. Donc, pour $1<\sigma<2$ et vis-à-vis de la limite supérieure, l'intégrale $I_p(s)$ converge pour $\sigma<2$. Donc pour $1<\sigma<2$,

$$e^{-i\pi\frac{s}{2}}I_p(s)=\frac{1}{\Gamma(s)}\int_0^{\infty} y^{s-1}\,dy\,\frac{1-g^p(iy)}{e^{iy}-1}.$$

Supposons $s$ réel compris entre 1 et 2, et prenons les parties réelles des deux membres :

$$(6)\qquad \cos\frac{\pi s}{2}\,\Gamma(s)\,I_p(s)=\int_0^{\infty} y^{s-1}\left[\frac{1}{2}-\mathcal{R}\frac{g^p(iy)}{e^{iy}-1}\right]dy.$$

Maintenant, vis-à-vis de sa limite inférieure, l'intégrale converge pour $\sigma>0$. Donc l'identité (6) ayant lieu quel que soit $s$ réel entre 1 et 2, vaut aussi dans le champ $0<\sigma<2$ où les deux membres sont holomorphes. Finalement, toujours pour $0<\sigma<2$, cette expression de $I_p(s)$ tendra vers $\zeta(s)$. Posons

$$\rho\cos\theta+i\rho\sin\theta=g(iy)=1-\frac{\sin y}{y}+i\frac{1-\cos y}{y}$$

avec $\rho>0$ pour $y>0$ et $0\leqq\theta<\pi/2$; puis

$$\lambda_p(y)=\frac{\rho^p}{2\sin\frac{y}{2}}\sin\left(p\theta-\frac{y}{2}\right).$$

Nous trouvons

$$\cos\frac{\pi}{2}s\,\Gamma(s)\,\zeta(s)=\lim_{p\infty}\int_0^{\infty} y^{s-1}\left[\frac{1}{2}-\lambda_p(y)\right]dy\qquad(0<\sigma<2).$$

Le premier membre vaut $2^{s-1}\zeta(1-s)$, ce qui se démontre d'une façon très naturelle en transformant comme nous l'avons fait pour $I_p(s)$ l'intégrale (3) (avec $\sigma>1$), sauf à éviter par des demi-cercles infiniment petits tracés du côté des $x$ positifs les zéros $2mi\pi$ $(m\geqq 1)$ de $e^z-1$.

Ainsi, pour $0<\sigma<1$,

$$(7)\qquad \zeta(s)=2^s\lim_{p\infty}\int_0^{\infty} y^{-s}\left[\frac{1}{2}-\lambda_p(y)\right]dy\qquad(0<\sigma<1).$$

Si $p$ est fixe, $\lambda_p(y)$ est, pour $y$ infiniment petit, de l'ordre de $y^p$ ou de $y^{p+1}$; si $y$ est infiniment grand, $1/2-\lambda_p(y)$ équivaut à $-p(\sin y)/y$.

Avec $m$ entier non négatif et $0\leqq u<2\pi$, soit $y=2m\pi+u$. Alors

$$e^{iy}-1=e^{iu}-1$$

et

$$g(iy)=1-\frac{\sin u}{2m\pi+u}+i\frac{1-\cos u}{2m\pi+u}=\rho_m(\cos\theta_m+i\sin\theta_m),$$

$\rho_m$ et $\theta_m$ $(0\leqq\theta_m<\pi/2)$ étant des fonctions de $u$ et de l'entier $m$. Soient $y_m$

et $\omega_m$ ($0 < \omega_m < \pi/2$) les nombres définis par

$$y_m = (2m+1)\pi - \omega_m = \operatorname{tg}\frac{y_m}{2} = \operatorname{cotg}\frac{\omega_m}{2}.$$

Pour $2m\pi < y < y_m$, $\rho_m(u) < 1$ et $\lambda_p(y)$ tend vers zéro quand $p$ croît.

Pour $(y_m < y < 2m+1)\pi$, $\rho_m(u) > 1$ et $\lambda_p(y)$ a des oscillations infiniment grandes quand $p$ croît. Posons

$$(2m\pi + u)^{-\sigma}\cos t\log(2m\pi + u) = \varphi_m(\sigma, t, u),$$

$$(2m\pi + u)^{-\sigma}\sin t\log(2m\pi + u) = \psi_m(\sigma, t, u);$$

$$\frac{1}{2} - \frac{\rho_m^p}{2\sin\frac{u}{2}}\sin\left(p\theta_m - \frac{u}{2}\right) = \frac{1}{2} - \lambda_p(2m\pi + u) = \chi_{m,p}(u);$$

$$U_{m,p}(\sigma, t) = \int_{\pi-\omega_m}^{2\pi} \varphi_m(\sigma, t, u)\chi_{m,p}(u)\,du,$$

$$V_{m,p}(\sigma, t) = \int_{\pi-\omega_m}^{2\pi} \psi_m(\sigma, t, u)\chi_{m,p}(u)\,du;$$

$$H_p(\sigma, t) = \sum_m U_{m,p}(\sigma, t), \qquad K_p(\sigma, t) = \sum_m V_{m,p}(\sigma, t).$$

Donc $2^{-s}\zeta(s) = \lim_{p=\infty}[H_p(\sigma, t) + iK_p(\sigma, t)]$.

Quand $\zeta(s) = 0$ avec $0 < \sigma < 1$, chacun des quatre nombres $H_p(\sigma, t)$, $H_p(1-\sigma, t)$, $K_p(\sigma, t)$, $K_p(1-\sigma, t)$ doit tendre vers zéro quand $p$ croît. Si l'on savait analyser suffisamment par quel mécanisme se compensent les oscillations de $\chi_{m,p}(u)$, croissantes en progression géométrique relativement à $p$ pour toute valeur invariable de $m$, peut-être découvrirait-on la raison pour laquelle quand $\sigma \neq 1/2$, les quatre nombres précédents ne peuvent pas tous simultanément tendre vers zéro, ce qui est la célèbre hypothèse de Riemann.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence d'une forêt vierge sèche sur de grandes étendues aux confins des bassins de l'Oubangui, du Haut-Chari et du Nil (Bahr-el-Ghazal).* Note de M. **Auguste Chevalier**.

J'ai fait connaître dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, il y a une cinquantaine d'années, les divers aspects de la végétation en Afrique tropicale.

On observe du Nord au Sud, au delà du désert du Sahara, successivement :

1° *la zone sahélienne* avec ses steppes arides, des touffes d'herbes distantes les unes des autres, et çà et là des buissons d'arbustes et de petits arbres épineux;

2° *la zone soudanaise* avec la végétation d'arbres épars, plus ou moins distants, ayant l'aspect d'un parc et entre ces arbres des bosquets enlacés de lianes, des savanes de hautes herbes (surtout des Graminées vivaces) qui croissent pendant la saison des pluies, se

dessèchent en saison sèche et deviennent ensuite presque partout la proie des feux de brousse;

3° *la zone guinéenne* avec des peuplements forestiers ordinairement plus épais et plus hauts et des galeries forestières épaisses le long des rivières. Les hautes herbes existent dans les savanes et elles sont brûlées aussi par les feux de brousse à la saison sèche. Les arbres des galeries sont souvent des reliques de la forêt dense qui a dû s'étendre il y a quelques siècles bien plus au Sud;

4° *la grande forêt dense équatoriale*, nommée à tort forêt vierge, qui s'étend sur de grandes étendues, avec de rares interruptions sur la zone équatoriale.

Jusqu'en 1907, j'avais cru que la végétation de ces diverses zones était naturelle et primaire. C'était aussi l'opinion du botaniste G. Schweinfurth qui avait traversé les mêmes zones, plus à l'Est, dans le bassin du Nil en 1868-1870. Pour lui la forêt-parc soudanaise était une formation primitive.

En 1905-1907 en parcourant en divers sens la forêt dense de la Côte d'Ivoire, je constatai que cette forêt n'était pas vierge : elle avait été défrichée presque partout autrefois par les Africains qui ne laissent que quelques arbres; puis une végétation de sous-bois (forêt secondaire) se reconstitue à la longue et sera défrichée de nouveau après 15, 20, 30, 50 années d'attente. La forêt primitive intacte n'existe que sur les terrains marécageux ou rocailleux incultivables ou dans les régions (notamment entre Sassandra et Cavally) où il n'existe presque pas de populations.

Par la suite, en visitant les zones guinéenne et soudanaise, je constatai que comme dans la forêt dense, la végétation primitive de ces zones avait disparu presque partout, sauf là où existent des plateaux de carapace latéritique ou des collines rocheuses à végétation pauvre. Partout ailleurs le terrain a été défriché des centaines de fois; le feu de brousse a sévi presque chaque année. Ce sont presque partout des jachères à révolutions plus ou moins longues. On continue à les défricher périodiquement lorsque la fertilité du sol s'est reconstituée.

Je pensais jusqu'à ces derniers temps que la forêt sèche primitive (zones soudanaise et guinéenne) avait complètement disparu. Seul A. Aubréville, dans son ouvrage *Flore forestière soudano-guinéenne* publié l'an dernier, a signalé, (p. 306), à propos des peuplements d'*Afrormosia* dans le Nord-Cameroun et dans l'Oubangui-Chari, des traces de forêts denses sèches soudano-guinéennes.

Je viens de constater que la forêt dense sèche, absolument primitive, existe encore à l'Est de l'Oubangui et du Haut-Chari, notamment entre Bria et Ndélé (bassins de la Haute-Kotto et du Haut-Chari). Je viens de traverser ces forêts sur d'immenses étendues. Elles diffèrent complètement des forêts-parcs de G. Schweinfurth.

Les arbres, distants de 4 à 5$^m$ seulement les uns des autres, sont très

rapprochés. Ils s'élèvent à 10 ou 15$^{m}$ seulement; les fûts n'ont que 30 à 50$^{cm}$ de diamètre au maximum; les branches se rejoignent et sont feuillées presque toute l'année. Chez certains les feuilles tombent avant la fin de la saison des pluies et les jeunes feuilles reparaissent aussitôt. Dès janvier un ombrage domine le sol, aussi il n'y a ni mousses, ni fougères, ni herbes sur la terre couverte d'un peu d'humus, mais quelques rejets d'arbres au ras du sol, de sorte que le feu de brousse, s'il est allumé, ne trouve pas d'aliments.

L'*Imperata cylindrica*, Graminée à rhizomes, qui pullule dans les jachères soudanaises et se montre très nuisible à l'agriculture, n'existe pas dans ces forêts; les *Andropogon* sont rares. Pas de lianes ni de Loranthacées parentes si communes dans la jachère de la forêt-parc. Des végétaux antiques, une espèce Cycadée du genre encéphalartos, et une Gnétacée liane se voient çà et là. J'ai compté une centaine d'espèces ligneuses dans la forêt vierge sèche. Il en existe sans doute beaucoup d'autres, car bien des reliques ont pu subsister dans ces forêts non saccagées par le feu et par l'homme. Certains arbres ou arbustes de la forêt sèche forment parfois des peuplements grégaires. Citons comme étant dans ce cas : *Anogeissus Schimperi*, *Monotes Dalzielii*, *Isoberlinia doka* et *I. Dalzielii*, des *Uapaca* sans racines-échasses.

Cette forêt vierge est restée intacte parce qu'il n'existe pas d'habitants sur d'immenses étendues. On évalue la densité de la population entre Ndélé, la Haute-Kotto et la frontière du Soudan Anglo-Egyptien à moins d'un demi-habitant au kilomètre carré. Il est essentiellement désirable qu'une grande partie de cette forêt remarquable soit mise en réserve naturelle intégrale et annexée au Parc national projeté aux environs de Ndélé, et dont les protagonistes n'ont en vue jusqu'à présent que la protection des grands mammifères sauvages. Il existe aussi à l'Est de Ndélé d'autres richesses naturelles tout aussi intéressantes à protéger au plus tôt. Il y existe non seulement la forêt vierge que nous signalons ici, mais aussi des sites remarquables : cascades, grottes et cavernes, marmites de géants, montagnes pittoresques dont les points culminants atteignent 1 400 et 1 500$^{m}$ d'altitude. L'étude géologique et minéralogique de ce pays par des géologues compétents est à faire et peut réserver des surprises. La flore et la faune de la région montagneuse sont aussi totalement inconnues.

Dans les hautes vallées des rivières qui prennent leurs sources dans la région montagneuse, existent des galeries forestières également vierges avec souvent de grands arbres reliques et un sous-bois qui est à étudier. C'est dans ces sous-bois que nous avons découvert en 1903, aux environs de Ndélé, le *Coffea excelsa*, aujourd'hui cultivé dans les principales régions caféières du globe. Il croît encore à l'état sauvage dans les galeries de la région, mais n'existe que là. La culture de cette espèce a disparu des environs de Bangui parce que ce caféier a été exterminé par une trachéomycose

dont l'évolution a été étudiée par MM. Roger Heim et Ath. Saccas. Cette maladie a sévi parce que ce caféier était cultivé dans des conditions complètement différentes de celles où il vit à l'état spontané. Nous reviendrons bientôt sur les conditions qui lui conviennent pour que sa culture puisse prospérer.

Pour les diverses raisons que nous venons d'exposer, il est très souhaitable qu'une grande réserve intégrale soit créée non seulement aux environs de Ndélé, mais plus à l'Est jusqu'aux confins du bassin du Nil et que la France constitue au plus tôt dans cette région un Parc national digne de ce nom.

## GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les transformations de contact réelles.*

Note de M. **Georges Bouligand.**

Les notions de *contingent*, *paratingent* (ctg, ptg) font distinguer en théorie des *transformations de contact* (TC) deux sortes d'*éléments de contact d'ordre* 2 ($E^2$), ceux qui sont *ordinaires* ($E^2_\omega$) et ceux qui sont *critiques* ($E^2_\gamma$). La présente Note explicite le rôle des $E^2_\gamma$ : incidemment, est appliqué un cas élargi de réalité des racines de l'équation aux valeurs propres. Propriétés dualistiques.

1. En posant $\mathbf{OM} = \mathcal{T}(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n)$ où $\mathcal{T}$, opérateur continûment dérivable d'ordre 1, donne un vecteur de l'espace décrit par le point $m(x_1, \ldots, x_n, z)$, on obtient une correspondance telle que si $m$ décrit une $n$-surface $z = \varphi(x_1, \ldots, x_n)$ où $\varphi$ a des dérivées secondes continues, M décrit une image dont le $n$-plan tangent est déterminé, sauf exception, par les $n$ vecteurs

$$\mathbf{V}_i = \mathrm{M}_{x_i} + p_i \mathrm{M}_z + p_{i1} \mathrm{M}_{p_1} + \ldots + p_{in} \mathrm{M}_{p_n} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Pour que $\mathcal{T}$ donne une TC, il faut que $n$ des vecteurs $\mathrm{M}_{x_i} + p_i \mathrm{M}_z$; $\mathrm{M}_{p_j}$ se réduisent à des combinaisons linéaires des $n$ autres, avec coefficients fonctions de l'élément $(m; p_i)$; d'où une réduction des $\mathbf{V}_i$ à la même base. Si la matrice utilisée alors est de rang $< n$, on dira que $(m; p_h; p_{ij})$ est un $E^2_\gamma$ pour $\mathcal{T}$. En cas de rang $n$, on aura un $E^2_\omega$.

On trouve aisément les $E^2_\gamma$ quand $\mathcal{T}$ est somme géométrique de **Om** et d'un opérateur $l\tau$, où $\tau$ est une fonction vectorielle de $(m; p_i)$ conduisant à une TC quel que soit le coefficient $l$ (¹). Moyennant dérivabilité d'ordre 2 de $\tau$, la solution du système aux dérivées partielles régissant ses composantes est

$$\tau^i = \mathrm{K} x_i + \theta_{p_i} (i = 1, 2, \ldots, n) \qquad \text{et} \qquad \tau^{n+1} = \mathrm{K} z + p_1 \theta_{p_1} + \ldots + p_n \theta_{p_n} - \theta,$$

avec $\theta$, fonction bidérivable quelconque des $p_i$ : ce qui conserve la direction du

(¹) D'où, en composant avec une TC fixe la $\mathcal{T}_l$ ainsi obtenue, la forme générale des TC en dépendance linéaire de $l$.

plan tangent. Dans ce parallélisme généralisé, un élément $(m; p_h; p_{ij})$ est $E_\gamma^2$ pour $n$ valeurs réelles de $l$, si le lieu de $p$ tel que $\mathbf{Op} = \tau$ est convexe (géométries de Minkowski). Cela découle du lemme : *toutes valeurs propres sont réelles pour une matrice carrée, produit de deux matrices symétriques dont une provient d'une forme quadratique définie positive.* L'image, pour $n = 2$, de $z = \varphi$ est l'enveloppe des plans

$$Z = pX + qY + \omega(p, q) - l\theta(p, q), \qquad \omega = z - px - qy \qquad (\text{sur } z = \varphi).$$

Les $E^2$ de $z = \varphi$ critiques pour un $l$ donné dotent l'image d'une arête de rebroussement, sous les conditions imposées à cette fin aux dérivées de $\omega - l\theta$ d'ordre $\leqq 3$ en théorie des enveloppes à deux paramètres ([2]).

2. On ne fait en général la théorie des TC que pour un nombre $k + 1$ d'équations directrices (ED) *constant.* Mais à partir des ED suivantes $F = z$, $F^i = 0$ (pour $i \leqq k$), où les premiers membres sont fonctions de $x_1, \ldots, x_n$, M, et des $n$ équations $p_i = F_{x_i} + \lambda^1 F^1_{x_i} + \ldots + \lambda^k F^k_{x_i}$, on obtient le système total définissant $\lambda^1, \ldots, \lambda^k$ et les $n + 1$ coordonnées de M. Or, ce schéma subsiste si certaines $F^i = 0$ sont identiquement vérifiées en certaines régions. En une région où le nombre des ED est essentiellement $k + 1$, la TC, pour le cas ordinaire de résolubilité locale, s'explicite dans un certain voisinage par un système

$$z = f(x_1, \ldots, x_h, M), \qquad x_{h+1} = f^1(x_1, \ldots, x_h, M), \qquad \ldots, \qquad x_{h+k} = f^k(x_1, \ldots, x_h, M)$$
$$(\text{où } h + k = n);$$
$$p_1 = f_{x_1} + p_{h+1} f^1_{x_{h+1}} + \ldots + p_{h+k} f^1_{x_{h+k}}, \qquad \ldots, \qquad p_h = f_{x_h} + p_{h+1} f^k_{x_{h+1}} + \ldots + p_{h+k} f^k_{x_{h+k}},$$

qui détermine $\mathfrak{T}$ implicitement. Cela fait, la recherche de $n$-surfaces ne portant que des $E_\gamma^2$ donne une équation $\mathcal{E}$ du second ordre, du type Monge-Ampère complet pour $n = 2$, $k = 0$ ([3]). Partant des ED, faisons dépendre M de $n - 1$ paramètres $u_i$. Alors les enveloppes de lieux de $m$, engendrées chacune par des courbes $\Lambda(u_1, \ldots, u_{n-1})$ sont solutions de $\mathcal{E}$. Cette équation répond plus généralement à la recherche de $n$-surfaces ayant chacune la propriété suivante : dès qu'elle a l'élément $(m, p_i)$ commun avec une $\mathfrak{A}_M$ (antécédente d'une position fixe de M), elle a aussi un élément $(m + dm, p_i + dp_i)$ commun avec cette $\mathfrak{A}_M$.

3. Le cas $n = 2$ livre une *dualité* propre aux TC à *une* ED, soit $F(m, M) = 0$. Si $m$ décrit une surface $m = m(u, v)$, on déduit du système (S) suivant :

$$F = 0, \qquad F_x x_u + F_y y_u + F_z z_u = 0, \qquad F_x x_v + F_y y_v + F_z z_v = 0,$$

---

([2]) G. BOULIGAND, *Bull. Sc. Math.*, 2, 61, 1937, p. 51-53.

([3]) GOURSAT, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, I, 1896, p. 1-38.

Il s'agit alors d'un problème parabolique, lequel équivaut localement, à une TC près, à l'étude de l'équation $|p_{ij}| = 0$. Ce qui subsiste pour $n$ quelconque.

la surface $M = M(u, v)$ lieu de M. Dans (S) les trois premiers membres exprimés en $u, v$ sont $\equiv 0$, d'où la même propriété pour $F_X X_u + \ldots$, $F_X X_v + \ldots$. La condition pour que sur $m = m(u, v)$, les lignes $(u)$, $(v)$ soient telles que la limite de l'intersection des antécédentes de M et $M + M_u du$ soit tangente à $m_v$, équivaut à la condition pour que sur $M = M(u, v)$, les conséquentes de $m$ et $m + m_u du$ suscitent une propriété analogue. Cette dualité des *systèmes conjugués généralisés* ([4]) se réduit à celle des systèmes conjugués usuels quand la TC consiste en une polarité réciproque. De même, *aux asymptotiques généralisées* de $m = m(u, v)$ correspondent celles de $M = M(u, v)$ ([5]).

4. La notion des $E_2^2$ des n$^{os}$ 1, 2 ci-dessus ne paraît pas avoir été rencontrée, sauf en des remarques de M. Fréchet sur le continu image d'une courbe $y = \varphi(x)$ sans courbure, mais avec paratingente unique, par une TC de son plan ([6]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la résistance des radicules de diverses plantes à des températures entre 40 et 60°.* Note (*) de M. **Pierre Dangeard.**

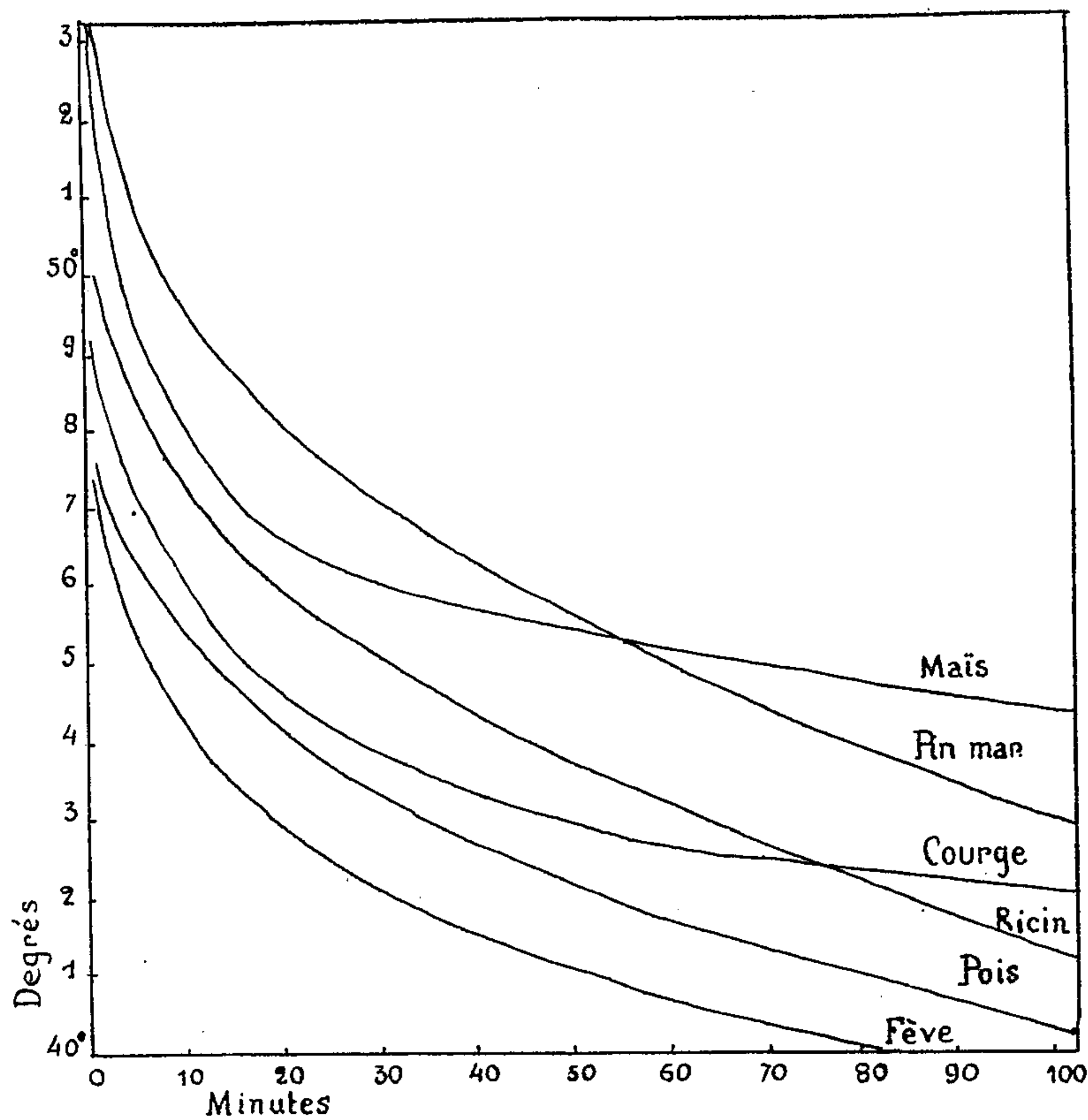
On situe en général entre 45 et 50° les températures mortelles pour le protoplasme en état d'activité, si l'on met à part certains organismes exceptionnels dits thermophiles. Encore faut-il ajouter que cette température mortelle doit agir pendant un certain temps pour être efficace. Dans le but de rechercher si l'action de la chaleur pouvait, comme d'autres facteurs précédemment étudiés ([1]), provoquer dans le protoplasme des altérations réversibles nous avons cherché à quelles températures il fallait soumettre les radicules de diverses plantes et pendant combien de temps pour que celles-ci puissent montrer, le cas échéant, des altérations réversibles dans leurs cellules. Il s'agissait donc préalablement de déterminer le degré de résistance des radicules de diverses plantes à des températures comprises entre 40 et 60°.

Nous avons, au cours de nos essais, placé des radicules de plantules jeunes dans de l'eau ordinaire portée à la température désirée et maintenue à cette température sensiblement constante pendant un temps variable. Après expérience les plantules étaient replacées, la radicule plongeant dans l'eau, à la température du laboratoire et la survie des radicules était contrôlée par leur examen journalier, l'observation du maintien de la turgescence et la reprise de leur croissance éventuellement. Dans certaines conditions la nécrose

([4]) Darboux, *Sol. sing. Mém. de div. sav.* (*Ac. Sc.*, 27-2, 1883, p. 6 et 60-61).
([5]) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1261.
([6]) *Rev. Sc.*, 79, 1941, p. 247-248.

(*) Séance du 26 février 1951.
([1]) *Le Botaniste*, 31e série, 1942, p. 218; *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 27 et 231, 1950, p. 9.

des radicules se manifeste immédiatement (aspect translucide, perte de turgescence); dans des conditions moins sévères, au voisinage de la limite de survie possible, il faut souvent attendre plusieurs jours pour être fixé sur le degré de résistance de la radicule étudiée. De toutes façons, même dans le cas de survie ultérieure du pivot, celui-ci est frappé d'un arrêt de croissance qui peut se prolonger pendant plusieurs jours et qui parfois, se montre définitif : l'axe de la radicule peut se renfler, se tuméfier et des radicelles viennent bientôt suppléer à la déficience du méristème apical.




Courbes de sensibilité thermique des radicules de diverses plantes obtenues en réunissant les points où les chances de survie ou de nécrose sont sensiblement égales.

Dans des conditions moins rigoureuses la croissance de la radicule reprend au bout d'un temps variable sans que l'on note de malformations, sauf assez souvent un certain étranglement de l'hypocotyle au-dessus de la région de nouvelle croissance. Cette particularité est due à la nécrose des cellules corticales externes dans la région située en deçà du point de végétation, cette région se montrant particulièrement sensible dans bien des cas.

Finalement les principales anomalies observées sur les radicules lorsqu'on se place au voisinage du seuil de survie sont la tuméfaction de l'extrémité radiculaire ou celle de l'axe hypocotylé en arrière du sommet, la bifurcation

ou dichotomie de la radicule, le changement de direction brusque de l'apex; à noter aussi un fait particulier aux radicules de Fève qui est le noircissement très marqué de la région hypocotylaire sous l'influence de la chaleur.

Nos expériences ont porté sur les plantes suivantes : Fève, Lupin blanc, Pois, Haricot, Courge giraumon, Ricin, Maïs, Pin maritime. Elles nous ont montré des différences importantes entre ces différentes plantes en ce qui concerne la résistance des radicules à des températures élevées. Donnons une idée de ces différences : alors que le Pin maritime supporte 30 minutes et même plus parfois à 47°, la radicule de Fève est tuée par deux minutes de séjour et même moins parfois dans de l'eau à cette température, soit une sensibilité quinze à vingt fois plus grande. Mais si l'on veut apprécier les différences de sensibilité entre les diverses plantes, il est bon de souligner qu'au delà d'une certaine température, environ 55°, toutes se comportent de la même façon, c'est-à-dire qu'elles sont tuées presque instantanément (le temps de nécrose se mesure en secondes). Pour des températures moins élevées, au contraire, vers 42-43°, les différences entre plantules sont souvent très marquées : c'est ainsi que le Pin maritime et surtout le Maïs supportent 42° jusqu'à 24 heures, tandis qu'une heure seulement, parfois beaucoup moins, représente une durée fatale pour le Lupin blanc et la Fève, deux heures pour le Ricin, quatre à cinq heures pour la Courge, six à sept heures pour le Haricot. En raison des différences individuelles et surtout des différences de résistance suivant l'âge des radicules les courbes de sensibilité figurées ci-contre ne peuvent être d'ailleurs qu'assez approximatives.

L'ordre de sensibilité des diverses plantes n'est pas le même suivant les températures : ainsi le Ricin supporte bien mieux les températures élevées (45 à 50°) que le Haricot, mais moins bien les températures plus basses (42-43°); le Pin maritime résiste mieux aux températures de 45-50° que le Maïs et moins bien aux températures peu élevées (42-43°). Les courbes de sensibilité se recoupent, ce qui est assez inattendu.

Au sujet de la prochaine publication de la CORRESPONDANCE DE LAVOISIER, M. **GABRIEL BERTRAND** s'exprime en ces termes :

Dans l'intention de publier la correspondance aussi complète que possible de Lavoisier, l'Académie des Sciences a constitué un Comité chargé de diriger cette Publication et a fait appel à toutes les personnes possédant quelques autographes du grand chimiste pour qu'elles veuillent bien en faire connaître l'existence au Comité [1].

A cette occasion, M. René Fric, membre du Comité, a fait paraître un

---

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 19 et **228**, 1949, p. 1832.

catalogue préliminaire comprenant cinq parties : 1° les lettres de Lavoisier datées, de beaucoup les plus nombreuses; 2° les lettres de Lavoisier sans date, classées par ordre alphabétique de leurs destinataires; 3° les lettres datées adressées à Lavoisier, très nombreuses aussi; 4° les lettres sans date adressées à Lavoisier, classées par ordre alphabétique de leurs auteurs et 5° les documents divers touchant Lavoisier.

Depuis, le Comité s'est réuni et, considérant que la figure de Lavoisier dépasse largement le cadre de l'histoire de la Chimie, il a décidé d'ajouter les lettres de M^me^ Lavoisier, ainsi que toutes les pièces, même les billets en apparence insignifiants, de ou à Lavoisier.

Le Comité a eu la satisfaction de recevoir de nombreuses réponses et il va se réunir sous peu pour prendre les décisions qu'impose le début de l'impression de l'Ouvrage. Il s'adresse une dernière fois aux possesseurs d'autographes touchant à la vie et aux travaux de l'illustre savant et les prient, s'ils ne l'ont déjà fait, de bien vouloir en communiquer, en vue de la publication, soit une photographie, soit une copie exacte, sans aucune modification, même de l'orthographe.

Ces communications devront être faites soit à M. Louis de Broglie, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, soit à M. René Fric, 24, avenue d'Aubière, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) (France), d'ici la fin du prochain mois d'avril, date arrêtée pour le classement définitif.

M. **Maurice de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de M. Robert Leprêtre intitulé : *Le Radar,* dont il a écrit la *Préface.*

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Dulaey. *Construction des abaques.*

2° *Cours de cinématique,* par René Garnier, Tome III. *Géométrie et cinématique cayleyennes.*

3° *Les grands problèmes de l'Astronomie,* par Junior Gauzit.

4° U. N. E. S. C. O. *Répertoire des Organisations scientifiques internationales.*

5° *La nouvelle Carte de France au* 20000^e^, par le Général Louis Hurault.

6° *Nedbøren i Norge,* 1895-1943, utgitt av det Norske meteorologiske Institutt. Tomes I et II.

7° Henry Des Abbayes. Une série de tirages à part concernant ses travaux de botanique de 1939 à 1950.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur certaines relations de l'algèbre des ensembles*. Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Un théorème généralisant la proposition désignée par O. Ore sous le nom d'axiome de Dedekind. Application aux ensembles finis d'entiers distincts.

1. Considérons l'ensemble E et formons-en des parties $A_1, A_2, \ldots, A_n$ quelconques, supposées non toutes disjointes entre elles, les $s$ combinaisons (sans répétitions) $k$ à $k$, à savoir les ensembles

$$\{A_1, A_2, \ldots, A_k\}, \ldots, \{A_{n-k+1}, A_{n-k+2}, \ldots, A_n\}$$

avec

$$s=\binom{n}{k}, \qquad 1 \leqq k \leqq n.$$

Envisageons ensuite les deux suites d'ensembles

$$P_1 = A_1 \cap A_2 \cap \ldots \cap A_k; \quad \ldots; \quad P_s = A_{n-k+1} \cap A_{n-k+2} \cap \ldots \cap A_n;$$
$$Q_1 = A_1 \cup A_2 \cup \ldots \cup A_k; \quad \ldots; \quad Q_s = A_{n-k+1} \cup A_{n-k+2} \cup \ldots \cup A_n.$$

Ceci étant, nous avons obtenu la proposition suivante :

Théorème. — *Si le nombre naturel n est impair et* $k=(n+1)/2$, *les n ensembles partiels* $A_i$ *quelconques d'un ensemble* E *satisfont à la relation*

$$\bigcup_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} P_i = \bigcap_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} Q_i, \tag{1}$$

*qui met en évidence le fait que l'expression figurant au premier membre reste invariante si les opérations* $\cap$ *et* $\cup$ *s'échangent.*

Nous avons trouvé aussi les relations suivantes

$$\bigcup_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} P_i \supseteqq \bigcap_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} Q_i, \quad \text{si} \quad \begin{cases} 1 \leqq k \leqq \left[\dfrac{n+1}{2}\right], & n \text{ nombre naturel pair,} \\ 1 \leqq k \leqq \dfrac{n+1}{2}, & n \text{ nombre naturel impair;} \end{cases} \tag{2}$$

$$\bigcup_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} P_i \subseteqq \bigcap_{i=1}^{i=\binom{n}{k}} Q_i, \quad \text{si} \quad \begin{cases} \left[\dfrac{n+1}{2}\right] < k \leqq n, & n \text{ nombre naturel pair,} \\ \dfrac{n+1}{2} < k \leqq n, & n \text{ nombre naturel impair.} \end{cases} \tag{3}$$

Pour $n=3$, $k=2$, la relation (1) se réduit à

$$(A_1 \cap A_2) \cup (A_1 \cap A_3) \cup (A_2 \cap A_3) = (A_1 \cup A_2) \cap (A_1 \cup A_3) \cap (A_2 \cup A_3),$$

ce qui présente la relation de Dedekind, appelée par O. Ore (¹) *l'axiome de Dedekind.*

2. *Application.* — Soient

1° $a_1, a_2, \ldots, a_n$ divers nombres naturels distincts;

2° $(a_1, a_2, \ldots, a_k)$ leur plus grand commun diviseur;

3° $[a_1, a_2, \ldots, a_k]$ leur plus petit commun multiple.

Si $n$ désigne un nombre naturel impair et $k=(n+1)/2$, on a

$$[(a_1, a_2, \ldots, a_k), \ldots, (a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n)]$$
$$=([a_1, a_2, \ldots, a_k], \ldots, [a_{n-k+1}, a_{n-k+2}, \ldots, a_n]),$$

le plus grand commun diviseur et le plus petit commun multiple s'étendant à toutes les combinaisons des nombres $a_1, a_2, \ldots, a_n$ pris $k$ à $k$.

On a aussi deux relations correspondant aux inclusions (2) et (3), mais nous les omettons dans cette Note.

3. Dans le cas où les ensembles partiels $A_1, A_2, \ldots, A_n$ sont disjoints, la relation (1) est valable, non seulement pour $n$ nombre naturel impair et $k=(n+1)/2$, mais aussi dans le cas où $n$ et $k$ désignent deux nombres naturels quelconques sous la condition que

$$1 < k < n.$$

Pour $k=n$ et $k=1$ restent valables respectivement (2) et (3).

ALGÈBRE. — *L'équivalence de quelques représentations d'une structure abstraite.* Note de M. **Viakalathur-S. Krishnan**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On considère l'équivalence entre certaines représentations des *structures abstraites* (qui peuvent être, en particulier, soit topologiques, soit algébriques). Entre autres applications, on considère les représentations d'un espace complètement régulier, d'un groupe réticulé et d'un treillis distributif.

Il existe une sorte d'analogie entre le fait que l'espace complètement régulier immersible dans un produit d'espaces pseudo-métrisables, possède une topologie exprimable comme le produit de topologies sur le même ensemble de points définies à partir des pseudo-métriques (¹) et le fait que le groupe réticulé immersible dans un produit direct de groupes totalement ordonnés possède un ordre partiel exprimable comme la conjonction des ordres totaux compatibles avec ce groupe (²).

(¹) *Cf. L'algèbre abstraite* (*Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. **362**, 1936, Paris, p. 51).

(¹) V. S. Krishnan, *Jour. Ind. Math. Soc.*, **10**, 1946, p. 37-56.

(²) P. Lorenzen, *Math. Zeit.*, **52**, 1949, p. 483-526.

Cette analogie m'a amené à une étude des *structures abstraites* (qui peuvent être, en particulier, soit topologiques soit algèbriques) et de quelques-unes de leurs représentations. Une structure abstraite $\mathcal{E}$ est formée par l'association d'une structure S à un ensemble d'éléments E (la base) : $\mathcal{E}=(E, S)$. La seule autre notion invoquée est celle d'une *transformation distinguée*. Quelques-unes des transformations de E dans E′ sont assignées comme les transformations *distinguées* de $\mathcal{E}=(E, S)$ dans $\mathcal{E}'=(E', S')$. (Elles généralisent les transformations continues entre espaces topologiques et les homomorphismes entre algèbres.)

La famille $\mathcal{F}$ des structures abstraites et les transformations distinguées sont soumises aux axiomes (A. 1) — (A. 5) suivants :

(A. 1) l'identité sur E est une transformation distinguée de $\mathcal{E}$ sur lui-même;

(A. 2) la succession $(\varphi_2\varphi_1)$ de deux transformations distinguées $\varphi_1$ et $\varphi_2$ nous donne une transformation distinguée;

(A. 3) quand $\varphi$ est une transformation biunivoque de E sur E′ et $\mathcal{E}=(E, S)\in\mathcal{F}$, il existe une structure abstraite $\mathcal{E}'=(E', S')$ dans $\mathcal{F}$ telle que $\varphi$ et $\overset{-1}{\varphi}$ sont transformations distinguées de $\mathcal{E}$ sur $\mathcal{E}'$ et vice-versa; dans ce cas $\mathcal{E}$, $\mathcal{E}'$ sont dites *équivalentes*.

Enfin, quand $\varphi$ est une transformation distinguée de $\mathcal{E}=(E, S)$ de $\mathcal{F}$ dans $\mathcal{E}'=(E', S')$ de $\mathcal{F}$, l'axiome (A. 4) affirme l'existence dans $\mathcal{F}$ d'une structure abstraite $\overline{\mathcal{E}}=(\overline{E}, \overline{S})$ où $\overline{E}=\varphi(E)$, telle que $\varphi$ soit une transformation distinguée de $\mathcal{E}$ sur $\overline{\mathcal{E}}$ et l'identité une transformation distinguée de $\overline{\mathcal{E}}$ dans $\mathcal{E}'$; tandis que l'axiome (A. 5) affirme l'existence d'une structure $S_1$ associée à E telle que $\varphi$ soit une transformation distinguée de (E, T) dans $\mathcal{E}'$ si et seulement si l'identité est une transformation distinguée de (E, T) sur $(E, S_1)$.

A partir de ces définitions et axiomes, nous définissons le produit direct des structures abstraites et les sous-structures. Une famille $\mathcal{M}$ contenue dans $\mathcal{F}$ est appelée *multiplicative* si le produit direct existe dans $\mathcal{M}$ pour chaque sous-ensemble non vide de $\mathcal{M}$; et $\mathcal{M}$ est appelée *héréditaire* si $(E, S_1)$ appartient à $\mathcal{M}$ quand $\varphi$ est une transformation distinguée de $\mathcal{E}=(E, S)$ de $\mathcal{F}$ dans $\mathcal{E}'=(E', S')$ de $\mathcal{M}$, où $S_1$ est définie dans (A 5).

Le théorème principal est le suivant :

*Une famille héréditaire, multiplicative $\mathcal{M}$ contenant une famille héréditaire $\mathcal{H}$, contient aussi une famille héréditaire, multiplicative et* minimum *contenant $\mathcal{H}$ : cette famille $\overline{\mathcal{H}}$ se compose des éléments $\mathcal{E}$ de $\mathcal{M}$ qui vérifient l'une des trois conditions, équivalentes suivantes :*

1° [*et* 2°] *$\mathcal{E}$ est équivalente à* [*réductible à*] *une sous-structure d'un produit direct des structures abstraites appartenant à $\mathcal{H}$ :*

3° $\mathcal{E}=(E, S)$ *et* $S=\prod_i S_i$ [*par rapport à l'ordre partiel* $<$ *défini parmi les*

*structures* ($S_i$) *associées à* E *par* $S_i < S_j$ *si l'identité est une transformation distinguée de* (E, $S_i$) *sur* (E, $S_j$)], *où chaque* (E, $S_i$) *appartient à* $\mathcal{H}$.

Ce théorème s'applique non seulement pour les représentations d'espaces complètement réguliers et de groupes reticulés, mais aussi pour celles d'un treillis distributif. A partir de la représentation d'un treillis distributif comme anneau d'ensembles due à M. G. Birkhof [3], nous déduisons une représentation nouvelle (à ma connaissance) à savoir :

Un treillis est distributif si et seulement si son ordre partiel est expressible comme conjonction d'ordres totaux.

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Enveloppes d'opérateurs hermitiens bornés.* Note de M. **André Regnier**, présentée par M. Émile Borel.

A l'aide d'un système d'équations fonctionnelles caractérisant les formes des opérateurs hermitiens bornés, on montre l'existence des enveloppes pour les familles dénombrables d'opérateurs du groupe G introduit précédemment [1].

On étend ici la notion d'enveloppe aux familles dénombrables d'éléments du groupe G introduit précédemment. Un groupe réticulé ou un treillis vectoriel sera dit fort si toute famille dénombrable d'éléments $x_i$ tous plus grands qu'un élément fixe $a$ possède une enveloppe inférieure, et de même une enveloppe supérieure si tous ses éléments sont plus petits qu'un élément fixe $b$. C'est-à-dire que $a \subset x_i$ pour tout $i$ entraîne qu'il existe un $p$ tel que : $y \subset x_i$ pour tout $i$ équivaut à $y \subset p$. On écrira $p = \bigcap_{i=1}^{\infty} x_i$, ce sera l'enveloppe inférieure des $x_i$. De même : $x_i \subset b$ pour tout $i$ entraîne qu'il existe un $s$ tel que : $x_i \subset z$ pour tout $i$ équivaut à $s \subset z$. On écrira $s = \bigcup_{i=1}^{\infty} x_i$, ce sera l'enveloppe supérieure des $x_i$. Lorsque l'existence des enveloppes est acquise pour les familles finies on peut se contenter d'établir celle de $\cap x_i$ pour les familles décroissantes $x_{i+1} \subset x_1$. En écrivant $b = x_i + (b - x_i)$ on voit que l'existence des $\cap x_i$ entraîne celle des $\cup x_i$ : $\cup x_i = b - \cap (b - x_i)$.

On vérifie aisément que la forme $F(x) = (hx, x)$ d'un hermitien borné $h$ satisfait aux conditions suivantes :

1° $F(x)$ réelle définie pour tout $x$ de H.

2° Pour $\lambda$ nombre complexe $F(\lambda x) = F(x)$.

3° Pour $t$ nombre réel $F(tx + y) - F(tx - y) = t[F(x + y) - F(x - y)]$.

4° $F(x + y) + F(x - y) = 2[F(x) + F(y)]$.

---

(3) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 29, 1933, p. 441-464, (en particulier Th. 25.2).

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 675.

5° $F(x)$ bornée dans la sphère $\|x\| \leqq 1$. Réciproquement une fonction possédant ces propriétés est la forme d'un hermitien borné. En effet, posant

$$4K(x, y) = F(x+y) - F(x-y) + i[F(x+iy) - F(x-iy)] \qquad i = \sqrt{-1},$$

on constate que les relations ci-dessus entraînent : $K(x, y)$ imaginaire conjuguée de $K(y, x)$; $K(\lambda x, y) = \lambda K(x, y)$; $K(x+y, z) + K(x-y, z) = 2K(x, z)$ et $K(x+y, z) - K(x-y, z) = 2K(y, z)$ d'où la linéarité en ajoutant membre à membre ; enfin K est bornée dans la sphère de rayon 1, d'où résulte sa continuité. La self-dualité de l'espace de Hilbert permet alors d'écrire

$$K(x, y) = (u_x, y).$$

Mais l'application $x \rightarrow u_x$ est elle-même linéaire et continue et définit donc un opérateur linéaire borné $h$ dont la forme $(hx, x) = K(x, x) = F(x)$ est la fonction donnée. Comme celle-ci est réelle, $h$ est hermitien, et il est uniquement déterminé puisqu'un opérateur dont la forme est identiquement nulle est nul.

Si les conditions 2°-5° ci-dessus sont remplies par une fonction réelle F, définie dans la sphère $\|x\| \leqq 1$, lorsque les vecteurs qui y figurent appartiennent à cette sphère, F se prolonge uniquement en une fonction vérifiant 1°-5° et par conséquent définit un hermitien borné.

Considérons une famille dénombrable décroissante d'éléments de G, soit $h_i$, tous plus grands que $h \in G$. Envisageons leurs formes comme fonctions dans la sphère $\|x\| \leqq 1$. Soit $m$ la borne de $(hx, x)$ dans cette sphère. On a

$$-m \leqq (hx, x) \leqq (h_{i+1}x, x) \leqq (h_i x, x).$$

Les fonctions $(h_i x, x)$ ont une enveloppe inférieure qui est aussi leur limite. Les équations fonctionnelles 1°-3° se prolongent à cette limite qui définit donc un opérateur hermitien borné, soit $g$. Celui-ci jouera le rôle d'enveloppe inférieure de la famille des $h_i$ s'il appartient à G. Soit $f$ un opérateur quelconque de G, P un projecteur quelconque commutant avec $f$; d'après la définition de G, P appartient à G et il nous suffit de montrer que $g$ commute avec P. Tous les $h_i$ commutent avec P, en posant pour un $x$ quelconque de H : $y = Px$, $z = (1 - P)x$ on a $(h_i x, x) = (h_i y, y) + (h_i z, z)$. Cette égalité se prolonge à la limite : $(gx, x) = (gy, y) + (gz, z)$. Elle entraîne que $g$ commute avec P et par conséquent appartient à G. C. Q. F. D.

On a donc établi que dans le groupe G d'opérateurs hermitiens considéré chaque famille dénombrable dont les éléments sont tous supérieurs à un même élément d'un groupe possède une enveloppe inférieure. On en conclut (*cf.* plus haut) que G est un treillis vectoriel fort.

Lorsque l'espace H est séparable la notion d'enveloppe s'étend aux familles infinies quelconques, car on montre simplement que la fonction enveloppe inférieure de formes $(hx, x)$ toutes plus grandes qu'une forme donnée est égale sur un ensemble partout dense à l'enveloppe inférieure d'une famille dénombrable et définit ainsi un opérateur de G.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Intégrale de Stieltjes stochastique et un théorème sur les fonctions aléatoires d'ensembles.* Note de M. **Gopinath Kallianpur**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On donne la définition d'une intégrale aléatoire du type de Lebesgue-Stieltjes, dans un cas plus général que celui auquel la définition classique peut s'appliquer. Cette définition est analogue à celle de l'intégrale de Pettis; mais ici c'est la fonction d'ensemble Z qui est aléatoire.

Soit $x(t)$ une fonction aléatoire (f. a.) du second ordre ayant pour covariance $\Gamma(t, s)$. H. Cramér a montré que, pourvu que $\Gamma(s, t)$ soit à variation bornée dans tout domaine du plan des $st$, on peut définir une f. a. additive d'ensembles, $Z(S)$, qui joue le rôle de fonction spectrale de $x(t)$. S est un ensemble de Borel borné, quelconque. Pour simplifier la discussion nous supposons que $x(t)$ ait des valeurs réelles et que $E[Z(S)] = 0$.

1. *Une nouvelle définition de l'intégrale* $\int_S f(a)\,dZ$. — Soit $L(Z)$ l'ensemble de toutes les variables aléatoires de la forme $\sum_{i=1}^{n} c_i Z(S_i)$, où les $S_i$ sont des ensembles de Borel bornés et où les $c_i$ sont des constantes réelles. Désignons par $L_2(Z)$ sa fermeture par rapport à la convergence en moyenne quadratique. A tout couple $z_1$, $z_2$ de ses éléments nous faisons correspondre un nombre $(z_1, z_2) = E(z_1, z_2)$, où E désigne l'espérance mathématique. Alors L est un espace de Hilbert. Pour chaque $z$ de L écrivons

$$E[z.Z(S)] = P_z(S).$$

Il est facile de voir que P est une mesure *avec signe* (*Signed measure*, voir *Measure Theory*, par P. R. Halmos). Donc nous pouvons écrire

$$P_z(S) = P_z^+(S) - P_z^-(S),$$

où $P_z^+$ et $P_z^-$ sont des mesures finies et non négatives. Nous désignerons la mesure $P_z^+ + P_z^-$ par $|P_z|$.

Soit $f(a)$ une fonction à valeurs réelles telle que :

1° l'intégrale ordinaire de Stieltjes $\int_S f(a)\,d|P_z|$ existe et soit finie pour tout $z$ de $L_2$;

2°

$$\frac{1}{\|z\|}|\mathcal{J}_S(z)| \leqq M \qquad (z \neq 0), \qquad \text{où} \quad \mathcal{J}_S(z) = \int_S f(a)\,dP_z \qquad \text{et} \qquad \|z\|^2 = E(z^2).$$

Alors $\mathcal{J}_S(z)$ est une opération linéaire bornée ayant $L_2$ pour domaine. D'après un théorème bien connu de F. Riesz, il existe un élément $I(S)$ unique dans $L_2$ tel que

$$E[z.I(S)] = \mathcal{J}_S(z), \qquad \text{pour tout } z \text{ de } L_2.$$

Nous définissons cet élément I(S) comme l'intégrale de Stieltjes stochastique $\int_S f(a)\,dZ$.

2. *Définition.* — Nous disons que la *f. a.* d'ensemble Z(S) est absolument continue (*a. c.*) par rapport à une mesure $\mu$, si,

$$\|Z(S)\|^2 = E\{[Z(S)]^2\} = 0 \qquad \text{lorsque} \quad \mu(S) = 0.$$

(Pour éviter des complications, supposons que $\mu(R) < \infty$, R étant l'axe réel.) Soit

$$F(S) = \sup_z \frac{1}{\|z\|}|E[z.Z(S)]|, \qquad (z \neq 0).$$

Maintenant supposons que les deux conditions suivantes soient remplies :

A. L'espace $L_2$ est séparable.

B. La variation totale de F est finie pour tous les ensembles de Borel bornés (1). Si A et B sont vérifiés, on obtient le théorème suivant :

*Si Z est a. c. par rapport à une mesure $\mu$, il existe un élément $v(\lambda)$ (pour presque toutes les valeurs de $\lambda$), dans $L_2$ tel que,*

$$Z(S) = \int_S v(\lambda)\,d\mu,$$

*l'intégrale stochastique à droite étant prise dans le sens de Karhunen.*

M. le Professeur Cramér a bien voulu me permettre d'utiliser son mémoire non encore publié du *Symposium de Berkeley* (1950).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Lois des grands nombres et théorie ergodique.* Note de Mlle **Édith Mourier**, présentée par M. Émile Borel.

Nous considérons des éléments aléatoires (e. a.) à valeurs dans un espace de Banach séparable $\mathfrak{X}$, nous utilisons les définitions et les notations de deux Notes précédentes (1); $\alpha$ étant un nombre quelconque $\geq 1$ soit $(\mathfrak{X})_\alpha$ l'espace des e. a. X tels que : $E(\|X\|^\alpha) < +\infty$. On a les propriétés suivantes :

*a.* $(\mathfrak{X})_\alpha$ est un espace de Banach en adoptant $[E(\|X\|^\alpha)]^{1/\alpha}$ comme norme de l'élément X de $(\mathfrak{X})_\alpha$ (2).

*b.* Un e. a. ne prenant p. s. qu'une infinité dénombrable de valeurs distinctes étant dit « un dénombrable », étant donné un élément X quelconque de $(\mathfrak{X})_\alpha$

(1) J'ai utilisé ici une condition que Dunford et Pettis ont introduite dans une question analogue à celle étudiée ici (cf. *Trans. Amer. Math. Soc.*, 1940).

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1300 et **231**, 1950, p. 28. Rappelons que la mesure de probabilité est toujours supposée telle que $x^*(x)$ soit une fonction de $x$ dans $\mathfrak{X}$ mesurable quel que soit $x^*$ fixe dans $\mathfrak{X}^*$.

(2) Ceci est vrai même si $\mathfrak{X}$ n'est pas séparable.

on peut trouver un dénombrable X′ dans $(\mathfrak{X})_\alpha$ tel que $[E(\|X - X'\|)^\alpha]^{1/\alpha}$ soit aussi petit que l'on veut.

*c*. Supposons $\alpha > 1$. Si à chaque épreuve $u$ on fait correspondre une fonctionnelle linéaire $x^*(u)$ prise dans $\mathfrak{X}^*$ on définit un e. a. $X^*$ à valeurs dans $\mathfrak{X}^*$; appelons $(\mathfrak{X}^*)_\alpha$ l'ensemble des e. a. pour lesquels $E(\|X^*\|^\alpha) < +\infty$; en adoptant $[E(\|X^*\|^\alpha)]^{1/\alpha}$ comme norme de l'élément $X^*$ de $(\mathfrak{X}^*)_\alpha$, $(\mathfrak{X}^*)_\alpha$ est un espace de Banach (propriété *a*, ci-dessus); toute expression de la forme

$$E[X^*(X)]. \tag{1}$$

où $X^*$ est un élément fixe quelconque de $(\mathfrak{X}^*)_{\frac{\alpha}{\alpha-1}}$, considérée comme fonction de l'élément X variable dans $(\mathfrak{X})_\alpha$, est une fonctionnelle linéaire sur $(\mathfrak{X})_\alpha$; si en outre $\mathfrak{X}$ est *réflexif*, réciproquement toute fonctionnelle linéaire sur $(\mathfrak{X})_\alpha$ est de la forme (1).

L'application de ces propriétés permet d'établir que :

Théorème I. — *Loi forte des grands nombres. — Soit* $\{X_n\}$ $(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$ *une suite strictement stationnaire d'e. a.* $X_n$ *de* $(\mathfrak{X})_1$, *il y a une probabilité* 1 *pour que* : $Y_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$ $(n > 0)$ *tende* fortement *lorsque* $n \to +\infty$ *vers un e. a. limite* Y *de* $(\mathfrak{X})_1$.

Ce théorème I, dont la démonstration s'appuie sur le théorème ergodique de Birkhoff dont il constitue une extension au cas où l'e. a. prend ses valeurs dans un espace de Banach, s'applique en particulier si les $X_n$ sont en outre mutuellement indépendants [on peut alors se limiter à une suite $\{X_n\}$ définie pour $n > 0$ seulement] Y se réduit alors à $E(X_n)$, on peut en déduire que, pour tout $\mathfrak{X}$ séparable, la condition $E(\|X\|) < +\infty$ entraîne l'existence de E(X) [ce qui est un théorème d'existence nouveau pour l'intégrale de Pettis].

Théorème II. — *Loi des grands nombres en moyenne d'ordre* $\alpha$. — $\mathfrak{X}$ étant *réflexif* et $\alpha > 1$, $\{X_n\}$ $(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$ désignant une suite strictement stationnaire d'éléments $X_n$ de $(\mathfrak{X})_\alpha$, il existe un élément Y dans $(\mathfrak{X})_\alpha$ tel que :

$$\lim_{n \to +\infty} E\left(\left\|\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i - Y\right\|^\alpha\right) = 0.$$

Ce théorème II, dont la démonstration s'appuie sur un théorème ergodique de Yosida et Kakutani [3] contient comme cas particulier beaucoup des lois des grands nombres en moyenne, déjà connues; même dans le cas où $\mathfrak{X}$ est euclidien il fournit des résultats nouveaux (par exemple si $\mathfrak{X}$ est euclidien à 1 dimension et si $\alpha = 2$, on retrouve le théorème classique de Khintchine; si

(3) *Annals of Mathematics*, 42, n° 1, 1941.

$\alpha \neq 2$ le résultat est nouveau à notre connaissance). Ce théorème II met en évidence une connexion entre les lois des grands nombres en moyenne et la réflexivité ([4]).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les rapports entre la quantité d'information au sens de Fisher et au sens de Wiener.* Note de M. **Marcel Paul Schützenberger**, présentée par M. Émile Borel.

Limitons-nous au cas discret pour plus de simplicité et soit $\xi$ une variable aléatoire pouvant prendre les états $A_i (i \in I)$ avec les probabilités respectives $\Pr(A_i) = a_i$. Selon qu'il s'agit de statistique mathématique ou de théorie de l'information, la locution « *quantité d'information attachée à l'observation de* $\xi$ » a deux sens bien différents. On donnera ici le principe d'une démonstration faisant apparaître ces deux expressions comme des cas particuliers de la solution générale d'un système de deux équations fonctionnelles qu'il est naturel d'imposer *a priori* à toute mesure de l'information ([1]).

Supposons que les $a_i$ dépendent d'un paramètre inconnu $\theta$ qu'il s'agit d'estimer. D'après Fisher ([2]), la quantité d'information relative à $\theta$ attachée à l'observation de $\xi$ est définie par :

$$H_F = \sum_{i \in I} \left( \frac{\partial a_i}{\partial \theta} \right)^2 \frac{1}{a_i} = - \sum_{i \in I} a_i \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \log a_i.$$

Sous certaines conditions très générales $1/H_F$ limite inférieurement la variance de toute valeur estimée $\hat{\theta}$ de $\theta$.

D'après Wiener ([3]) et Shannon ([4]), la quantité d'information sur $\xi$ est définie par :

$$H_W = - \sum_{i \in I} a_i \log_2 a_i,$$

$H_W$ borne inférieurement le nombre moyen d'observations élémentaires nécessaires à la détermination de l'état $\xi_0$ pris par $\xi$ dans une certaine épreuve ([5]).

([4]) Ce théorème II est aisé à obtenir directement dans le cas où $\mathfrak{X}$ est un espace de Hilbert; *cf.* Fréchet-Glivenko.

([1]) Une théorie entièrement différente (généralisant la probabilité au lieu de l'information) a été récemment développée par G. A. Barnard (*Roy. Stat. Soc.*, 31 janvier 1951). Cette théorie se place sur un plan différent de la nôtre et nous ne la discuterons pas ici.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, A **146**, 1934, p. 1.

([3]) *Cybernetics*, 1948, p. 47.

([4]) *The Bell System Techn. Journ.*, **27**, 1948, p. 379.

([5]) J. Ville et M. P. Schützenberger, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 206.

Soit maintenant $H(x)$ une mesure *quelconque* de la quantité d'information attachée à l'observation qui consiste à déterminer si l'état $\xi_0$ pris par $\xi$ dans une certaine épreuve appartient ou non à l'ensemble $X\,(\Pr(\xi \in X) = x)$.

Soient X, Y et Z trois ensembles disjoints quelconques de probabilités respectives $x$, $y$ et $z$ partitionnant l'ensemble des $A_i (i \in I)(x + y + z = 1)$. Nous imposerons à H les trois conditions suivantes :

(1) *Continuité :* $H(x)$ est une fonctionnelle uniformément continue de $x$.

(2) *Symétrie :* $H(x) = H(1 - x)$.

(3) *Commutativité :*

$$H(x) + (1 - x)H(y/1 - x) = H(y) + (1 - y)H(x/1 - y) = H(x; y) = H(y; x).$$

(3) exprime qu'il est indifférent de déterminer d'abord si $\xi_0 \in X$ puis dans le cas contraire si $\xi_0 \in Y$ ou de déterminer d'abord si $\xi_0 \in Y$ puis dans le cas contraire si $\xi_0 \in X$. (2) et (3) impliquent que $H(x; y) = H(x; z) = H(y; z)$, et permettent d'associer à toute partition de l'ensemble des $A_i$ en sous-ensembles disjoints une fonction symétrique de leurs probabilités qui est la quantité d'information attachée à la détermination de celui d'entre eux contenant $\xi_0$. Posons $K(y; z) = (1 - x)H(y/(1 - x))$. (3) devient :

$$K(x; y + z) + K(y; z) = K(y; z + x) + K(z; x) = K(z; x + y) + K(x; y)$$

dont la solution générale *continue* est : $K(x; y) = f(x) + f(y) - f(x + y)$. L'homogénéité de degré un de H impliquée par (3), montre que $f(x)$ doit être de la forme $x\mathrm{D}\log x$ où D est un *opérateur linéaire quelconque :* d'où :

$$H(x) = x\mathrm{D}\log x + (1 - x)\,\mathrm{D}\log(1 - x).$$

On vérifie que pour $H_F$, $\mathrm{D} = (\partial^2/\partial\theta^2)$ et pour $H_W$, $\mathrm{D} = -1/\log 2$.

*Généralisation.* — A d'autres formes de D correspondent des généralisations utiles du concept d'information. Citons seulement :

*a.* Soient $\eta_i (i \in I)$ des variables aléatoires indépendantes ne prenant que les valeurs 0 ou 1. Soit $\Pr(\eta_i = 1) = p_i$. Les fonctions rationnelles $P_1, P_2, \ldots, P_\nu$ des $p_i$ étant les probabilités des différents résultats d'une observation $\mathcal{O}$ sur les valeurs prises par les $\eta_i$ dans une épreuve, le nombre moyen de $\eta_i$ dont $\mathcal{O}$ permet d'affirmer qu'ils ont pris la valeur 1 est donné par

$$H_1 = \sum_{i=1}^{\nu} P_i\, \mathrm{D}_3 \mathrm{D}_2 \mathrm{D}_1 \log P_i$$

où $\mathrm{D}_1$ consiste à poser $p_1 = p_2 = \ldots = p_i = \varpi$ ; $\mathrm{D}_2$, à diviser par $\log(1 - \varpi)$ ; $\mathrm{D}_3$, à faire $\varpi = 1$. $H_1$ permet d'étudier le nombre moyen de $\eta_i$ ayant pris la valeur 1 que l'on peut déterminer par une suite donnée d'observations indépendantes ou non.

*b*. Associons à tout $A_i$ deux fréquences $a_i$ et $a'_i$ et considérons l'expression

$$H(a_i;;a'_i) = a_i \log\frac{a_i}{a'_i} + (1-a_i)\log\frac{1-a_i}{1-a'_i} = H(1-a_i;;1-a'_i)$$

qui n'est nulle que pour $a_i = a'_i$ et qui peut être interprétée comme une pseudo-distance [puisque $H(a_i;;a'_i) \neq H(a'_i;;a_i)$] entre les deux fréquences. Manifestement cette expression est aussi une information généralisée satisfaisant à (1), (2) et (3). Si les $a'_i$ sont des *fréquences théoriques* et les $a_i$ les *fréquences correspondantes observées* dans une certaine suite de N épreuves indépendantes, cette expression est proportionnelle au logarithme de la vraisemblance des observations. On remarquera que l'expression $\Xi[a_i;;a'_i] = (a_i - a'_i)^2/a'_i(1-a'_i)$ qui correspond à la mesure de concordance par $\chi^2$ satisfait à une relation analogue mais distincte de (3) :

$$(3') \qquad \Xi[x;;x'] + (1-x')\,\Xi\left[\frac{y}{1-x};;\frac{y'}{1-x'}\right]\frac{(y+z)^2}{(y'+z')^2} = \frac{\chi^2}{N},$$

où $\chi^2$ est symétrique en les $x$, $y$ et $z$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Variation de la fonction de distribution du quadri-opérateur* $(-h/2\pi i)\partial^k$ *dans une transition. Équivalence entre notre théorie et la théorie du positon de Feynman.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

La formule que fournit notre théorie pour la variation de la densité de distribution de l'impulsion-énergie résume les formules d'approximations successives de Feynman (1).

Soient $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ deux états curvilignes successifs de l'électron libre, et étudions la transition provoquée par la présence entre $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ d'un quadri-potentiel $A^i(x)$ (2). Notre formule pour la variation de $\mathcal{E}_1$ à $\mathcal{E}_2$ de la *fonction caractéristique* de l'impulsion-énergie (3) s'écrit $(\bar{\varphi} = \varphi^+\gamma^0,\ \bar{\psi} = \psi^+\gamma^0)$,

$$(1) \qquad F_{2,1}(y^i) = \iiint\!\!\int_{\mathcal{E}_1}^{\mathcal{E}_2} [A^k(x^i+y^i) - A^k(x^i)]\,\bar{\psi}(x^i)\,\gamma_k\,\psi(x^i+y^i)\,\partial\omega;$$

$a^k(p^i)$ désignant la transformée de Fourier quasi dimensionnelle de $A^k$, la transformée de Fourier pour l'espace-temps entier de F, qui est la *variation de* $\mathcal{E}_1$ *à* $\mathcal{E}_2$ *de la densité de distribution de l'impulsion-énergie* s'écrit donc (compte tenu deux fois de la formule du *produit de composition*)

$$(2) \quad g_{2,1}(p^i) = \bar{\varphi}(p^i)\gamma^k\left[\iiint\!\!\int a_k(q^i)\,\varphi(p^i-q^i)\,\partial\tau_q\right] - \left[\iiint\!\!\int \bar{\psi}(p^i+q^i)\,a_k(q^i)\,\partial\tau_q\right]\gamma^k\varphi(p^i);$$

(1) *Phys. Rev.*, 76, p. 749-759, *voir* principalement § 6, p. 757.

(2) Nous avons discuté les conditions physiques de ce problème dans les *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 308.

(3) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 214-216, form. (6).

ainsi, *la variation du poids de l'état dynamique $p^i$ apparaît comme une différence entre une augmentation par ondes convergentes et une diminution par ondes divergentes de ce poids*, et c'est ce qu'on devait attendre. *Notre formule exacte* (2) *équivaut aux formules d'approximations successives de Feynman* ([1]). En effet, d'après cette formule, la probabilité au premier ordre de la transition entre états libres de l'électron $p_1^i \to p_2^i$ sera le produit d'une probabilité d'absorption dans le potentiel $p_1^i \to p_1^i + q^i$ par une probabilité d'émission par le potentiel $p_2^i - q^i \to p_2^i$, avec $p_2^i - p_1^i = q^i$, de sorte que l'*amplitude* attachée à cette transition sera

$$(3) \qquad \mathfrak{A}_1(p_2^i, p_1^i) = \overline{\varphi_2}\gamma^k a_k(p_2^i - p_1^i)\varphi_1,$$

ce qui est la formule de Feynman; ensuite au deuxième ordre et aux suivants, il vient

$$(4) \qquad \mathfrak{A}_2(q^i + p_2^i,\, q^i - p_1^i) = \overline{\varphi_2}\gamma^k \int a_k(p_2^i)\varphi(q^i)\overline{\varphi}(q^i)a_l(p_1^i)\,\partial\tau_q\gamma^l\varphi_1, \qquad \ldots,$$

ce qui est encore la suite des formules de Feynman (compte tenu de la formule du *produit de composition* et de la remarque initiale de Feynman au paragraphe cité).

Ainsi, *appliquée à l'électron plongé dans un quadri-potentiel non quantifié, la théorie que nous venons de développer dans une série de Notes* ([4]) *est équivalente à la* théorie du positon *de Feynman* ([1]), la différence est que nous raisonnons sur la fonction d'onde et non sur la fonction de Green; l'utilisation covariante de la *fonction caractéristique* d'Arnous ([5]) est la clé centrale de notre travail, et la substitution de l'opérateur $-(h/2\pi i)\partial^t$ à l'opérateur $H_t$ pour représenter l'énergie totale est la condition essentielle à l'obtention des présentes formules.

Résumons les grands traits de notre théorie. Un *état* d'une particule relativiste à spin est *identifié à la donnée du $\psi$ partout sur une hypersurface $\mathcal{E}$ du genre espace*. *L'évolution* de la particule est *identifiée à la résolution du problème de Cauchy à partir de la donnée précédente*. Une *définition généralisée du produit scalaire hermitien, pris sur $\mathcal{E}$*, est introduite ([6]), qui permet en principe de définir *sur l'état $\mathcal{E}$* les fonctions et valeurs propres de tout opérateur hermitien. Une difficulté a été rencontrée avec le quadri-opérateur $i\partial^k$, due à ce que le groupe des translations de l'espace-temps intéresse toute l'évolution spatio-temporelle du $\psi$, et a été tournée par une utilisation appropriée du critère de Bochner ([3]). Deux cas sont alors à distinguer : A. *La quadritranslation $y^k$ homologue de la composante considérée $P^k$ de l'impulsion-énergie superpose à elle-même l'hypersurface $\mathcal{E}$ représentative de l'état;* dans ce cas, le théorème de

([4]) En plus des autres Notes citées, voir *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1210 et **231**, 1950, p. 1423.

([5]) *Journ. Phys.*, 8, 1947, p. 87-93 et *Thèse*, Paris, 1946.

([6]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 626 et 724.

Stone ou, d'une façon équivalente ici, la formule du produit de composition, sont applicables à la manière d'Arnous ([5]), on sait définir un système de fonctions et valeurs propres de la composante $P^k$ relativement à $\mathcal{E}$, et résoudre le problème fondamental inverse (connaissant la valeur de $P^k$, trouver le $\psi$).

B. *La translation $y^k$ ne superpose pas $\mathcal{E}$ à elle-même;* c'est ce qui a lieu, notamment, pour l'opérateur $i\partial^k$ et avec un état $\mathcal{E}$ du genre espace; dans ce cas, rien de ce qui vient d'être dit ne tient (sauf en l'absence de quadripotentiel régnant); toutefois, lorsque $\mathcal{E}$ est plane, un substitut de l'opérateur $i\partial^k$ correspondant à la direction normale peut être trouvé dans l'hamiltonien homologue $i\gamma^u(\gamma^k\partial_k - \mu)$, mais, à notre sens, ce n'est là qu'un substitut approché.

Notre théorie procède entièrement des idées exposées dans nos deux Notes d'octobre 1947 ([6]), idées qui incluaient l'assimilation du positon à un électron rétrograde dans le temps.

ASTRONOMIE. — *Sur la répétition artificielle de certains phénomènes astronomiques brefs grâce à une méthode d'observation par double image.* Note de M. **Paul Muller**, présentée par M. André Danjon.

L'observation de certains phénomènes astronomiques est limitée, de par leur nature même, à la notation d'un instant unique; telles sont, entre autres, les occultations par la Lune et certaines phases des aspects présentés par les quatre gros satellites de Jupiter.

Nous avons réussi à effectuer ces deux sortes d'observations en répétant artificiellement le phénomène un certain nombre de fois avant ou après l'instant où il se produisait réellement, à l'aide de notre micromètre à double image ([1]). La méthode consiste à dédoubler les images suivant la direction du mouvement apparent de l'astre (étoile ou satellite) vers le bord lunaire ou planétaire, de façon à observer un contact entre l'image primaire de l'un et l'image secondaire de l'autre, alors que dans la réalité ils sont encore (ou déjà) séparés par une certaine distance. On répète l'opération avec des dédoublements croissants ou décroissants, suivant le sens du mouvement relatif, en notant à chaque fois l'instant du contact et la lecture du tambour du micromètre. Connaissant la lecture du zéro (coïncidence des images), une extrapolation à l'aide d'une droite de récurrence, dont le mode de construction est évident, fournit l'instant du vrai phénomène. L'observation de ce dernier, probablement entaché d'effets systématiques dont les contacts sont exempts, ne présente aucun intérêt particulier.

---

([1]) *Thèses*, Paris, 1948, ou *Bulletin Astronomique*, 14, 1949, p. 177 et suiv.

La méthode permet, non seulement de multiplier les épreuves, mais encore d'étaler dans le temps l'observation d'un phénomène qui, pris isolément, est susceptible de se présenter dans des conditions défavorables (agitation atmosphérique, mauvaise visibilité des étoiles faibles près du bord lunaire, effet de surprise à l'émersion et même à l'immersion). Dans le cas des occultations par la Lune, elle offre surtout la possibilité entièrement nouvelle d'éliminer dans une large mesure l'erreur due aux inégalités du bord. Il suffit en effet de décaler le micromètre, de façon à lui faire dédoubler les images dans une direction un peu différente de celle du mouvement apparent de la Lune, pour voir les contacts successifs se produire non au lieu même du vrai phénomène, mais en une série de points échelonnés sur le bord lunaire dans son voisinage immédiat.

Dans ce même cas des occultations par la Lune, la course disponible limite assez étroitement la durée utile de l'observation; même avec un foyer aussi court ($1^m,85$) que celui de notre équatorial de $162^{mm}$, on ne peut opérer pendant plus de 20 à 30 secondes. Aussi avons-nous équipé notre appareil en micromètre à enregistrement automatique; l'observation consiste alors simplement à imprimer à la vis un mouvement continu (une manivelle, équilibrée par un contrepoids, peut s'adapter à cet effet à la tête de la vis) de façon à bissecter constamment l'étoile par le bord lunaire.

Il faut naturellement *voir* le bord; en ceci, la méthode par double image est assez exactement complémentaire de la méthode photoélectrique, qui, au contraire, s'accommode assez mal de la présence de ce bord. Remarquons que les deux images sont polarisées à angle droit, ce qui permet au moyen d'un analyseur d'affaiblir à volonté celle du bord lunaire, tout en conservant pratiquement intact l'éclat de l'étoile.

Dans le cas des immersions, émersions et passages des satellites de Jupiter, on dispose de tout le temps nécessaire et le recours à l'enregistrement est inutile; il est simplement commode de toper les instants des contacts sur un chronographe. Il est indispensable, malgré la lenteur du mouvement relatif, de dicter les lectures à un aide. Une mesure comporte en effet un minimum de quatre pointés, car il faut faire intervenir les deux bords du satellite, et croiser les pointés pour éliminer la dérive due à son mouvement. En fait, nous opérons par pointés doubles et chaque mesure en groupe 8. Dans ces conditions, on obtient sans peine de 20 à 30 mesures complètes au cours du temps disponible; il est raisonnable de ne pas suivre le satellite à plus de 5 à $10''$ du bord de la planète. Lorsqu'il s'en trouve très près, son bord le plus rapproché de cette dernière devient difficile à pointer; on se contente alors d'utiliser l'autre, les observations complètes fournissant la réduction au centre, exempte de la dérive.

La précision du résultat dépend surtout de l'état des images. Nos

meilleures droites de récurrence le donnent à quelques secondes près. Avec un instrument plus grand et en revenant à l'enregistrement automatique (suivant une technique spéciale d'accompagnement alterné sur les deux bords), on peut probablement espérer mieux. On se souviendra, pour apprécier à sa juste valeur un résultat de ce genre, que le satellite ne parcourt, en moyenne, que 0",2 à 0",3 *par minute*. Des observations faites aux environs de l'opposition (nos essais se placent à l'époque de la quadrature) devraient fournir au moins une valeur précise du diamètre de Jupiter.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la répartition spectrale de l'énergie au centre du disque solaire entre* 6700 *et* 23 000 Å. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note présentée l'an dernier (1) nous avons montré l'urgence de nouvelles mesures de $I_\lambda(O)$ pour tenter de confirmer ou d'infirmer le désaccord entre la théorie et l'observation en ce qui concerne la position dans le spectre du minimum d'absorption.

Une première série de mesures a été effectuée l'été dernier à l'Observatoire de Haute-Provence. Le principe de la méthode utilisée est le suivant. Nous comparons au Soleil une lampe qui a été préalablement comparée à un corps noir. Nous avons employé une lampe Philips à ruban de tungstène alimentée par accumulateur. La constance du courant était contrôlée à l'aide d'un potentiomètre. Pour tenir compte des variations de la lampe dans le temps par vieillissement, nous avons employé trois lampes : la première est comparée à la seconde au début et à la fin des mesures, la seconde est comparée à la troisième plusieurs fois pendant les mesures, la troisième est comparée au Soleil. Le récepteur était une cellule au PbS. Pour rendre les énergies comparables, nous avons affaibli le rayonnement solaire à l'aide de diaphragmes et de filtres étalonnés. Nous avons déterminé chaque jour l'absorption atmosphérique en utilisant la méthode de Bouguer. Enfin, nous avons mesuré le facteur de réflexion des miroirs du sidérostat.

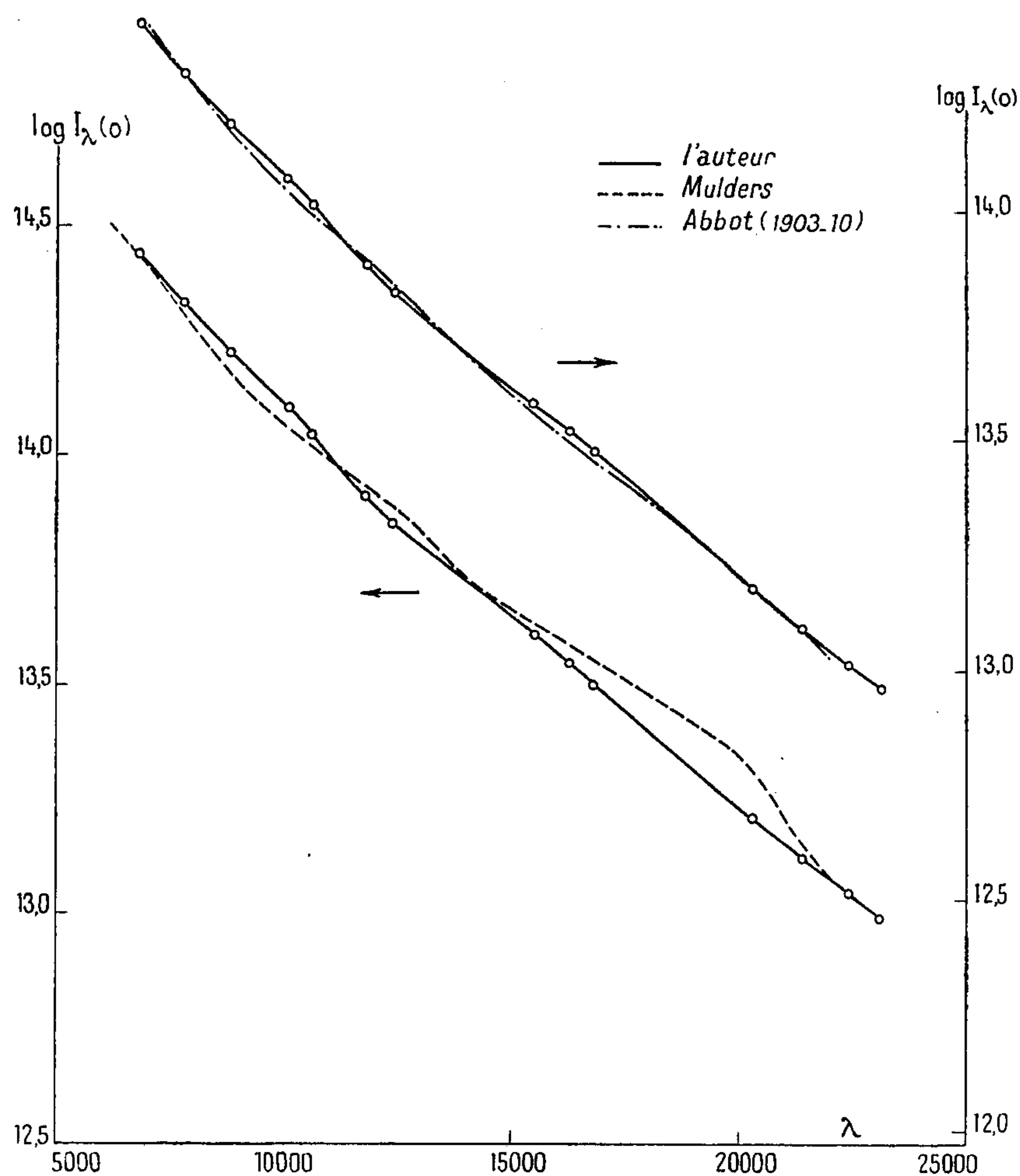
La comparaison de la première lampe au corps noir a été effectuée au Laboratoire des Hautes températures.

Les résultats sont représentés sur la figure 1, où nous avons porté en ordonnée $\log I_\lambda(O)$. Cette courbe est définie à une translation près par nos mesures. Nous avons placé en même temps la courbe $\log I_\lambda(O)$ due à Mulders. Nous constatons un désaccord considérable entre 1$^\mu$,5 et 2$^\mu$. Pour transformer nos résultats en unités absolues, nous avons cherché par une translation convenable à faire coïncider au mieux les régions 0$^\mu$,7 — 1$^\mu$,5 et 2$^\mu$,2 — 2$^\mu$,3.

(*) Séance du 19 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 517.

Afin de comparer notre courbe à d'autres résultats, nous avons appliqué aux premiers résultats d'Abbot (1903-1910) la même correction que Mulders et nous avons déplacé par translation notre courbe comme précédemment. Nous




constatons que l'accord est bien meilleur, seulement il en résulte une incertitude pour passer en unités absolues. Nous conserverons cependant les premières valeurs qui coïncident beaucoup mieux que les secondes avec les résultats semi-théoriques de De Jager que celui-ci nous a communiqués avant publication.

L'interprétation de ces nouvelles données d'observation est en cours.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'équilibre de la zone convective des atmosphères des étoiles.* Note de M<sup>me</sup> **Charlotte Pecker**, présentée par M. André Danjon.

1. Dans l'atmosphère des étoiles existe une couche radiative superficielle surmontant une couche convective plus profonde où il y a un incessant mouve-

ment de matière (courants de convection). Le transport de l'énergie s'y fait par convection et par rayonnement. Pour résoudre plus facilement l'équation de transfert de cette énergie on est amené à faire deux hypothèses extrêmes : ou bien la convection est négligeable et le transport de l'énergie se fait uniquement par rayonnement (atmosphère entièrement en équilibre radiatif), ou bien les courants de convection sont très importants et l'on peut supposer que l'équilibre adiabatique est approximativement réalisé.

2. Mais si l'on veut superposer une zone convective en équilibre adiabatique et une zone radiative d'épaisseur $\tau_0$, l'équilibre radiatif se trouve modifié. Le flux zone radiative est

$$F(\tau) = 2\int_{\tau}^{\infty} B(t) K_2(t-\tau)\, dt - 2\int_{0}^{\tau} B(t) K_2(\tau - t)\, dt$$

et se trouve influencé si $\tau > \tau_1$ par la présence de la zone convective. Cayrel [1] a récemment montré que la zone convective ne peut être en équilibre adiabatique que si au voisinage de la zone radiative, les deux gradients, radiatif et adiabatique, sont très voisins. Il faut alors que dans le plan B, $dB/d\tau$, la quantité $(1/B)(dB/d\tau)$ soit sensiblement constante au voisinage du point de raccordement, la constante dépendant de la profondeur optique $\tau_0$.

Cette condition peut encore s'exprimer en annulant

$$(1) \qquad \frac{d}{dB}\left(\frac{dB}{d\tau}\right) = 0,$$

ce qui donne le lieu des points où un raccord est possible; (1) a été calculée à l'aide des relations

$$B = \frac{\sigma}{\pi} T^4 \qquad \text{et} \qquad d\tau = \frac{x\, dP}{g},$$

on a alors

$$\frac{d}{dB}\left(\frac{dB}{d\tau}\right) = \frac{g}{xP}\left[\frac{d\log\frac{\gamma-1}{\gamma}}{d\log P} - \frac{d\log x}{d\log P} + 4\frac{\gamma-1}{\gamma} - 1\right],$$

$(\gamma-1)/\gamma$ étant le gradient adiabatique $(d\log T/d\log P)_A$ qui a été tabulé en fonction de $\log P_e$ et de $\log T$.

$d\log[(\gamma-1)/\gamma]$ et $d\log x$ ont été calculés en prenant les différences tabulaires par rapport à $\log P_e$ et $\log T$.

Les valeurs de la quantité entre crochets ont été tabulées ci-dessous (tableau I) en supposant l'atmosphère uniquement constituée d'hydrogène.

---

(1) *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

TABLEAU I.

| log T. log $P_e$.... | 2. | 2,5. | 3. | 3,5. |
|---|---|---|---|---|
| 3,95 ........... | −1,643 | −1,641 | −1,955 | −2,629 |
| 4,00 ........... | −1,255 | −1,298 | −1,357 | −1,741 |
| 4,05 ........... | +0,700 | −0,574 | −1,122 | −1,388 |
| 4,10 ........... | +2,325 | +1,590 | +0,290 | −0,746 |
| 4,15 ........... | – | +2,336 | +2,129 | +1,213 |

Par conséquent $d[dB/d\tau]/dB$ peut s'annuler le long d'une ligne du plan $\log P_e$, $\log T$ et au voisinage de cette ligne le raccordement est possible.

Ces calculs ont été également faits pour une atmosphère constituée d'hydrogène et de métaux (le rapport hydrogène-métal étant $\log A = 3.8$), l'allure du tableau n'était pas sensiblement modifiée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur les fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes.* Note (*) de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Louis de Broglie.

On précise quelques propriétés des fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes. On donne un théorème utile dans l'étude de la polarisation de la lumière.

1. *Définitions et hypothèses.* — Soient $X_j(t)[j=1, 2, \ldots, K]$ K fonctions aléatoires complexes (A étant complexe, nous appellerons $A'$ sa partie réelle, $iA''$ sa partie imaginaire et $\underset{(\varepsilon)}{\underline{A}}$ un nombre complexe égal à A pour $\varepsilon = +1$ et au conjugué $A^*$ pour $\varepsilon = -1$). Soient $t^l (l = 1, 2, \ldots, N)$ N valeurs arbitraires. On dira que les K fonctions $X_j$ forment un *système laplacien* si, quels que soient N et les $t^l$, les 2KN variables aléatoires $X'_j(t^l)$ et $X''_j(t^l)$ obéissent à une loi de Laplace-Gauss dans leur ensemble (1).

Si les K fonctions $X_j$ sont totalement stationnaires d'ordre deux (2), elles sont totalement stationnaires de tous ordres (2) et strictement stationnaires. Nous dirons alors que le système est *stationnaire laplacien*.

On supposera que $E\{X_j(t)\}$ est nul et que l'on peut écrire (3) :

$$(1) \qquad X_j(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i\nu t}\, dx_j(\nu), \qquad \text{avec} \quad \iint \left| E\left\{ \underset{(\varepsilon_1)}{\underline{dx_j(\nu_1)}}\; \underset{(\varepsilon_2)}{\underline{dx_m(\nu_2)}} \right\} \right| < C$$

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) A. Blanc-Lapierre, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 378.

(2) A. Blanc-Lapierre, *Revue scientifique*, 1947, p. 1027.

(3) M. Loève, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 295 et 380.

la condition de convergence absolue contenue dans (1) valant pour $j$, $m$, $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$ quelconques (E désigne l'espérance mathématique).

2. THÉORÈMES. — 1° *Si* $X_j(t)[j=1, \ldots, k]$ *est un système laplacien, il en est de même de* $\mathcal{F}_1[X_1(t)], \ldots, \mathcal{F}_k[X_k(t)]$ *où* $\mathcal{F}_1, \ldots, \mathcal{F}_k$ *sont des filtres linéaires quelconques* (2) (3).

2° *Des accroissements quelconques, en nombre fini quelconque des* $x_j(\nu)$ *et des* $x_j^*(\nu)$ *sont laplaciens.*

3° *Si* $X_j(t)[j=1, \ldots, k]$ *est un système stationnaire laplacien, il en est de même de* $\mathcal{F}_1[X_1(t)], \ldots, \mathcal{F}_k[X_k(t)]$.

3. *Analyse harmonique d'une fonction stationnaire laplacienne.* — Soit $X(t)$ une fonction aléatoire stationnaire laplacienne.

THÉORÈME. — *Le caractère stationnaire entraîne les relations suivantes :*

$$(2)\qquad E\{dx(\nu)\}\equiv 0;\qquad E\{\underset{(\varepsilon_1)}{dx(\nu_1)}\,\underset{(\varepsilon_2)}{dx(\nu_2)}\}\equiv 0\quad\text{sauf si}\quad \varepsilon_1\nu_1+\varepsilon_2\nu_2=0.$$

*Conséquences.* — 1° Si $|\nu_1|\neq|\nu_2|$, $dx'(\nu_1)$, $dx''(\nu_1)$, $dx'(\nu_2)$, $dx''(\nu_2)$ sont quatre variables laplaciennes indépendantes.

2° Si $\nu_1=-\nu_2=\mu>0$, posons

$$(3)\qquad dx_+(\mu)=x(\mu+d\mu)-x(\mu);\qquad dx_-(\mu)=x(-\mu)-x(-\mu-d\mu);$$

$$(4)\qquad dF_+(\mu)=E\{|dx_+(\mu)|^2\};\qquad dF_-(\mu)=E\{|dx_-(\mu)|^2\};$$

$$(5)\qquad dV(\mu)=E\{dx_+(\mu)\,dx_-(\mu)\}.$$

Les quatre variables $dx'_+(\mu)$, $dx''_+(\mu)$, $dx'_-(\mu)$, $dx''_-(\mu)$ sont laplaciennes; le tableau de leurs corrélations est le suivant :

| | $dx'_+(\mu)$ | $dx''_+(\mu)$ | $dx'_-(\mu)$ | $dx''_-(\mu)$ |
|---|---|---|---|---|
| $dx'_+(\mu)$ | $\frac{1}{2}dF_-(\mu)$ | 0 | $\frac{1}{2}dV'(\mu)$ | $\frac{1}{2}dV''(\mu)$ |
| $dx''_+(\mu)$ | 0 | $\frac{1}{2}dF_+(\mu)$ | $\frac{1}{2}dV''(\mu)$ | $-\frac{1}{2}dV'(\mu)$ |
| $dx'_-(\mu)$ | $\frac{1}{2}dV'(\mu)$ | $\frac{1}{2}dV''(\mu)$ | $\frac{1}{2}dF_-(\mu)$ | 0 |
| $dx''_-(\mu)$ | $\frac{1}{2}dV''(\mu)$ | $-\frac{1}{2}dV'(\mu)$ | 0 | $\frac{1}{2}dF_-(\mu)$ |

4. *Définitions.* — Nous dirons que la composante monochromatique

$$(6)\qquad dz(\mu, t)=dx_+(\mu)\,e^{2\pi i\mu t}+dx_-(\mu)\,e^{-2\pi i\mu t}$$

est du *type non polarisé* si l'on a

$$(7)\qquad dF_+(\mu)=dF_-(\mu)\qquad\text{et}\qquad dV(\mu)=0.$$

Nous dirons que cette composante monochromatique est *polarisée elliptiquement* si les ellipses décrites, dans le plan complexe, lorsque $t$ varie, par l'image de $dz(\mu, t)$ ont toutes même excentricité, même sens, et même direc-

(3) A. BLANC-LAPIERRE et R. FORTET, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 467 et 713.

tion de grand axe (sauf peut-être sur un ensemble d'épreuves correspondant à une probabilité totale nulle).

5. Théorème. — 1° *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une vibration soit polarisée elliptiquement est que l'on ait*

$$(8) \qquad |dV|^2 = dF_+(\mu)\, dF_-(\mu).$$

2° *Pour chaque valeur de* $\mu$, $dz(\mu, t)$ *peut être, et d'une seule façon, considéré comme la somme de deux composantes* $dz_1$ *et* $dz_2$ *laplaciennes indépendantes dont l'une est polarisée elliptiquement et l'autre est du type non polarisé* ([5]).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la connexion des espaces affines.* Note de M[me] **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si l'on admet que le transport parallèle généralisé commute avec l'addition, les coefficients de connexion sont définis par deux grandeurs à trois indices se transformant l'une comme un symbole de Christoffel de deuxième espèce, l'autre comme son opposé, et par des tenseurs dont la structure est donnée. Ces tenseurs sont nuls si l'on admet que le transport parallèle généralisé commute de plus avec la multiplication.

1. Dans l'espace amorphe, simple ensemble des valeurs de $n$ variables $x^i$ continues et indépendantes, on ne peut affirmer l'égalité ou l'inégalité de deux tenseurs, à moins qu'ils ne soient attachés à un même point ([1]), car l'égalité numérique des composantes ne résiste pas, en général, aux changements de coordonnées. Pour construire un espace connexe, c'est-à-dire un espace où l'on peut comparer des tenseurs attachés à des points infiniment voisins, il faut donner une structure à l'espace amorphe originel en lui adjoignant une famille de fonctions $f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ des $x^i$, $dx^k$ et de tenseurs attachés au point $x^i$, et données pour toutes les valeurs entières positives ou nulles de $r$ et de $s$. Lors d'un changement de coordonnées on transformera les $f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ comme des tenseurs attachés au point $x^i+dx^i$. On dira qu'un tenseur $\overline{\overline{T}}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ attaché au point $x^i+dx^i$, est « télé-égal » au tenseur $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ attaché au point $x^i$, si

$$(1) \qquad \overline{\overline{T}}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} = f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}(T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s}, x^i, dx^k).$$

La télé-égalité, généralisation de l'égalité, doit comprendre celle-ci ; les fonctions $f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ ne sont donc pas tout à fait quelconques, mais doivent vérifier les

(5) Dans son important travail sur l'analyse harmonique généralisée, M. Norbert Wiener indique des résultats qui, bien que présentés sous une forme différente, sont très voisins de ceux contenus dans ce théorème (*Acta mathematica*, 55, 1930, p. 117).

(1) H. Weyl, *Math.*, *Z.* 2, 1918, p. 389-395 ; A. Einstein, *Ann. Physik*, 49, 1916, p. 765.

équations

$$(2)\qquad f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}(T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s},\ x^i,\ 0) = T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$$

d'où, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur,

$$(3)\qquad f^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} = T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s} + g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon}\, dx^\varepsilon,$$

les $g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon}$ étant des fonctions des $T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s}$ et des $x^i$.

La télé-égalité ainsi définie possède bien les deux propriétés essentielles de l'égalité :

1° Si $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ est télé-égal à $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$, $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ est télé-égal à $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$.

2° Si $\overline{\overline{T}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ et $\overline{\overline{T'}}{}^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ (points d'attache distincts ou confondus) sont télé-égaux à $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$, ils sont télé-égaux entre eux.

La construction en un point $x^i + dx^i$ du tenseur télé-égal à un tenseur $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$, attaché au point $x^i$, est une généralisation du transport parallèle du tenseur $T^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s}$ du point $x^i$ au point $x^i + dx^i$. Pour que ce transport parallèle généralisé conserve la forme des équations tensorielles, il faut admettre sa commutativité avec l'addition, la multiplication et la contraction. Il se réduit alors au transport parallèle classique.

2. Admettons la commutativité du transport parallèle généralisé avec l'addition. Cette hypothèse précise la structure des fonctions $g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon}$ :

$$(4)\qquad g^{\alpha_1\ldots\alpha_r}_{\beta_1\ldots\beta_s\varepsilon} = -\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}\, T^{\gamma_1\ldots\gamma_r}_{\delta_1\ldots\delta_s}$$

les $\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ étant des fonctions des $x^i$.

La loi de transformation des $\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ est

$$(5)\qquad \Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = \left(\prod_{i=1}^{r} a^{\alpha_i}_{\mu_i}\right)\left(\prod_{i=1}^{s} b^{\nu_i}_{\beta_i}\right)\left(\prod_{i=1}^{r} b^{\omega_i}_{\gamma_i}\right)\left(\prod_{i=1}^{s} a^{\delta_i}_{\pi_i}\right) b^{\rho}_{\varepsilon}\, \Gamma'^{\mu_1\ldots\mu_r\pi_1\ldots\pi_s}_{\nu_1\ldots\nu_s\omega_1\ldots\omega_r\rho}$$
$$-\left(\prod_{i=1}^{s}\delta^{\delta_i}_{\beta_i}\right)\sum_{i=1}^{r}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right) a^{\alpha_i}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\gamma_i}\, b^{\nu}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{r}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\right]$$
$$+\left(\prod_{i=1}^{r}\delta^{\alpha_i}_{\gamma_i}\right)\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right) a^{\delta_i}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\beta_i}\, b^{\nu}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{s}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\right]$$

où

$$a^i_k = \frac{\partial x^i}{\partial x'^k},\qquad a^i_{km} = \frac{\partial^2 x^i}{\partial x'^k\,\partial x'^m},\qquad b^i_k = \frac{\partial x'^i}{\partial x^k},\qquad \delta^i_k = \begin{cases} 1 & \text{si } i = k,\\ 0 & \text{si } i \neq k.\end{cases}$$

En particulier

$$(6)\qquad \Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon} = a^{\alpha}_{\mu}\, b^{\omega}_{\gamma}\, b^{\rho}_{\varepsilon}\, \Gamma'^{\mu}{}_{\omega\rho} - a^{\alpha}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\gamma}\, b^{\nu}_{\varepsilon},$$

$$(7)\qquad \Gamma_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon} = b^{\nu}_{\beta}\, a^{\delta}_{\pi}\, b^{\rho}_{\varepsilon}\, \Gamma'_{\nu}{}^{\pi}{}_{\rho} + a^{\delta}_{\mu\nu}\, b^{\mu}_{\beta}\, b^{\nu}_{\varepsilon},$$

Les $\Gamma^{\alpha}{}_{\gamma\varepsilon}$ et $-\Gamma_{\beta}{}^{\delta}{}_{\varepsilon}$ se transforment donc comme le symbole de Christoffel de

seconde espèce. Posons

$$(8)\qquad \mathrm{A}^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = \Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} - \left(\prod_{i=1}^{s}\delta^{\delta_i}_{\beta_i}\right)\sum_{i=1}^{r}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\Gamma^{\alpha_i}{}_{\gamma_i\varepsilon}\left(\prod_{k=i-1}^{r}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\right] - \left(\prod_{i=1}^{r}\delta^{\alpha_i}_{\gamma_i}\right)\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\prod_{i=1}^{i-1}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\Gamma_{\beta_i}{}^{\delta_i}{}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{s}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\right].$$

Les $\mathrm{A}^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ sont des *tenseurs*. En particulier $\mathrm{A}_\varepsilon = \Gamma_\varepsilon$, $\mathrm{A}^\alpha{}_{\gamma\varepsilon} = 0$, $\mathrm{A}_\beta{}^\delta{}_\varepsilon = 0$.

La connexion est donc définie par $\Gamma^\alpha{}_{\gamma\varepsilon}$ et $-\Gamma_\beta{}^\delta{}_\varepsilon$ se transformant comme le symbole de Christoffel de seconde espèce, et des tenseurs.

Remarquons que dans de tels espaces les tenseurs nuls sont télé-égaux entre eux.

3. Admettons de plus la commutativité du transport parallèle généralisé avec la multiplication. Cette hypothèse supplémentaire permet de calculer tous les $\Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon}$ à partir de $\Gamma^\alpha{}_{\gamma\varepsilon}$ et $\Gamma_\beta{}^\delta{}_\varepsilon$. En effet :

$$(9)\qquad \mathrm{A}^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = 0,$$

d'où

$$(10)\qquad \Gamma^{\alpha_1\ldots\alpha_r\delta_1\ldots\delta_s}_{\beta_1\ldots\beta_s\gamma_1\ldots\gamma_r\varepsilon} = \left(\prod_{i=1}^{s}\delta^{\delta_i}_{\beta_i}\right)\sum_{i=1}^{r}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\Gamma^{\alpha_i}{}_{\gamma_i\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{r}\delta^{\alpha_k}_{\gamma_k}\right)\right] + \left(\prod_{i=1}^{r}\delta^{\alpha_i}_{\gamma_i}\right)\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\prod_{k=1}^{i-1}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\Gamma_{\beta_i}{}^{\delta_i}{}_{\varepsilon}\left(\prod_{k=i+1}^{s}\delta^{\delta_k}_{\beta_k}\right)\right].$$

La connexion est donc définie par $\Gamma^\alpha{}_{\gamma\varepsilon}$ et $\Gamma_\beta{}^\delta{}_\varepsilon$.

4. Si l'on admet de plus la commutativité du transport parallèle généralisé avec la contraction,

$$(11)\qquad \Gamma^\alpha{}_{\gamma\varepsilon} + \Gamma_\gamma{}^\alpha{}_\varepsilon = 0,$$

la connexion est définie par $\Gamma^\alpha{}_{\gamma\varepsilon}$ et l'équation (1) devient l'équation classique du transport parallèle.

RELATIVITÉ. — *Sur une théorie de la « relativité conforme ».*

Note de M. **Richard Ingraham**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une théorie unitaire de la gravitation, de l'électromagnétisme, et du méson qui se réduit à la relativité ordinaire et à la relativité projective comme cas particuliers est construite dans le cadre de la géométrie conforme. Comme on a adopté les transformations conformes non holonomes de O. Veblen et s'est tenu aux quatre coordonnées d'espace-temps, la dérivation covariante a dû être généralisée et les tenseurs de courbure apparaissent comme tenseurs-opérateurs.

Je donne ici le résumé d'une « relativité conforme », c'est-à-dire d'une

théorie covariante vis-à-vis du groupe conforme complet; elle sera publiée en plus grand détail ailleurs.

Considérons deux espaces d'objets géométriques, caractérisés par leurs coefficients de transformation (en général) non holonomes $U^{\rho}_{\sigma}$, $V^{\rho}_{\sigma}$ et $B^{B}_{\Lambda}$, $A^{B}_{\Lambda}$ [1] ainsi que les tenseurs [2] dans chaque espace et entre les deux, soit par exemple [3]

$$(1)\quad t'^{\rho}=t^{\sigma}V^{\rho}_{\sigma},\qquad v'_{\rho}=v_{\sigma}U^{\sigma}_{\rho},\qquad t'^{\Lambda}=t^{B}A^{\Lambda}_{B},\qquad v'_{\Lambda}=v_{B}B^{B}_{\Lambda},\qquad t'^{\rho}_{\Lambda}=t^{\pi}_{B}V^{\rho}_{\pi}B^{B}_{\Lambda},\qquad \dots$$

On peut introduire une dérivation covariante vis-à-vis des $U^{\rho}_{\sigma}$, $V^{\rho}_{\sigma}$ si l'on emploie un opérateur linéaire différentiel au lieu de la dérivée ordinaire, par exemple pour le tenseur mixte $t^{\rho}_{\Lambda}$

$$(2)\qquad t^{\rho}_{\Lambda;\nu}\equiv X_{\nu}.\,t^{\rho}_{\Lambda}+t^{\lambda}_{\Lambda}\Gamma^{\rho}{}_{\lambda\nu}-t^{\rho}_{B}L^{B}{}_{\Lambda\nu},\qquad X_{\nu}\equiv D^{M}_{\nu}\,\partial_{m};$$

où ces connexions et $D^{M}_{\nu}$ se transforment conformément aux formules

$$(3)\qquad L'^{B}{}_{\Lambda\nu}=L^{C}{}_{D\lambda}A^{B}_{C}B^{D}_{\Lambda}U^{\lambda}_{\nu}+A^{B}_{C}X'_{\nu}.\,B^{C}_{\Lambda},\qquad \Gamma'^{\rho}{}_{\lambda\nu}=\Gamma^{\tau}{}_{\pi\xi}.\,U^{\pi}_{\lambda}U^{\xi}_{\nu}V^{\rho}_{\tau}+V^{\rho}_{\tau}X'_{\nu}.\,U^{\tau}_{\lambda}.$$
$$D'^{M}_{\nu}=D^{N}_{\pi}U^{\pi}_{\nu}\frac{\partial x'^{m}}{\partial x^{n}}.$$

Puis, on peut définir [4] le tenseur-*opérateur* de Riemann agissant sur $t^{\rho}_{\Lambda}$

$$(4)\qquad \left[\partial^{B}_{A}R^{\mu}{}_{\lambda\xi\rho}+\partial^{B}_{A}\partial^{\mu}_{\lambda}(X_{\xi},X_{\rho}).+2\,\partial^{B}_{A}\partial^{\mu}_{\lambda}\Gamma^{\nu}{}_{\underline{\xi\rho}}X_{;\nu}-\partial^{\mu}_{\lambda}T^{B}{}_{A\xi\rho}\right]t^{\lambda}_{B}=t^{\mu}_{A;\xi\rho}-t^{\mu}_{A;\rho\xi},$$

où

$$(5)\qquad \begin{cases} R^{\mu}{}_{\lambda\xi\rho}\equiv X_{\xi}.\,\Gamma^{\mu}{}_{\lambda\rho}-X_{\rho}.\,\Gamma^{\mu}{}_{\lambda\xi}+\Gamma^{\mu}{}_{\tau\xi}\Gamma^{\tau}{}_{\lambda\rho}-\Gamma^{\mu}{}_{\tau\rho}\Gamma^{\tau}{}_{\lambda\xi}, \qquad X_{;\nu}t^{\lambda}_{B}\equiv t^{\lambda}_{B;\nu};\\ T^{B}{}_{A\xi\rho}\equiv X_{\xi}.\,L^{B}{}_{A\rho}-X_{\rho}.\,L^{B}{}_{A\xi}+L^{B}{}_{C\xi}L^{C}{}_{A\rho}-L^{B}{}_{C\rho}L^{C}{}_{A\xi};\\ (X_{\xi},X_{\rho})\equiv(X_{\xi}.\,D^{M}_{\rho}-X_{\rho}.\,D^{M}_{\xi})\,\partial_{m}.\end{cases}$$

On voit que les opérateurs de courbure dans chaque espace, en tant que cas particuliers [5], s'obtiennent à partir de l'expression (4).

Si nous supposons maintenant l'existence d'un tenseur symétrique fondamental $h_{AB}$ dans le second espace, on peut former un invariant avec le premier membre de (4) en contractant en $\mu$, $\rho$ et multipliant à gauche par $h^{AC}t^{\xi}_{C}$. On impose la condition :

$$(6)\qquad \partial\int\left[h^{AB}t^{\xi}_{A}t^{\lambda}_{B}R^{\mu}{}_{\lambda\xi\mu}+h^{AB}t^{\xi}_{B}(X_{\xi},X_{\lambda}).\,t^{\lambda}_{A}+2\,h^{AB}t^{\xi}_{B}\Gamma^{\nu}_{\underline{\xi\lambda}}t^{\lambda}_{A;\nu}-h^{AC}t^{\xi}_{C}t^{\lambda}_{B}T^{B}_{A\xi\lambda}\right]\sqrt{g}\,(dx)=0,$$
$$g\equiv\operatorname{Det}g_{mn}\quad(g_{mn}\text{ métrique relativiste}),\qquad (dx)\equiv dx^{1}dx^{2}dx^{3}dx^{4},$$

---

(1) $\rho,\sigma,\tau\ldots=0,1,\ldots N-1$ ; $A, B, C,\ldots=0,1,\ldots M-1\leqq N-1$ ; $m,n,p,q,\ldots=1,\ldots 4$t.

(2) Tous les objets géométriques et les coefficients de transformation $U^{\tau}_{\sigma}$, $A^{B}_{\Lambda}$, ..., sont uniquement des fonctions des $x^{p}$, $p=1,\ldots 4$, coordonnées de la relativité générale.

(3) Les transformations U, V et A, B peuvent être indépendantes ou U, V peut induire une transformation correspondante A, B.

(4) Le signe — ou $\vee$ sous deux indices désignera soit la partie symétrique soit la partie antisymétrique.

(5) A remarquer que $R^{\lambda}{}_{\mu\rho\xi}$ et $T^{A}{}_{B\rho\xi}$ ne sont point des tenseurs en général, et $(X_{\rho}, X_{\xi})$ n'est pas un tenseur-opérateur.

lorsque les connexions $L^{A}{}_{B\rho}$ et $\Gamma^{\mu}{}_{\rho\xi}$ sont variées [6]. J'obtiens, par un formalisme de Palatini généralisé,

$$(7)\quad a.\quad \text{Pour } L^{A}{}_{B\rho} : \left(h^{BC} t^{\xi}_{\underset{\vee}{C}} t^{\rho}_{A}\right)_{\star;\xi}^{\ \star} = 0 ; \qquad b.\quad \text{Pour } \Gamma^{\lambda}{}_{\rho\xi} : (h^{AB} t^{\rho}_{A}) t^{\xi\ \star}_{B;\lambda} + t^{\rho}_{A}(h^{AB} t^{\xi}_{B})^{\ \star}_{\star;\lambda} = 0,$$

où

$$\overset{\star}{\Gamma}{}^{\mu}{}_{\rho\xi} \equiv \overset{\star}{\Gamma}{}^{\mu}{}_{\rho\xi} + \frac{1}{2}\delta^{\mu}_{\rho} H_{\xi}, \qquad {}^{\star}L^{A}{}_{B\xi} \equiv L^{A}{}_{B\xi},$$

et

$$H_{\xi} \equiv \frac{1}{\sqrt{g}} \partial_{m}(D^{M}_{\xi}\sqrt{g}) - \Gamma^{\xi}_{\xi\lambda}$$

un vecteur conforme.

Si nous supposons maintenant que les deux espaces ont la même dimension en tant qu'espaces vectoriels, c'est-à-dire que $M = N$, et $t^{\rho}_{A}$ sont linéairement indépendants, d'où $\mathrm{Det}\,(t^{\rho}_{A}) \neq 0$, on trouve que (7) détermine les $\Gamma$, mais seulement $[N^{2}(n+1)/2]$ des L; $N^{3} - [N^{2}(N+1)/2]$ des L restent arbitraires. Si l'on exige en particulier que $h_{AB\star;\lambda}^{\ \ \star} = 0$, (7 *b*) exige $t^{\xi}{}_{A\star;\lambda}^{\ \ \star} = 0$ [7] et (7 *a*) est impliqué par ces deux équations; alors ce sont les $L_{\underset{\vee}{BA}\rho}$ [8] qui restent arbitraires.

Si $t^{A}_{\rho}$ sont les cofacteurs normalisés, on introduit un tenseur symétrique fondamental $S_{\rho T}$ dans le premier espace en exigeant que $t_{\rho}{}^{A} = S_{\rho\tau} t^{\tau A}$; il s'ensuit que les $t^{\rho}_{A} \equiv e^{\rho}_{A}$ deviennent maintenant un ennuple orthogonal unitaire dans chaque espace par rapport à $S_{\rho T}$ et $h_{AB}$.

THÉORIE PHYSIQUE. — *Sur la production des mésons* $\Pi^{+}$ *dans les collisions proton-proton* (*cas de la création du deutéron*). Note de M. **Jacques Prentki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les résultats expérimentaux de Berkeley [1], [2] sur la création des mésons $\pi^{+}$ dans les collisions $p - p$ indiquent l'existence d'un maximum très prononcé qui se situe tout à fait vers la fin du spectre continu des mésons émis. Quand on considère les nucléons de l'état final comme libres, il est difficile d'expliquer un tel maximum par les théories mésiques courantes. Il a donc été suggéré [1], [2] que le proton et le neutron final interagissent pour former

---

(6) A remarquer que les termes sous le signe $\int$ ne sont point des invariants individuels. Ici on suppose les conditions habituelles aux limites.

(7) On peut interpréter $t^{\xi}_{A}{}^{\star}_{;\lambda} = 0$ en disant que L et $\overset{\star}{\Gamma}$ représentent « la même connexion » exprimée en coordonnées différentes (non holonomes).

(8) $L_{BA\rho} \equiv L^{C}{}_{A\rho}\, h_{CB}$; les indices dans l'espace 2 sont déplacés au moyen des $h_{AB}$ et $h^{AB}$.

(1) W. F. Carwright, C. Richman, M. N. Whitehead et H. A. Wilcox, *Phys. Rev.*, **78**, 1950, p. 832.

(2) V. Z. Peterson, *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 407.

un deutéron. Du point de vue énergétique les deux processus possibles A. $P + P \rightarrow P + N + \Pi^{+}$ et B. $P + P \rightarrow D + \Pi^{+}$ sont essentiellement différents. A conduit à un spectre continu, dont l'énergie maximum est dans le système C. G.

$$q_{0\,\max} = \frac{1}{4p_{10}}\left[4p_{10}^{2} - (m_{P} + m_{N})^{2} + \mu^{2}\right],$$

B donne une « raie spectrale » avec

$$q_{0} = \frac{1}{4p_{10}}\left[4p_{10}^{2} - m_{D}^{2} + \mu^{2}\right].$$

On a $q_0 > q_{0\,\max}$. Pour des protons incidents de 345 MeV (système du laboratoire) et pour une énergie de liaison du deutéron $E_0 = 2{,}23$ MeV on trouve $q_{0\,\max} = 168$ MeV, $q_0 = 170$ MeV. La raie spectrale due à la création du deutéron se situe donc juste après la fin du spectre continu.

Dans cette Note nous calculons la section efficace de la réaction B. Un traitement rigoureux est extrêmement ardu. Nous utilisons une méthode approximative qui cependant permet de se prononcer tout au moins sur l'ordre de grandeur de la section efficace. Avec M. Marty nous avions calculé la section efficace de la mésodésintégration du deutéron ([3]) en supposant, pour le deutéron la validité du formalisme de Möller-Rosenfeld ([4]). Or la mésodésintégration constitue le phénomène inverse de B. En appliquant le principe de la « detailed balance », il est aisé de trouver la section efficace de B à partir des résultats de ([3]). Dans le cas d'un méson Π pseudoscalaire on démontre que seulement les états $^1S_0$, $^3P_1$, $^3P_2$, $^1D_2$ du spectre continu du système de deux nucléons, provenant de la décomposition de l'onde plane du système initial en ondes sphériques, donnent une contribution à l'état final $^3S_1$ du spectre discret du deutéron. La section efficace de B dans le système C. G. est

$$\sum\nolimits_{B} = \frac{16\pi}{3}\,\frac{f_2^2}{4\pi\hbar c}\,\rho\,\frac{q^3 p_{10}^2}{p_1^3}\,\frac{m_p}{q_0^3}\left[\{\mathrm{I}\}^2 + \frac{2}{3}\,\frac{q^2}{p_1^2}\{\mathrm{II}\}^2\right]$$
$$+ \frac{4\pi}{3}\,\rho\,\frac{\left(f_1 + f_2\dfrac{q_0}{\mu}\right)^2}{4\pi\hbar c}\,\frac{\mu^2 p_{10}^2 q}{m_p^3 p_1 q_0}\,\frac{1}{q_0^2}\left[\{\mathrm{I}\}^2 + \frac{1}{6}\,\frac{q^2}{p_1^2}\{\mathrm{II}\}^2\right],$$

où $\rho = 2{,}79$, $\beta = 0{,}309\,C_1 = 0{,}366$ sont des constantes liées au deutéron $f_2^2/4\pi\hbar c = 0{,}096$ et $f_2^1/4\pi\hbar c = 0{,}03$ sont les constantes d'interaction, $q$ et $p_1$ représentent les moments du méson émis et du nucléon incident,

$$p_{10} = \sqrt{p_1^2 + m_p^2},$$
$$\{\mathrm{I}\} = (1 - C_1)P_0 - (1 - 2C_1)P_1 - C_1 P_2; \qquad \{\mathrm{II}\} = (1 - C_1)P_0^2 - (1 - 2C_1)P_1^2 + C_1 P_2^2$$

---

([3]) C. Marty et J. Prentki, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 765; *J. Phys.*, **10**, 1949, p. 156.
([4]) *Det. Kgl. Danske. Vid. Selsk.*, **17**, 1940, fasc. 8.

avec

$$P_n = \left[1 + (\beta + n)^2 \frac{\mu^2}{p_1^2}\right]^{-1},$$

$\mu = 286\, m_0$, masse du méson; $m_P$, $m_N$, masses des nucléons. Pour $E = 345$ MeV (système du laboratoire) on obtient $\Sigma_B = 1{,}32.10^{-28}$ cm². Les distributions angulaires dépendent du type du méson II. Pour un II pseudo-scalaire, dans le système C. G., elles sont isotropes et par contre en $a + b \cos^2 \theta$ pour un méson vectoriel. L'influence du champ coulombien sur le méson créé est ici pratiquement nulle, ce que l'on démontre à partir de la formule (29) de ([3]). Les sections expérimentales du processus A sont de l'ordre de $10^{-28}$, $10^{-29}$ cm². On voit donc que l'effet B constitue un phénomène qui en principe est bien observable et qui en liaison avec les distributions angulaires peut fournir des indications supplémentaires sur la nature des mésons II. Cependant il est nécessaire de connaître très exactement l'emplacement du maximum du spectre des mésons émis. Une étude expérimentale détaillée de l'extrémité du spectre vers les grandes énergies des mésons $\mathrm{II}^+$ émis dans les collisions $p - p$ semble d'une grande utilité. La superposition d'un spectre continu provenant de A avec la raie spectrale due à B peut donner l'explication de l'ensemble du phénomène.

Les mêmes remarques s'appliquent au spectre des mésons $\mathrm{II}^0$ obtenus dans les collisions $n - p$.

PYROTECHNIE. — *Remarques sur une Note récente de* MM. James et Jacques Basset *intitulée « Influence de la pression ambiante sur les effets des charges creuses et la combustion des poudres »*. Note de MM. **Henri Muraour** et **Jean Fauveau**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Les Auteurs critiquent l'hypothèse formulée par J. et J. Basset pour expliquer l'action inhibitrice de la force centrifuge sur le pouvoir perforant des charges creuses et formulent quelques remarques à propos de l'influence de la pression sur la vitesse de combustion des poudres.

Dans une Note récente ([1]) MM. J. et J. Basset ont formulé quelques hypothèses sur deux sujets très différents :

1° L'influence de la rotation d'une charge creuse sur ses effets perforants.

2° L'influence de la pression sur la vitesse de combustion des poudres colloïdales.

On sait, depuis longtemps, que la mise en rotation d'une charge creuse a pour effet de diminuer les effets de perforation. J. et J. Basset admettent que la force centrifuge agit en comprimant l'explosif dont la brisance serait ainsi

---

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1440.

diminuée et ces auteurs rapprochent ce phénomène de la diminution de brisance des explosifs d'amorçage enflammés dans des gaz sous pression, diminution de brisance que nous avons nous-mêmes étudiée, entre les deux guerres, en collaboration avec J. Basset ([2]).

L'explication proposée nous paraît inadmissible pour les raisons suivantes :

1° Pour les explosifs du type utilisé dans les charges creuses (acide picrique, trinitrotoluène, hexogène), il n'existe pas de « densité limite ».

2° Un obus, par exemple, un projectile de $75^{mm}$, muni d'une fusée à temps, bien qu'en rotation, détone parfaitement sur sa trajectoire.

3° La cause de la diminution de brisance des explosifs d'amorçage enflammés dans un gaz sous pression est encore loin d'être élucidée, il n'est nullement certain que le phénomène existe pour les explosifs dits secondaires. L'expérience est d'ailleurs fort difficile à réaliser car pour faire détoner un explosif secondaire il est nécessaire d'utiliser un explosif d'amorçage qui lui-même perd sa brisance dans un gaz sous haute pression (nous avons cependant réussi à faire détoner un mélange de tétranitrométhane et de toluène dans l'azote sous une pression de 1300 kg/cm$^2$) ([3]).

4° Si la rotation d'une charge creuse à cavité conique diminue son pouvoir perforant, il n'en est plus de même si la cavité est hémisphérique. Dans ce dernier cas l'effet perforant, pour la charge immobile, est plus faible qu'avec la cavité conique, mais cet effet n'est pas sensiblement modifié par la rotation.

La véritable raison de l'effet de rotation doit être recherché, comme on l'admet généralement, dans l'action inhibitrice qu'exerce la force centrifuge sur la formation du dard métallique qui, lancé à une vitesse de l'ordre de 8 000 à 10 000 m/sec est le véritable agent de perforation.

*Influence de la pression sur la vitesse de combustion des poudres colloïdales.* — L'explication donnée par J. et J. Basset des résultats divergents obtenus avec divers types de poudre nous paraît erronée. Ces auteurs admettent qu'il faut rechercher l'origine des écarts observés dans une modification de l'équation de décomposition sous l'influence de la pression. Or, en ce qui concerne les poudre chaudes qui donnent naissance à des gaz riches en $CO_2$ et $H_2O$, une

---

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 809 et *Chimie et Industrie*, 45, n° 3 *bis*, 1941, p. 218. (Communication au 19e Congrès de Chimie industrielle). Pour l'azoture de plomb une influence nette de la pression a été observée à partir de 250 kg/cm$^2$. Ultérieurement James Basset faisant détoner des comprimés d'azoture de plomb dans une cavité creusée dans un bloc de paraffine, placé dans un gaz sous pression, a observé une diminution de la brisance à partir de 25 kg/cm$^2$, mais on peut se demander si les propriétés mécaniques de la paraffine n'ont pas été modifiées sous l'influence de la pression.

La diminution de la brisance des explosifs d'amorçage enflammés dans un gaz sous pression ne doit pas être confondue avec le phénomène dit de surcompression. On sait que l'azoture de plomb ne peut pas être surcomprimé.

([3]) *Chimie et Industrie*, 48, n° 5, 1942, p. 259.

chute de pression doit augmenter la dissociation, c'est-à-dire abaisser la température et, par suite, la vitesse de combustion. Or, c'est exactement l'effet inverse qui a été observé, d'autre part, la poudre 39/49/LB partie BT, citée dans les Notes publiées aux *Comptes Rendus* et dans *Chimie et Industrie* [4] a une composition et une température d'explosion très voisine de celle de la poudre n° 4 utilisée par Basset. Or, ce dernier a enregistré dans la région de 200 à 400$^{kg}$ une bosse très accentuée qui n'existe pas pour la poudre 39/49/LB.

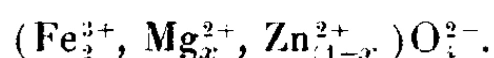
Il est bien évident qu'une conclusion définitive ne pourra être formulée qu'après l'étude complète de l'influence que peut exercer le vernis inhibitor sur la vitesse de combustion [5].

Cette étude paraît d'autant plus nécessaire que les mesures des vitesses de combustion de poudre brûlant soit dans l'azote sous pression soit dans des fusées, exécutées aussi bien en France qu'aux U. S. A., sont en bon accord avec une loi de la forme $V = a + bP$, loi qui a été établie au Laboratoire Central des Poudres, à partir des tirs exécutés dans une bombe Vieille.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des ferrites mixtes de magnésium et de zinc.* Note (*) de M. **Charles Guillaud**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous avons entrepris l'étude des ferrites simples et mixtes de magnésium et de zinc afin de montrer tout particulièrement l'influence des traitements thermiques sur les moments et les points de Curie.

Nous avons étudié, en collaboration avec M$^{me}$ Roux, les ferrites mixtes répondant à la formule générale



$$(Fe_2^{3+}, Mg_x^{2+}, Zn_{(1-x)}^{2+})O_4^{2-}.$$

en faisant varier $x$ entre 1 et 0.

Pour connaître les propriétés spécifiques de ces divers ferrites il est nécessaire que leur définition chimique soit parfaite, car les propriétés magnétiques sont très sensibles aux différentes impuretés.

Nous les avons préparés par coprécipitation et par cocalcination en partant de métaux très purs : fer, zinc, magnésium (ce dernier métal nous ayant été fourni par M. Chaudron). Les rayons X et l'analyse chimique permettent de connaître l'état de cristallisation et la teneur en fer ferreux qui est la seule impureté à considérer de par nos méthodes de préparation.

---

[4] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1043-1045 et *Chimie et Industrie*, **65**, n° **1**, 1951, p. 53.

[5] Par exemple, le degré d'opacité du vernis peut agir en protégeant plus ou moins bien la surface du brin de poudre contre le rayonnement calorifique issu de la zone en combustion et réfléchi par les parois de la bombe.

(*) Séance du 26 février 1951.

Le moment magnétique de ces ferrites dépend de la température optimum de chauffage, et de la trempe plus ou moins rapide à cette température.

Il ne s'agit pas là d'un phénomène d'ordre chimique, mais de la répartition des ions ferriques dans les cavités tétraédiques et octaédriques du réseau. Nous avons en effet mis en évidence, en collaboration avec M. Sage, que le moment dépendait de la teneur en ferrite inverse. Cette étude fera l'objet d'une publication particulière.

*Propriétés magnétiques.* — Les lois d'approche (*fig.* 1) en fonction du champ ($1/H_i$) mettent en évidence une concavité d'autant plus marquée que le ferrite est moins riche en MgO, au-dessous de 10 % en MgO les extrapolations deviennent très incertaines. Les lois d'approche en fonction de la température ne donnent pas, jusqu'à 20° K, une loi en $T^2$, sauf en ce qui concerne le ferrite simple.

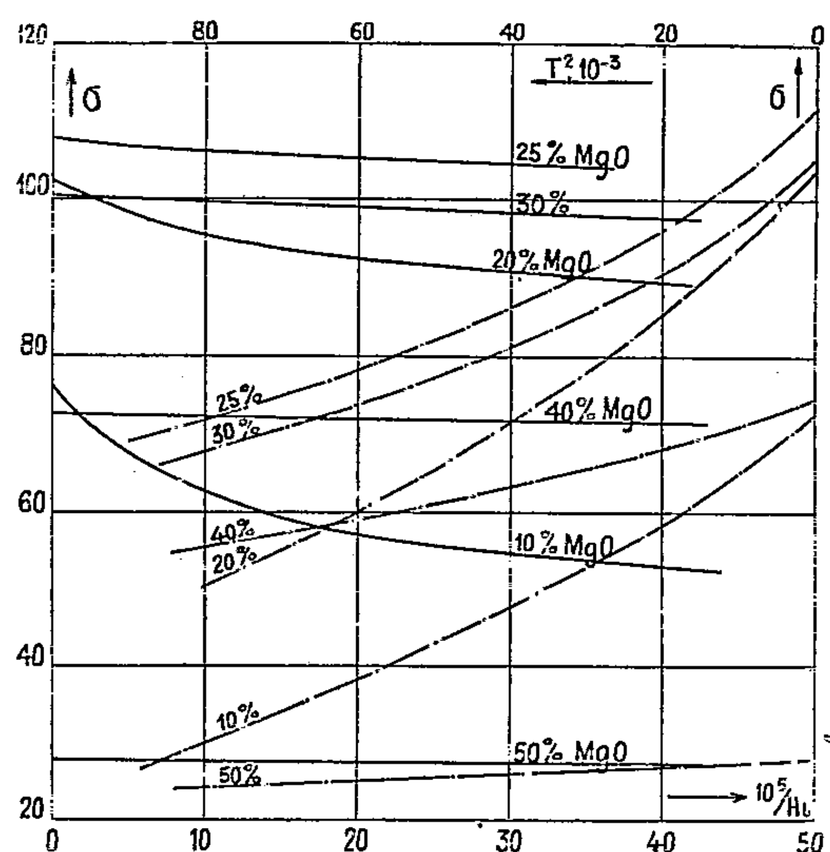



Fig. 1.

Nous avons déterminé les moments à saturation de ces divers ferrites depuis le ferrite simple jusqu'au ferrite mixte à 10 % de MgO. Pour chaque pourcentage, nous avons fait varier les conditions de chauffage de façon à obtenir des moments étagés entre deux limites extrêmes, les ferrites ainsi préparés étaient parfaitement cristallisés et chimiquement identiques.

Si nous considérons par exemple le ferrite simple, nous avons obtenu des moments étagés entre 1,0 et 2,2 magnétons de Bohr ($\mu_B$) (rappelons que ce moment est égal à : $\sigma_{\infty,0} \times$ masse moléculaire/5593).

La figure 2 traduit nos résultats. Pour chaque pourcentage étudié le segment vertical précise les limites entre lesquelles le moment varie. Ces limites sont importantes et l'on ne peut parler d'un moment propre du ferrite sans définir la distribution des ions ferriques, seuls responsables du moment.

Nous observons également que si l'on extrapole les limites inférieures de ces

moments nous obtenons $10\mu_B$ pour le ferrite de zinc pur ce qui correspond au moment des deux atomes de fer ferrique de la molécule.

Les points de Curie eux aussi ne sont pas fixes, c'est ainsi qu'ils s'étagent, pour le ferrite simple par exemple, entre 320°C et 440°C. La figure 2 traduit les résultats de nos mesures, pour une teneur donnée en MgO un segment vertical en pointillés précise les intervalles de température entre lesquels le point de Curie varie.

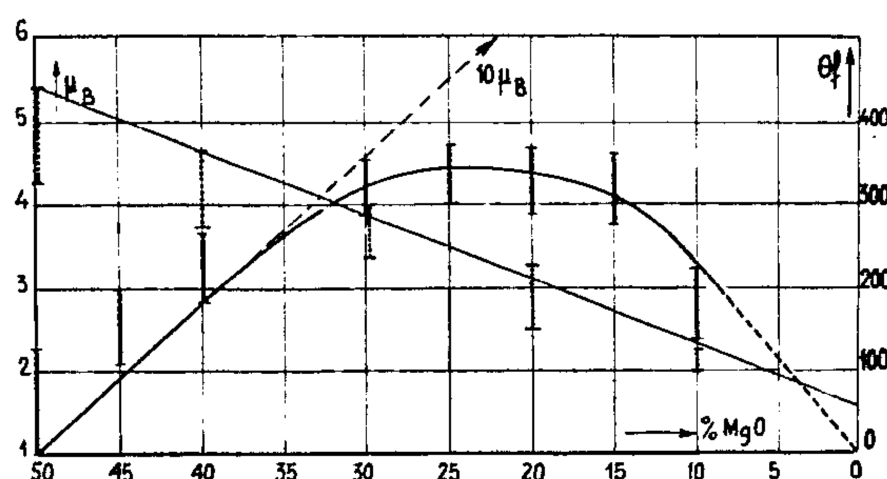


Fig. 2.

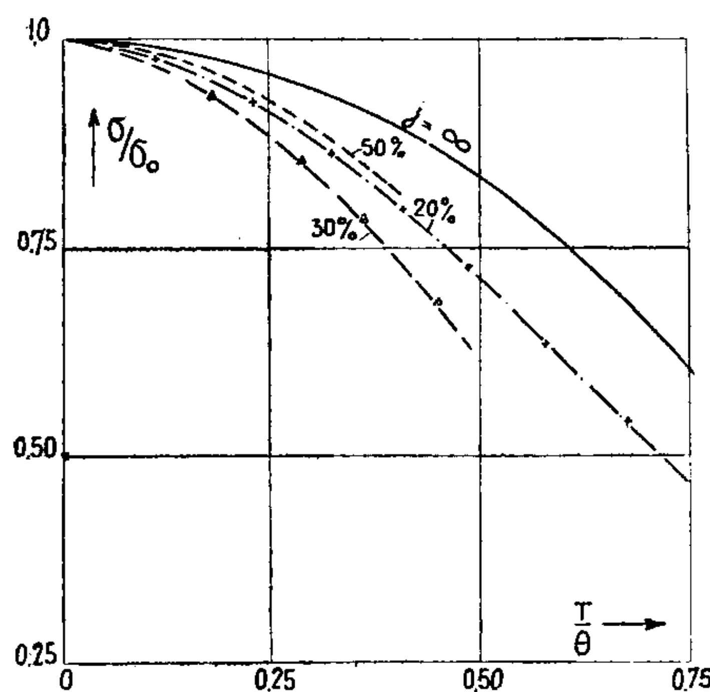


Fig. 3.

Mais à un moment donné correspond un point de Curie fixe. Le point de Curie est donc caractéristique de la teneur en ferrite inverse et pour une même composition au plus grand moment correspond le plus faible point de Curie.

D'autre part, si nous extrapolons les limites supérieures des points de Curie des échantillons les plus riches en MgO, nous obtenons 60°C environ pour le ferrite ne contenant plus de magnésium. C'est le point de Curie du ferrite de zinc ferromagnétique que nous avons préparé par ailleurs et dont le moment à saturation était de $0,9\,\mu_B$ (¹).

Enfin, la figure 3 donne les aimantations spontanées, toutes les courbes sont au-dessous de celle correspondant à $j=\infty$.

MAGNÉTISME. — *Sur l'aimantation rémanente isotherme de la magnétite en grains fins dispersés.* Note (*) de M^lle **Juliette Roquet**, présentée par M. Charles Maurain.

On donne la valeur de la susceptibilité massique, la variation de l'aimantation rémanente isotherme et celle du champ de désaimantation en fonction du champ magnétisant, pour des échantillons de kaolin contenant des particules de magnétite artificielle dont les dimensions moyennes sont de l'ordre de 1/10 de micron.

L'étude des propriétés magnétiques de la magnétite a donné lieu à de nom-

(¹) Ch. Guillaud et M. Sage, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 4 E.

(*) Séance du 26 février 1951.

breux travaux qui ont été résumés récemment au Colloque de Grenoble sur le magnétisme et l'antiferromagnétisme ([1]).

Ces travaux concernent surtout les magnétites, naturelles et artificielles, sous forme massive, ainsi que les roches et terres cuites ayant ce corps pour constituant ferromagnétique principal. Quelques recherches ([2]) ont été consacrées aux corps synthétiques formés de particules de magnétites dispersées dans des matériaux amagnétiques avec des concentrations de l'ordre de celles des roches naturelles.

A cause de son importance en géomagnétisme, j'ai tenté de reprendre cette étude dans des conditions aussi bien définies que possible. Les résultats qui suivent ont trait à l'aimantation induite et à l'aimantation rémanente isotherme (A. R. I.) d'échantillons cylindriques, constitués par du kaolin renfermant des particules dispersées de magnétite artificielle dont les dimensions moyennes sont de l'ordre de 1/10 de micron. Les concentrations magnétite/kaolin sont voisines de 0,5 et 1 %, en poids.

Les mesures sont conduites au magnétomètre comme je l'ai fait dans des études précédentes ([3]) sur le sesquioxyde de fer et les terres cuites.

*Susceptibilité massique* $\chi$. — Elle a été mesurée dans des champs faibles, jusqu'à 30 Oe. Elle est alors constante, pour un échantillon donné, avec les valeurs suivantes :

échantillon $M_1$, concentration de l'ordre de 0,5 % : $\chi_1 = 330.10^{-6}$;

échantillon $M_2$, concentration de l'ordre de 1 % : $\chi_2 = 720.10^{-6}$.

*Aimantation rémanente isotherme*. — L'A. R. I. (aimantation spécifique) : $\sigma_r$ est mesurée 3 minutes après suppression d'un champ H, lequel a été appliqué pendant 30 secondes.

Le traînage magnétique n'est pas appréciable.

Soit $\sigma_{1,r}$ et $\sigma_{2,r}$ les A. R. I. respectives de $M_1$ et $M_2$ correspondant à un même champ H : pour toutes valeurs de H, $\sigma_{2,r}/\sigma_{1,r} = \text{const.} = 2,3$, valeur sensiblement égale au rapport $\chi_2/\chi_1$ des susceptibilités initiales.

La courbe ($\sigma_r$) de la figure ci-dessous donne les variations de $\sigma_r$ en fonction de H pour l'échantillon $M_1$. Elle n'a pas été tracée au delà de 2500 Oe, valeur pour laquelle la saturation est presque atteinte. En effet, on a

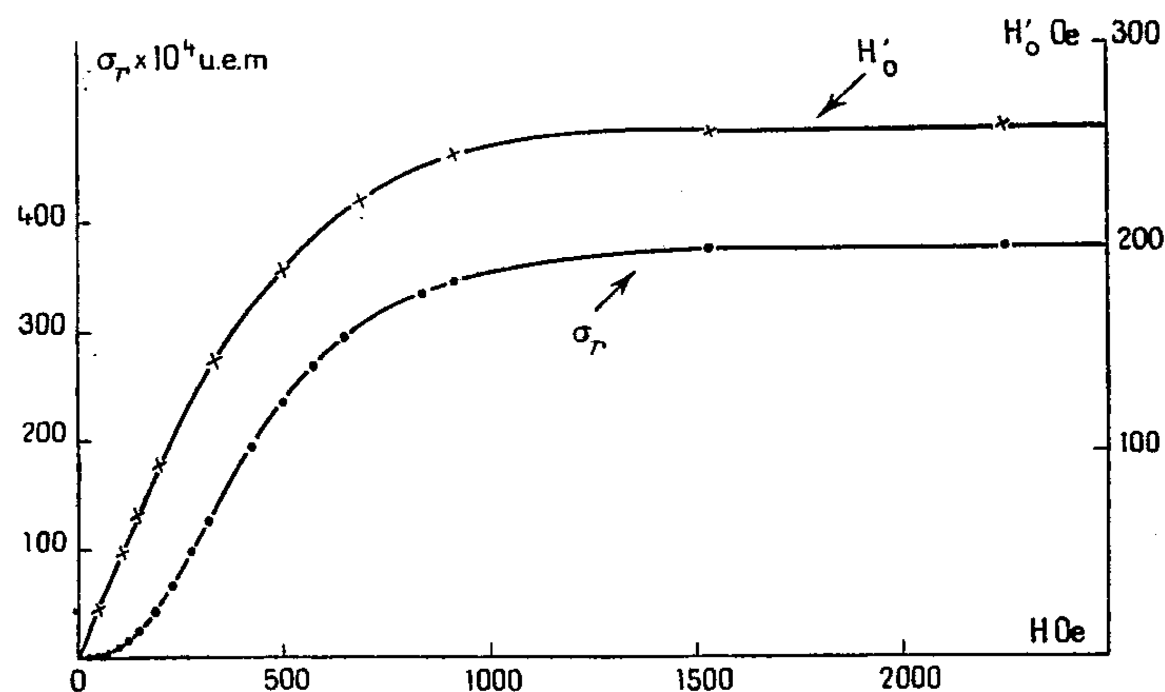
$$H = 2\,230\ \text{Oe}, \quad \sigma_r = 383.10^{-4}\ \text{u.e.m.};$$
$$H = 3\,570\ \text{Oe}, \quad \sigma_r = 388.10^{-4}\ \text{u.e.m.};$$
$$H = 26\,500\ \text{Oe}. \quad \sigma_r = 388.10^{-4}\ \text{u.e.m.}$$

([1]) Communications de A. MICHEL, G. CHAUDRON, J. BÉNARD, J. L. SNOEK et E. THELLIER, *J. de Phys.* (sous presse).

([2]) K. PUZICHA, *Zeitsch. f. prakt. Geologie*, 38, 1930, p. 161-172 et 184-189; J. KOENIGSBERGER, *Terrestrial magnetism*, 43, 1938, p. 119-130 et 299-320; T. NAGATA, *Bulletin of the Earthquake Research Institute*. Tokyo Imperial University, 21, part. I, march. 1943; H. MANLEY, *These de Doctor of Philosophy*, University of London, 1949.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1939-1941 et Notes précédentes.

La partie initiale de cette courbe est très proche d'une parabole $\sigma_r = b\,H^2$, de paramètre $b = 8.10^{-8}$, très supérieur à celui trouvé pour un échantillon de sesquioxyde de fer, mais très inférieur à ceux qui correspondent généralement aux roches volcaniques [E. Thellier ([1])].




*Cycles d'aimantation rémanente isotherme.* — Comme dans un travail antérieur ([2]) j'ai mesuré les valeurs $\sigma'_r$ de l'A. R. I. qui reste après que l'échantillon $M_1$, portant une A. R. I. initiale $\sigma_r$ est soumis à des champs décroissants $H'$, de même sens que le champ H primitivement agissant, puis à des champs $H'$ croissant en valeur absolue jusqu'à la valeur H, mais de sens inverse. On obtient ainsi un cycle de rémanence $\sigma'_r = f(H')$.

Le champ $H'$ est appliqué pendant 30 secondes et $\sigma'_r$ mesurée 3 minutes après qu'il a été supprimé.

J'ai tracé plusieurs cycles correspondant à des A. R. I. initiales variées. Les branches latérales des cycles coupent l'axe des $H'$ en des points $H'_0$. $H'_0$ est le champ de désaimantation, c'est-à-dire le champ qui, appliqué en sens inverse de l'aimantation primitive, laisse une aimantation apparente nulle. La variation de $H'_0$ en fonction de H (courbe $H'_0$ de la figure) est d'abord linéaire, avec une pente très voisine de 1/2, mais il y a ensuite tendance rapide à la saturation :

$$H = 1\,530\ \text{Oe}, \quad H'_0 = 255\ \text{Oe};$$
$$H = 2\,230\ \text{Oe}, \quad H'_0 = 260\ \text{Oe};$$
$$H = 26\,500\ \text{Oe}, \quad H'_0 = 264\ \text{Oe}.$$

Pour l'échantillon $M_2$ cette courbe est identique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *L'action statistique des atmosphériques sur un récepteur accordé sur* 27 kc/sec. Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Pierre Lejay.

La cadence de succession des atmosphériques, capables d'actionner un récepteur-enregistreur accordé sur 27 kc/sec, paraît indépendante de la largeur de la bande passante du récepteur pourvu que le seuil de fonctionnement de celui-ci soit défini par une impulsion de faible durée devant la période du récepteur. L'expérience devra être poursuivie et étendue à des fréquences plus élevées.

Nous avons défini, dans des Notes antérieures (¹), le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs du niveau moyen des atmosphériques et des radiogoniomètres d'atmosphériques par le flux d'impulsion, rapporté à la hauteur effective de l'aérien, d'une force électromotrice engendrée dans cet aérien pendant une durée brève devant la période d'accord du récepteur.

L'activité des atmosphériques, dans l'hypothèse où ceux-ci agissent par impulsions sur le récepteur, peut être caractérisée par l'enregistrement de *la cadence de succession* des atmosphériques dont l'impulsion dépasse le seuil de fonctionnement, cette impulsion étant exprimée en maxwells par unité de hauteur effective de l'aérien.

Dans une Note précédente (²), nous avons proposé d'ajouter, pour caractériser l'activité des atmosphériques, un nouveau paramètre : *le champ électrique moyen*, qui peut être enregistré avec un appareil à réponse linéaire (décrit dans la Note précitée) de façon que l'ordonnée moyenne de la courbe enregistrée soit proportionnelle, en supposant que les atmosphériques agissent par impulsions sur le récepteur, au produit de l'amplitude des impulsions par leur cadence de succession.

Nous nous sommes proposé de rechercher dans quel domaine de fréquences on peut admettre que l'action des atmosphériques se manifeste essentiellement par impulsions sur un récepteur-enregistreur du niveau moyen et la présente Note a pour objet de rendre compte des premiers résultats obtenus au Laboratoire National de Radioélectricité, sur la fréquence de 27 kc/sec (11 000$^{m}$).

Plusieurs enregistrements de la cadence de succession des atmosphériques ont été effectués à Bagneux avec un récepteur, accordé sur 27 kc/sec, associé à un radiocinémographe de R. Bureau. La largeur de la bande passante (³) du récepteur était modifiée au cours des enregistrements, et, à chaque modification, la sensibilité du récepteur était réglée, par variation de la polarisation de grille de deux tubes électroniques, de façon à maintenir constant le seuil de

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 170 et **227**, 1948, p. 337.

(²) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1648.

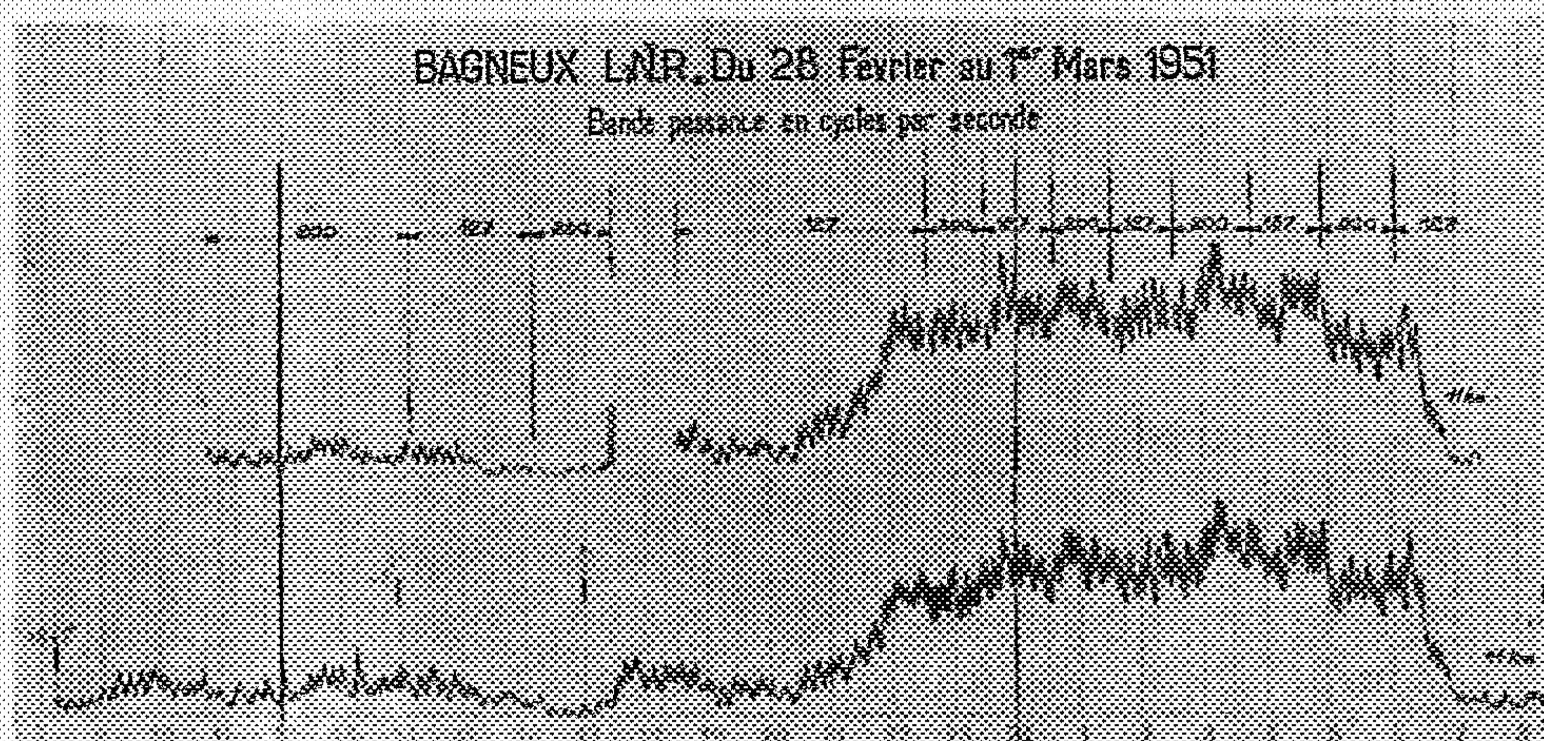
(³) La largeur de cette bande correspond à un affaiblissement de 6 db.

fonctionnement du récepteur amplificateur. Ce seuil est défini par le plus petit flux d'impulsion $\Phi_1$, dans le premier circuit accordé du récepteur, provoquant le fonctionnement de l'enregistreur.

Le flux $\Phi_1$ est l'impulsion d'une tension produite par la décharge d'un condensateur, chargé à une différence de potentiel U, dans une résistance R dont une faible partie $r$ est insérée dans le circuit d'entrée du récepteur. La constante de temps $\tau$ de la décharge est $1^{ms},25$, durée petite devant la période d'accord du récepteur ($37^{ms}$).

$$\Phi_1 = \frac{r}{R}\tau U \quad (^1).$$

Deux enregistrements de la cadence des atmosphériques ont été reproduits, à titre d'exemple, sur la figure. La courbe supérieure a été obtenue avec un récepteur dont la largeur de bande était soit 127 c/sec, soit 200 c/sec, et dont la sensibilité était réglée, dans les deux cas, pour maintenir le seuil de fonctionnement à une valeur constante $\Phi_1 = 100$ maxwells; l'aérien comportait une partie horizontale. La courbe inférieure est un enregistrement témoin obtenu avec un récepteur, associé à une antenne verticale, qui n'a subi aucune modification.




Le niveau des courbes enregistrées ne paraît pas être affecté au passage d'une bande à l'autre, comme si l'action des atmosphériques sur le récepteur était semblable à celle des impulsions du dispositif d'étalonnement.

L'expérience devra être poursuivie sur 27 kc/sec (notamment avec un plus grand rapport de largeurs de bande passante) et étendue à des fréquences plus élevées.

---

(¹) F. Carbenay, *Sur l'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques* (*Note préliminaire* n° **131** *du Laboratoire National de Radioélectricité*, 1949, p. 8).

SPECTROSCOPIE. — *Étude du spectre d'émission de l'argon sous pression élevée.* Note (*) de M. **Schame Weniger** et M^me **Renée Herman**, présentée par M. Aimé Cotton.

On décrit l'évolution du spectre d'émission de l'argon en fonction de la pression entre 9800 et 2000 Å. Le rayonnement continu recouvre tout le domaine étudié. Son intensité, par rapport à celle des raies, augmente lorsque la pression croît. Son origine est probablement complexe.

De nombreux auteurs (1) ont déjà étudié les spectres d'émission continue des gaz rares et se sont employés à en rechercher l'origine. En réalité, les procédés utilisés sont très divers et il est possible qu'on ait affaire à des processus différents.

Le présent travail concerne l'émission de l'argon comprimé sous des pressions de 3 à 120 kg/cm², excité par une décharge alternative à haute tension non condensée. La densité de courant est faible (une fraction de milliampère à 50 mA). C'est surtout l'effet de pression qui joue un rôle fondamental. Les figures ci-contre montrent l'évolution de l'émission en fonction de la pression.

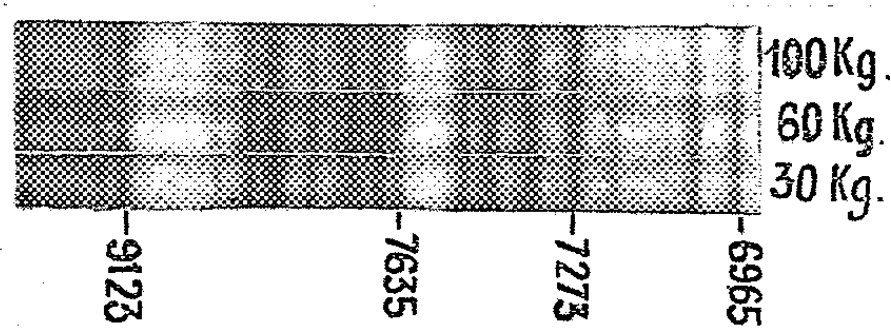



Fig. 1.

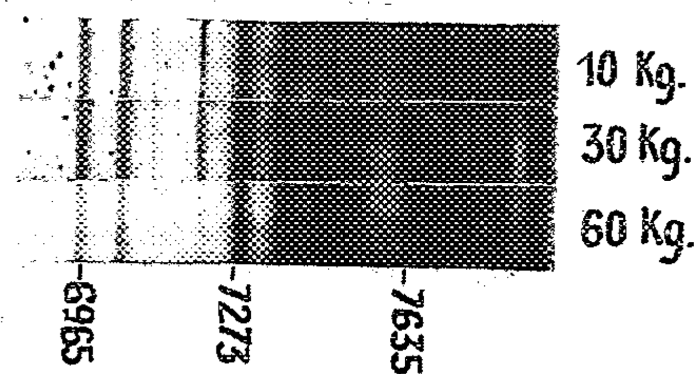



Fig. 2.

Lorsque la pression varie de 10 à 100 kg/cm², l'intensité du fond continu augmente. Contrairement aux travaux de Vogel (2) et Schultz (3) qui situent la limite du spectre continu respectivement vers 8100 et 7000 Å, nous avons pu l'observer jusqu'à 9800 Å (*fig.* 1).

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) Mc. Callum, Klatzow et Keyston, *Nature*, 130, p. 810; *Phil. Mag.*, 16, 1933, p. 193; Déjardin, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 142 S; Laporte, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 228 et 6, 1945, p. 164; Muraour, Romand et Vodar, *J. Phys.*, 8, 1947, p. 161.

(2) *Ann. Physik*, 41, 1942, p. 196.

(3) *Ann. Physik*, 6, 1947, p. 198.

En même temps que ce spectre continu, on observe un spectre de raies dû à A I et A II. Pour une pression de 10 kg/cm² ou inférieure, A I est prédominant dans tout le domaine spectral; pour les pressions élevées, les termes élevés de A I disparaissent et, pour une pression de 60 kg/cm², seules subsistent les transitions infrarouges (*fig.* 2) Les premières raies qui disparaissent sont 6032 et 6461 qui présentent déjà une dégradation vers le rouge pour les faibles pressions. Les raies infrarouges persistantes présentent cette même dégradation qui augmente avec la pression; A II subit une évolution analogue, les raies prédominantes aux pressions élevées sont 4880 ($4s^2P_2 - 4P^2D^3$); 4806 ($4s^4P_3 - 4p^4P_3$); 4426 ($4s^4P_2 - 4p^4D_3$); 4348 ($4s^4P_3 - 4p^4D_4$) qui correspondent aux termes inférieurs intenses de la série $4s - 4p$. Elles subissent un fort élargissement et présentent une faible dégradation vers le violet. Les premières raies qui disparaissent sont celles qui se groupent dans la région 3600-3500 Å. On voit sur la figure 3 la bande diffuse qui en résulte.

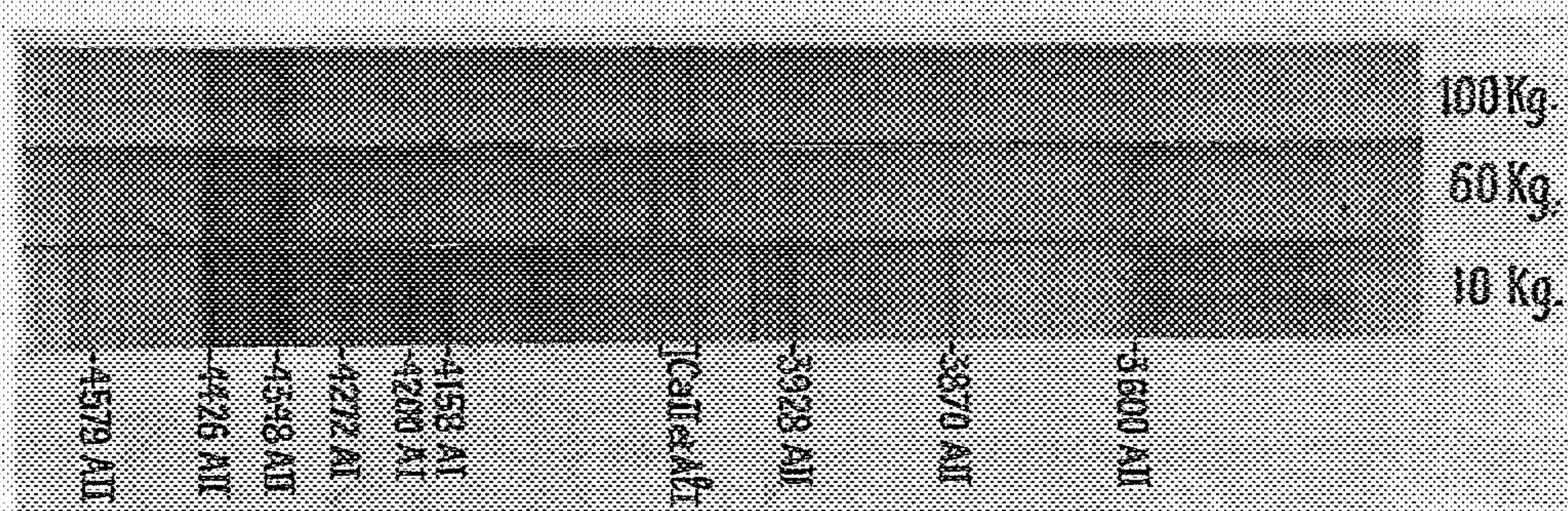



Fig. 3.

Cette disparition des termes élevés a déjà été observée dans le cas du Krypton (¹). Il semble que le spectre continu ait au moins une double origine : à basse pression, on observe un continu dû au freinage des électrons dans le champ des ions, suivi d'une recombinaison donnant naissance aux raies à niveaux supérieurs élevés, à forte pression, on a formation de molécules de Van der Waals de types AA et $A^-A$; le spectre continu provenant de ces dernières molécules étant probablement plus intense que le premier.

---

(¹) L. et R. Herman, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 654.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *La détection optique de la résonance électronique paramagnétique par la mesure de la polarisation rotatoire paramagnétique d'une radiation visible.* Note (*) de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

On montre que la résonance magnétique électronique des ions paramagnétiques, produite par un champ magnétique de haute fréquence en présence d'un champ constant, doit influencer la polarisation rotatoire magnétique de ces ions, observée avec une radiation visible.

La résonance électronique paramagnétique dans le domaine des radiofréquences, pressentie par Dorfmann en 1923 [1] et découverte par Zavoisky en 1945 [2] à la suite des travaux sur la relaxation paramagnétique de Gorter et de ses collaborateurs [3], est l'objet depuis 1946 de nombreuses investigations [4].

Dans la plupart des recherches sur ce phénomène on produit et l'on détecte la résonance par des techniques radioélectriques. Mais il peut être intéressant d'utiliser pour la détection d'autres effets : magnétomécaniques, calorifiques ou optiques. Les transitions de résonance produisent une modification des populations des sous-niveaux magnétiques $m$ de l'état fondamental des ions, populations qui à l'équilibre thermique sont régies par la loi de Boltzmann. Tout phénomène qui dépend de la répartition des aimants élémentaires entre les différents niveaux $m$ peut donc servir à détecter les transitions qui changent les populations respectives de ces niveaux.

Bitter a attiré l'attention sur l'intérêt des méthodes de détection otiques, et parmi celles-ci la mesure de la polarisation des radiations de résonance optique a été proposée et appliquée à l'étude de la résonance des niveaux atomiques excités [5].

Un autre effet optique qui dépend directement de la répartition des ions entre les niveaux $m$ de l'état fondamental est la *polarisation rotatoire paramagnétique*. Dans les cristaux ou solutions paramagnétiques l'effet Faraday a une double origine : 1° l'effet diamagnétique commun à tous les corps, conséquence de la précession de Larmor; 2° l'effet paramagnétique, découvert par

(*) Séance du 19 février 1951.

(1) *Z. Physik*, 17, 1923, p. 98.

(2) *J. Phys. U. R. S. S.*, 9, 1945, p. 211, 245, 299 et 10, 1946, p. 170, 197.

(3) *Paramagnetic relaxation*, Elsevier, 1947.

(4) *Voir* A. Kastler, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1462, référence 2.

(5) F. Bitter, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 833; J. Brossel et A. Kastler, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1213; J. Brossel, P. Sagalyn et F. Bitter, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 225; A. Kastler, *Physica* (à paraître).

Jean Becquerel et dû à l'orientation des aimants élémentaires par le champ qui entraîne une dissymétrie d'intensité des composantes Zeeman d'absorption. Ce deuxième effet suit une loi de Curie en $1/T$ et présente une saturation à basse température. La polarisation rotatoire des ions paramagnétiques et sa variation en fonction de la température a fait l'objet des recherches systématiques de Jean Becquerel et de ses collaborateurs ([6]). La théorie du phénomène a été élaborée par plusieurs auteurs ([7]).

On peut prévoir les conditions pour lesquelles l'effet recherché a des chances d'être maximum. L'emploi d'une basse température est favorable pour deux raisons : la dissymétrie d'orientation et la valeur de la polarisation rotatoire sont grandes, les temps de relaxation « niveau magnétique-réseau » sont longs. Un long temps de relaxation favorise la saturation obtenue avec une puissance radioélectrique donnée. Il faut tenir compte aussi des complications introduites par le champ cristallin. Pour les ions des terres rares le champ cristallin produit des séparations de l'ordre de 20 à 200 $cm^{-1}$. Le nombre quantique $j$ conserve sa signification et les niveaux séparés par le champ sont les niveaux $|m_j|$. Les dégénérescences qui subsistent dépendent de la symétrie du champ, et si $j$ est demi-entier, il y a toujours dégénérescence de Kramers. Les niveaux $m_j = +1/2$ et $m_j = -1/2$ en particulier ne sont séparés que par un champ magnétique extérieur. Donc pour les ions où $j$ est demi-entier, l'une des fréquences de résonance satisfaisant à la règle de sélection $\Delta m_j = \pm 1$ est toujours du domaine radioélectrique et doit se répercuter sur la grandeur de la polarisation rotatoire magnétique.

Dans le cas des ions du groupe du fer le champ cristallin rompt la liaison entre les vecteurs $\vec{L}$ et $\vec{S}$, les séparations cristallines correspondent à des écarts du domaine infrarouge ou visible entre les niveaux $m_L$, à des écarts du domaine radioélectrique entre les niveaux $m_S$. Si l'on admet que les règles de sélection et de polarisation pour les transitions optiques sont les mêmes que dans l'effet Paschen-Back ($\Delta m_L = \pm 1$ ou $0$, $\Delta m_S = 0$) on est tenté de conclure que les résonances radioélectriques $\Delta m_S = \pm 1$ doivent être sans influence sur les propriétés optiques ([8]). Mais les études sur la polarisation rotatoire magnétique de ces ions montrent que la rotation est notable et qu'elle dépend essentiellement du peuplement relatif des niveaux $\pm m_S$.

Un cas particulièrement intéressant est celui du fluosilicate de nickel

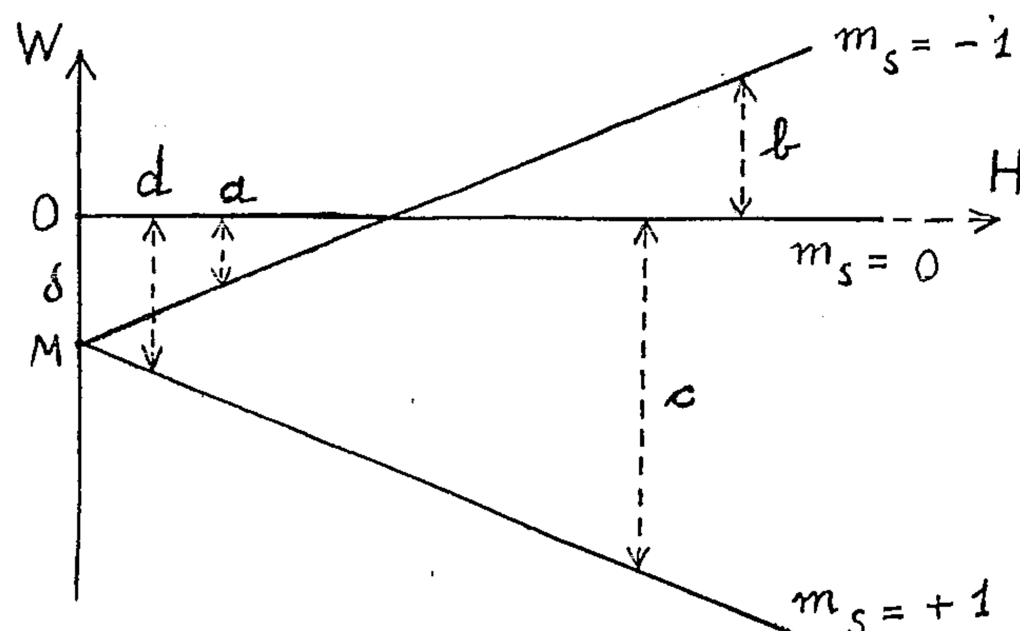
---

([6]) J. Becquerel, *Notices sur les travaux scientifiques*, I et II, 1934 et supplément 1943 et des articles de J. Becquerel, W. J. de Haas et J. van den Haudel dans *Physica*.

([7]) Travaux de R. Ladenburg, C. G. Darwin, W. Schutz, L. Rosenfeld, H. A. Kramers cités par J. H. van Vleck, *Electric and Magnetic Susceptibilities*, 1932, § 84; J. Frenkel, *Z. Physik*, 36, 1926, p. 215; J. H. van Vleck et W. G. Penney, *Phil. Mag.*, 17, 1934, p. 961.

([8]) A. C. Candler, *Atomic Spectra*, 1, 1937, p. 113 et 157.

hexahydraté dont la polarisation rotatoire magnétique ([9]) et la résonance magnétique ([10]) ont été étudiées et dont la figure indique la disposition des niveaux $m_s$ de l'état fondamental. D'après sa loi de variation en fonction de la température la polarisation rotatoire magnétique est proportionnelle à la différence de peuplement entre les niveaux $m_s = -1$ et $m_s = +1$.




L'examen de la figure montre que la résonance *a* doit augmenter la rotation, les résonances *b* et *c* doivent la diminuer, enfin la résonance *d* doit inverser le signe de la rotation si elle approche de la saturation. Il serait intéressant de soumettre ces prévisions au contrôle de l'expérience.

PHOSPHORESCENCE. — *Action extinctrice des radiations de grandes longueurs d'ondes en électrophotoluminescence. II. Essai d'interprétation.* Note (*) de Mme **Françoise Vigean** et M. **Daniel Curie**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'affaiblissement de l'illumination fugace produit par les radiations de grandes longueurs d'onde s'interprète comme une amplification par le champ électrique de la perturbation produite par ces radiations dans les atomes de soufre voisins d'un centre excité. Cette perturbation peut avoir un caractère métastable.

On a de plus une indication de la prépondérance du mécanisme « monomoléculaire » en phosphorescence.

Dans la Note précédente, l'un de nous a établi que l'effet extincteur produit par les radiations de grandes longueurs d'onde sur l'électrophotoluminescence présente une persistance très remarquable et en particulier existe même si l'irradiation aux rayons extincteurs a lieu plusieurs heures avant

(9) J. Becquerel, J. van den Handel et W. Opechowski, *Physica*, 6, 1939, p. 1034 et 1039.

(10) R. P. Penrose et K. W. H. Stevens, *Proc. Phys. Soc.*, A 63, 1950, p. 29.

(*) Séance du 19 février 1951.

l'excitation. Ce phénomène peut être rapproché de l'extinction de la *phosphorescence* d'un sulfure par les radiations de grandes longueurs d'onde, expliqué par une sorte d'*effet photoélectrique* sur les atomes de soufre voisins des centres luminescents [1]. Certains centres luminogènes vidés au cours de l'excitation préalable se trouveraient ainsi remplis sans émission lumineuse visible par des électrons détachés de ces atomes de soufre. Les électrons issus des pièges responsables de la phosphorescence ne pouvant plus revenir dans ces centres, auraient par suite une probabilité accrue de désexcitation sans émission (par exemple, par capture dans un centre « poison »).

Signalons d'ailleurs que dans la théorie de Riehl-Schön-Klasens, l'arrivée dans un centre de l'électron détaché d'une bande de soufre s'accompagne de la production d'un « trou » dans cette bande, dont la migration pourra entraîner l'augmentation du nombre des centres poison vides; d'où une raison supplémentaire favorisant les rentrées sans émission [2].

Pour expliquer le phénomène d'affaiblissement par les radiations de grandes longueurs d'onde de *l'illumination fugace* produite lorsqu'au cours du déclin de la phosphorescence on vide les pièges par application d'un champ électrique, M. Curie [3] a proposé d'admettre que ces radiations produisent de plus une perturbation *permanente* du cortège électronique des atomes de soufre; certains des électrons perturbés pouvant venir remplir les centres luminogènes, toujours sans émission visible, *au moment de l'application du champ* (effet « par échelon »). Ce remplissage entraîne l'augmentation de la probabilité de rentrée sans émission des électrons de phosphorescence amenés dans la bande de conductibilité par ce champ.

En résumé, nous admettons que le remplissage des centres luminogènes (vidés par l'excitation) entraînant l'extinction peut se produire, soit (par effet photoélectrique) sous irradiation extinctrice (*a*), soit (par effet par échelons) lors de l'application ultérieure du champ électrique (*b*).

On rend compte alors aisément des phénomènes décrits ci-dessus. Si l'irradiation a lieu *avant* l'excitation, on a seulement affaire à l'extinction (*b*) due au remplissage des centres pendant l'application du champ, car la perturbation (*a*) a pratiquement disparu durant l'excitation.

Si elle a lieu *après*, on a affaire aux deux causes de remplissage des centres agissant successivement (*a* et *b*); d'où une extinction plus grande de l'illumination fugace.

L'indépendance de cette illumination S lorsqu'on fait varier le temps Θ

(1) M. Curie, *Thèse*, Paris, 1923 et *Fluorescence-Phosphorescence*, Paris, 1946, p. 134-135; G. F. J. Garlick et D. E. Masson, *Journ. Electrochem. Soc. U. S. A.*, 96, 1949, p. 112.

(2) Kröger, *Luminescence of Solids*, 1948, Amsterdam, p. 231.

(3) *Loc. cit.*, p. 138.

séparant l'irradiation extinctrice et l'excitation s'explique, dans le cas où l'irradiation précède l'excitation en attribuant à la persistance de la perturbation une durée de plusieurs heures au moins.

Dans le cas de l'irradiation du sulfure déjà excité, l'explication nécessite des hypothèses supplémentaires. Le mode de rentrée dans les centres luminogènes des électrons des atomes de soufre perturbés est monomoléculaire, ces électrons très peu mobiles, ne pouvant rentrer que dans un centre voisin. Supposons que la plupart des électrons piégés rentrent aussi monomoléculairement; on peut alors considérer indépendamment des autres centres ceux liés à des pièges d'une vie donnée $\tau$; le nombre N de tels centres excités décline exponentiellement. Supposons de plus que la fraction de ces centres remplie lors d'une courte irradiation extinctrice ne dépende que de la dose utilisée. Le nombre de centres vides sera $N_0$ à la fin de l'excitation, $N = N_0 \exp(-\Theta/\tau)$ immédiatement avant l'irradiation, $cN$ après l'irradiation ($c < 1$) et $cN_0 \exp(-t/\tau)$ au moment de l'illumination fugace S produite un temps $t$ après l'excitation. Ainsi la brillance à ce moment et la valeur de S ne dépendent que de $t$ et $c$, non de $\Theta$.

Notons que si le mode de rentrée des électrons de phosphorescence dans les centres avait un caractère « bimoléculaire », l'indépendance envers $\theta$ n'aurait pas lieu.

La décroissance exponentielle de S avec la dose extinctrice n'est pas susceptible d'une interprétation théorique simple, les phénomènes dépendant du mode d'absorption de la lumière extinctrice, de la façon dont se comportent les électrons perturbés sous les X et de l'extinction produite par les X eux-mêmes.

Nous avons envisagé d'autres mécanismes possibles pour expliquer cette extinction, mais nous avons dû les rejeter. On peut supposer que l'irradiation jaune créerait des centres poisons; mais alors l'extinction lorsque l'irradiation précède l'excitation s'observerait non seulement sur l'illumination fugace, mais aussi sur les phénomènes ordinaires de phosphorescence, ce qui n'a pas lieu. On peut également remarquer que les pièges très profonds ne peuvent être vidés par le champ électrique et suggérer que l'effet des radiations jaunes serait d'amener les électrons de préférence dans ces pièges (il ne s'agirait pas alors réellement d'une extinction). Mais en ce cas on n'explique pas l'effet de l'irradiation précédant l'excitation.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Retards disruptifs dans l'azote et l'hydrogène comprimés.* Note de M. **André Boulloud**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude du retard disruptif moyen dans l'azote et l'hydrogène comprimés montre que, à côté de l'émission froide proprement dite, les phénomènes particuliers d'émission présentés par les cathodes couvertes d'oxyde ou de minces particules isolantes jouent un rôle déterminant dans l'origine des germes de la décharge.

Les recherches sur le retard disruptif par le dénombrement des étincelles passant en un temps donné entre deux plateaux parallèles de métaux différents, suivant leur polarité, pour une même tension continue et une même pression (¹), ont été étendues à l'azote et à l'hydrogène de pureté commerciale.

Dans l'azote, souillé principalement d'oxygène, les résultats, pour des pressions comprises entre 5 et 12,6 kg/cm² et des champs électriques de 17 à 39 KV/mm, sont tout à fait analogues à ceux déjà trouvés dans l'air.

Dans l'hydrogène, le classement des métaux suivant le nombre croissant d'étincelles obtenues lorsqu'ils sont cathodes, se trouve quelque peu modifié. Pour des pressions de 9 à 17,5 kg/cm² et des champs électriques de 14,5 à 28 KV/mm, on n'a pas relevé de différence importante entre l'acier inoxydable à 18 % Cr et 8 % Ni, l'acier doux et le cuivre électrolytique, et les cathodes d'acier doux semblent donner un peu moins d'étincelles que celles de cuivre, en accord avec les potentiels d'extraction respectifs de Fe (4,77 V) (²) et de Cu (4,46 V) (³). Les cathodes d'aluminium, par contre, donnent nettement plus d'étincelles que les précédentes.

Or dans l'azote impur, tout comme dans l'air, l'acier doux se révèle bien meilleur émetteur d'électrons que l'acier inoxydable et le cuivre, et au bout de quelques centaines d'amorçages, on observe, en même temps que des traces visibles d'oxydation, un courant permanent pouvant dépasser une dizaine de microampères. L'aluminium se comporte de manière identique dans les mêmes gaz, sauf que l'oxydation des cratères laissés par les étincelles n'est visible qu'au microscope. Dans l'hydrogène, au contraire, on n'a pas observé de courant (l'appareillage utilisé ne permettant pas toutefois de détecter les courants inférieurs à $10^{-7}$ ampère), et, bien que le gaz contienne aussi une faible quantité d'oxygène, l'observation microscopique ne révèle pas d'oxydation des cratères; on sait du reste que l'étincelle libère de l'hydrogène atomique aux propriétés réductrices bien connues.

L'émission particulièrement intense d'électrons par certaines cathodes paraît donc liée à leur oxydation; mais les deux phénomènes ne coexistent pas

(¹) A. Boulloud, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 514.
(²) E. Bauer et M. Surdin, *Tables ann. Const. et Donn. Num.* (Paris, 1941).
(³) P. Anderson, *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 388.

nécessairement. C'est ainsi que le cuivre se couvre dans l'air et l'azote impur de $Cu_2O$ et même, par endroits, de $CuO$, sous l'effet des étincelles, sans que la fréquence des amorçages en paraisse affectée. On constate seulement que chaque amorçage tend alors à être suivi d'une succession ininterrompue d'étincelles se déplaçant rapidement à la surface des électrodes.

On est ainsi conduit à attribuer l'origine des germes de la décharge, en plus de l'émission froide proprement dite, résultant du champ électrique appliqué ([1]), aux phénomènes particuliers d'émission, de caractère non thermionique, présentés par les cathodes recouvertes d'oxyde ou de particules isolantes ([4]). L'interprétation de ces phénomènes met en jeu des mécanismes variés et encore mal départagés :

dans le cas d'oxydes conducteurs ou semi-conducteurs, les aspérités microscopiques des électrodes peuvent être le siège de minuscules décharges couronne ([5]). Cette explication est particulièrement vraisemblable dans le cas de l'acier ordinaire, dont la surface de l'oxyde présente, à cette échelle, un relief tourmenté;

dans le cas des cathodes recouvertes d'oxyde isolant ($Al_2O_3$), la surface de celui-ci se trouve portée, sous l'effet des ions qui s'y accumulent, à un potentiel élevé, et la production intense d'électrons peut être attribuée soit à une rupture diélectrique de l'isolant ou du gaz contenu dans les pores de ce dernier ([6]), soit, lorsque l'épaisseur de l'oxyde est de l'ordre du micron, à l'accroissement de l'émission froide du métal sous-jacent dû au champ électrique considérable régnant dans l'isolant ([7]), ([8]), ([9]).

RADIOACTIVITÉ. — *Autoradiographie par neutrons. Dosage séparé de l'uranium et du thorium dans les minéraux.* Note de M^mes **Irène Curie** et **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'autoradiographie par rayons $\alpha$ avec détection au moyen d'émulsions nucléaires a été proposée pour étudier la répartition des faibles quantités d'uranium et de thorium contenues dans les roches ([1]), N étant le nombre de rayons par centimètre carré et par seconde comptés dans l'émulsion (étant

([4]) F. Llewellyn Jones, *Proc. Phys. Soc. Sect.*, B, 62, 1949, p. 366.

([5]) A. H. Howell, *Electr. Engng.*, 58, 1939, p. 193.

([6]) M. Pauthenier, L. Demon et E. Laurent, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1219 et 1339.

([7]) J. Mühlenpfordt, *Z. Phys.*, 108, 1938, p. 698.

([8]) L. Malter, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 48.

([9]) H. Paetow, *Z. Phys.*, 111, 1939, p. 770 et 117, 1940, p. 399.

([1]) I. Curie, *J. Phys.*, 11, 1946, p. 313.

admis qu'un rayon ne peut être compté que si son parcours dépasse $0^{cm},5$ dans l'air) on a, pour une roche de densité $d$, ayant un pouvoir de ralentissement $1/K$ par rapport à l'air, contenant $C_U$ gramme d'uranium et $C_{Th}$ gramme de thorium par gramme de roche

$$(1) \qquad N = 10^4 Kd[8,65\, C_U + 2,57\, C_{Th}].$$

En étudiant le granite par cette méthode on a pu voir que l'activité est surtout concentrée dans des inclusions (²).

Pour déterminer séparément les teneurs en U et en Th, une deuxième relation est nécessaire. La sélection des traces les plus longues dues au Th C′ (¹) ou l'autoradiographie à travers des écrans d'épaisseurs variables (³) ont été proposées. Ces méthodes sont pénibles et peu précises. Nous avons utilisé, avec de bons résultats, l'autoradiographie par neutrons

Le thorium ne subit la fission que par les neutrons rapides; par suite, si l'on expose dans un flux de neutrons thermiques un échantillon de roche maintenu en contact étroit avec une émulsion nucléaire, on observera dans l'émulsion des traces de fission dont la répartition et l'intensité permettront de déterminer la répartition et la concentration de l'uranium seul. Cette méthode de dosage de l'uranium est indépendant de l'état d'équilibre de la roche, que les autres méthodes admettent implicitement et qui n'est pas toujours réalisé. $C_U$ étant ainsi connu, l'autoradiographie $\alpha$ permettra la détermination de $C_{Th}$ par différence.

Compte tenu de l'absorption des fragments de fission et du fait que deux fragments sont émis en direction opposée dans chaque fission, $C_U$ est donné par la relation

$$(2) \qquad C_U = \frac{A}{N}\,\frac{1}{\sigma}\,\frac{1}{Kd(x-\rho)}\,\frac{2n}{F},$$

où A est la masse atomique de l'uranium, N le nombre d'avogadro, $\sigma$ la section efficace de fission, $x$ le parcours moyen des rayons de fission dans l'air, $\rho$ le parcours minimum dans l'air d'un fragment de fission mesurable dans l'émulsion, $n$ le nombre de fissions mesuré par centimètre carré, F le flux de neutrons par centimètre carré. On admet que K est le même pour les rayons $\alpha$ et les fragments de fission.

Afin d'empêcher l'apparition des trajectoires dues aux rayons $\alpha$ des radioéléments ou celles qui viendraient des réactions ($n$, $\alpha$), au cas où les roches

(²) Mme Hée, *Ann. Géo. Phys.*, **4**, 1948, p. 242; Coppens, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1218; *Bull. Soc. Minéralogie*, **73**, 1950, p. 217; Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol.*, **58**, 1949, p. 76.

(³) Chatterjee et Dhar, *Ind. J. Phys.*, **24**, 1950, p. 346.

contiendraient du bore ou du lithium, même en faible proportion, les émulsions irradiées à la pile sont placées pendant 1 heure 30 minutes dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau oxygénée à 60 volumes. Elles subissent ensuite un développement superficiel (révélateur 1 D 19 15 %, 15 minutes). On utilise des émulsions minces à grain fin (type D 1, 50$^{\mu}$) pour limiter au minimum le voile général dû aux $\gamma$ de la pile et aux radioactivités secondaires induites dans l'émulsion ([4]).

Nous avons d'abord étudié un minerai riche en uranium et ne contenant pas de thorium, l'autunite qui contient 49 à 56 % d'uranium. Le facteur K a été calculé d'après la composition de la roche. Le nombre de rayons comptés correspond à la concentration en uranium. Le nombre de rayons de fissions produit dans une irradiation par neutrons a paru d'abord anormalement faible. Ceci vient de ce que le traitement à l'eau oxygénée supprime les extrémités des fragments de fission qui sont peu ionisantes. Il en résulte que le terme $x - \rho$ est très petit : sa valeur moyenne évaluée d'après les expériences sur l'autunite n'est que de $0^{cm},64$.

Se basant sur ce résultat on a déterminé la concentration en uranium et en thorium d'une thorite. Pour ce minerai, on a trouvé pour deux échantillons, respectivement 2,5 et 3 % d'uranium, 50 et 33 % de thorium, ce qui est compatible avec les valeurs admises pour ce minerai. Il n'en est pas de même pour les euxénites; les valeurs obtenues pour quatre échantillons varient entre 4,5 et 9 % d'uranium et 8 et 23 % de thorium; la teneur en uranium correspond à ce qui est généralement admis (3 à 9 %), mais la teneur en thorium est très supérieure à la valeur admise qui est inférieure à 4 %. Une étude minéralogique de ces échantillons est souhaitable.

La précision des mesures de $C_U$ est de l'ordre de 6 %. La précision de mesure de $C_{Th}$ obtenue par différence, est d'autant plus faible que la proportion de thorium est plus faible.

L'état actuel des techniques de désensibilisation et de développement ne permet pas de recevoir dans les émulsions nucléaires des flux supérieurs à $10^{12}$ neutrons/cm$^2$ ([4]), ce qui limite à $10^{-4}$ g/g de roche les teneurs en uranium décelables par ce procédé. Les teneurs des granits sont de l'ordre de $10^{-5}$. Toutefois, les inclusions contiennent des concentrations de U et Th beaucoup plus fortes, de sorte que l'on peut espérer déterminer pour certaines d'entre elles le rapport uranium-thorium, et distinguer sans ambiguïté les « inclusions à uranium » des « inclusions à thorium ». De telles études sont actuellement en cours.

([4]) Faraggi, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1475.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesures cryoscopiques, en solution diluée, sur l'émétique et sur certains composés tartro-antimonieux.* Note (*) de M. **Maurice Girard** et M^lle **Madeleine Barboux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour exprimer par un nombre entier de molécules l'eau de cristallisation de l'émétique ordinaire ou antimoniotartrate acide de potassium : $C_4H_4O_7SbK$, $1/2\,OH_2$, on est facilement tenté de doubler la masse moléculaire de ce complexe. Cette interprétation se montre d'ailleurs en parfait accord avec diverses déterminations cryoscopiques prouvant l'existence de deux ions potassium et d'un gros anion formé de deux restes tartriques et de $O_3Sb_2$.

En particulier, Kahlenberg ([1]) observe un abaissement cryoscopique inférieur au chiffre théorique attendu pour la masse moléculaire simple de l'émétique, dissociée en un ion complexe et un ion potassium.

G. Michel ([2]), par la méthode de surfusion, trouve comme limite d'abaissement moléculaire de la température de congélation : $(\Delta\theta/m)_0 = K_0$, une valeur égale à la moitié de la constante de l'eau (1,86) en opérant dans l'eutectique avec $NO_3K$, et égale aux 3/2 de cette même constante pour la solution aqueuse. Ainsi, à côté de l'anion commun $(C_4H_4O_7Sb)_2$, apparaissent dans l'eau les deux ions $K^+$.

Mais déjà H. Reihlen et E. Hezel ([3]) avaient montré, sans toutefois préciser mieux, que le chiffre 3/2 ne représentait pas pour $K_0$ une valeur limite.

En reprenant l'étude cryoscopique avec une technique et un appareillage beaucoup plus précis, nous avons pu prouver que le mode de dissociation de l'émétique envisagé plus haut n'était plus exact, tout au moins en solution diluée. En effet les courbes $\Delta\theta/m = f(m)$ sont d'abord très inclinées sur l'horizontale, puis, le coefficient d'activité croissant très rapidement avec la dilution, les courbes se relèvent considérablement. La détermination de $K_0$ par extrapolation ne peut donc avoir de sens exact que pour de très faibles valeurs de $m$. Ce sont précisément les conditions expérimentales que nous avons pu réaliser, grâce à l'appareillage et à la technique de Y. Doucet ([4]), utilisant la « méthode d'équilibre » seule irréprochable : Un récipient cryoscopique adiabatique renferme la solution et des cristaux du solvant. Quand la température est stable, on fait un prélèvement dont on détermine la concentration. Les températures, transmises par un couple thermoélectrique possédant une centaine de

(*) Séance du 12 février 1951.

([1]) *Z. f. Phys. Ch.*, 17, 1895, p. 605.

([2]) *Diplôme d'études supérieures* (*Sciences*), Paris, 1948.

([3]) *Ann. Chem.*, 487, 1931, p. 213.

([4]) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1942.

soudures, sont enregistrées par un potentiomètre donnant le $1/2\mu$ V. Les mesures ont été réalisées jusqu'à des concentrations de $0,5.10^{-3}$ mol/l.

Voici les courbes obtenues avec l'émétique; la courbe $\Delta\theta/m = f(\sqrt{m}.10^{-2})$ permet une facile extrapolation. La courbe en pointillé correspond aux résultats de G. Michel (*loc. cit.*).

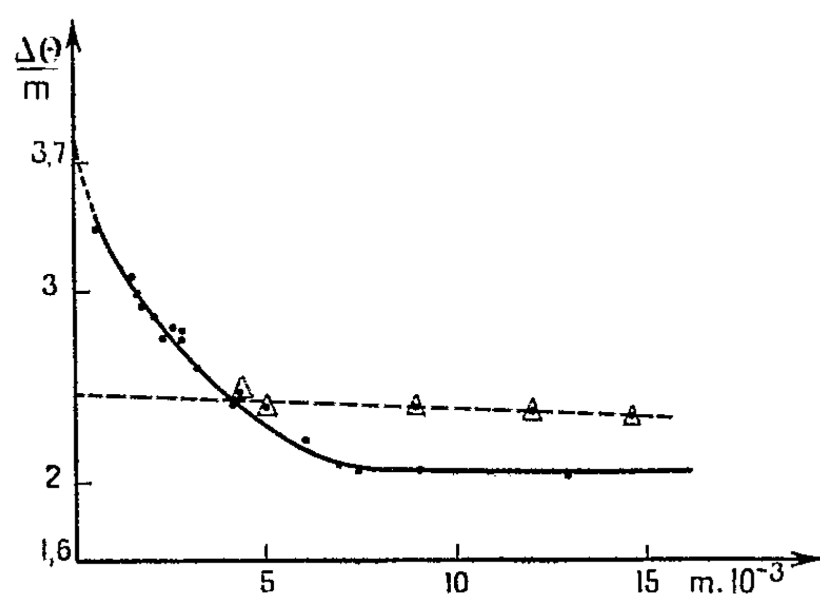



Fig. 1.

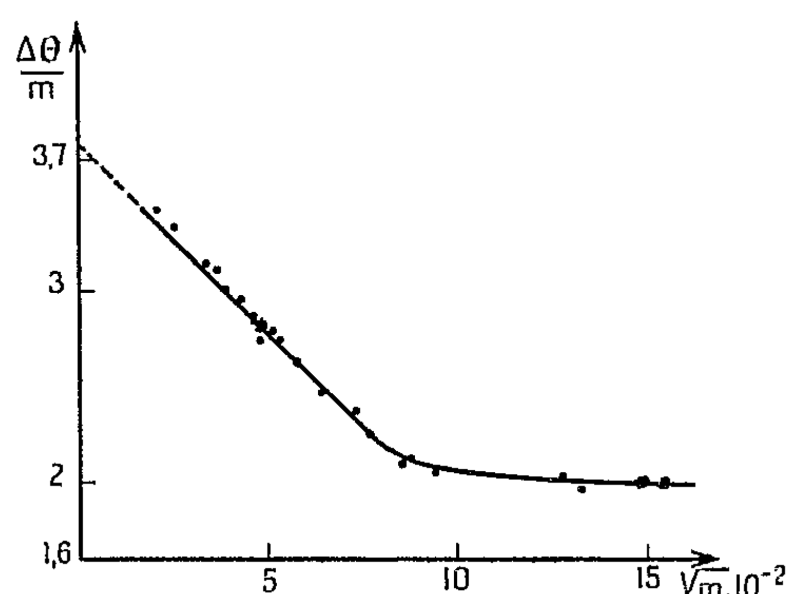



Fig. 2.

Par extrapolation on détermine $K_0 = (\Delta\theta/m)_0 = 3,76$, valeur sensiblement le double de celle de la constante de l'eau 1,86. En solution très diluée, l'émétique se dissocie donc en deux ions seulement $(C_4H_4O_7Sb)^-$ et $K^+$, et, dans ces conditions, il n'y a plus lieu de doubler son poids moléculaire.

Pour élargir cet intéressant résultat, nous avons effectué, en outre, la cryoscopie du composé décrit par J. Bougault ([5]) comme étant l'anhydride tartro-antimonieux et dont la dissolution aqueuse devrait logiquement conduire à l'acide correspondant. Nous constatons, en effet, que les courbes ont la même allure que dans les cas de l'émétique, indiquant seulement une dissociation d'abord plus pénible, mais qui croît ensuite rapidement avec la dilution. Il semble alors logique d'admettre, en solution diluée, l'existence de l'acide tartro-antimonieux $(C_4H_4O_7Sb)^-H^+$.

L'allure des courbes cryoscopiques reste encore la même si l'on s'adresse cette fois au composé cristallisé obtenu en traitant par de la pyridine « l'anhydride tartro-antimonieux ». L'extrapolation donne $K_0 = 3,82$, et montre l'existence de deux ions, comme si dans l'acide tartro-antimonieux la pyridine se substituait au potassium de l'émétique.

([5]) *J. Pharm. Chim.*, 23, 1906, p. 321.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les effets thermiques accompagnant l'adsorption. I. Application à la mesure de la surface des poudres.* Note (*) de M. ÉDOUARD CALVET, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis 1938 ([1]) nous effectuons *l'enregistrement microcalorimétrique des débits de chaleur en fonction du temps* ([2]), au cours de l'adsorption des liquides par de nombreux solides solubles ou insolubles. Nous avions surtout pour but l'étude du mécanisme de la dissolution des cristaux ou de la gélatinisation des hauts polymères. Mais les enregistrements correspondant à *l'adsorption très lente* d'un liquide à partir d'un corps sec ont fait apparaître un phénomène remarquable que nous n'avons pu interpréter que récemment : *il existe sur la courbe enregistrée une discontinuité brutale correspondant à la fin de la formation du film monomoléculaire.* On en déduit une méthode très simple et nouvelle pour mesurer la *surface réelle* d'un corps pulvérulent (sans qu'il soit nécessaire de le dégazer) et qui apporte quelques précisions sur le mécanisme de l'adsorption ([3]).

Nous avons appliqué aux corps insolubles, notre mode opératoire déjà utilisé pour l'étude de l'adsorption des solvants par les corps solubles ([4]) : on place dans la cellule du microcalorimètre le liquide et l'adsorbant à faible distance l'un de l'autre afin de laisser adsorber lentement la vapeur du premier par le second. L'adsorbant est placé dans un tube disposé au centre de la cellule et fermé par un robinet commandé de l'extérieur, qui met à volonté en communication l'adsorbant avec la vapeur du liquide.

*L'effet thermique global que l'on mesure résulte de la vaporisation du liquide et de sa condensation sur le corps adsorbant.* On mesure donc *directement la chaleur de fixation du liquide sur l'adsorbant.*

La méthode est applicable aux corps solubles et insolubles. Elle nous avait déjà permis *l'étude au ralenti* de la dissolution et de la gélatinisation ([4]).

*Résultats relatifs aux corps insolubles.* — Nous avons d'abord opéré avec un échantillon d'anatase ($TiO_2$) en poudre dont la surface était bien connue. C'est précisément l'échantillon utilisé par F. Laporte dans sa thèse (Paris, 1949) sur la mesure énergétique des surfaces par la méthode de mouillage d'Harkins et Jura ([5]). La courbe débits thermiques-temps correspondant à l'adsorption d'eau par la poudre desséchée (mais non dégazée) fait apparaître un brusque changement de pente pour une adsorption de 0,24 % d'eau (l'expérience faite

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *J. Chim. Phys.*, 35, 1938, p. 69-79.

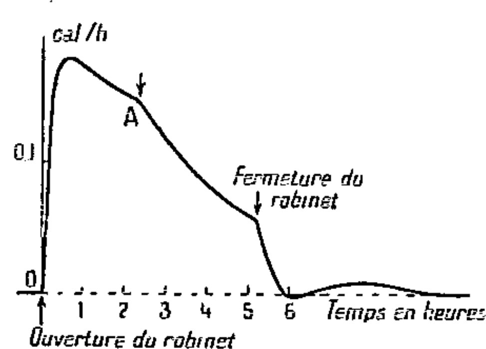
([2]) Ces courbes enregistrées doivent être corrigées pour donner rigoureusement les débits thermiques en fonction du temps. Nous savons faire ces corrections; mais nous n'utiliserons ici que les courbes non corrigées qui nous suffisent pour le but poursuivi.

([3]) Le cas des corps solubles sera examiné dans une prochaine Note.

([4]) E. CALVET, *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, 32, 1946, p. 168-219.

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 12, 1944, p. 2-66.

à 17° C, dans l'air, doit être réalisée *très lentement* pour faire nettement apparaître cette discontinuité) (*fig.* 1). Comme on connaît l'encombrement de la molécule d'eau (10,6 Å$^2$), on en déduit la valeur de l'aire occupée par le film monomoléculaire (nous trouvons 8,5 m$^2$/g; F. Laporte avait trouvé 9,6 m$^2$/g).




Nous avons réalisé les mêmes expériences avec des échantillons d'alumine (bœhmite et hydrargillite) dont les surfaces avaient été mesurées préalablement par la méthode Brunauer, Emmett et Teller et par une autre méthode (adsorption d'acide stéarique en solution dans le benzène). Les courbes enregistrées présentent des discontinuités très nettes qui permettent de retrouver à moins de 5 % près les résultats fournis par les autres méthodes classiques.

*Avantages de cette méthode.* — La méthode Harkins et Jura nécessite un dégazage poussé par chauffage à 400-500° dans le vide. La possibilité d'opérer dans l'air sur une substance simplement desséchée donne à notre méthode un intérêt évident. D'autre part, le mouillage d'Harkins et Jura ne peut avoir lieu qu'après adsorption jusqu'à saturation. La surface mouillée n'est donc plus la *surface réelle* contrairement à ce que donnent la méthode B. E. T. et la nôtre.

*Conséquences relatives à la formation du film monomoléculaire.* — La poudre adsorbante étant placée dans un tube cylindrique étroit, dont le diamètre est environ le 1/10 de la hauteur, on peut penser que la partie supérieure de la substance adsorbe plus d'humidité que la partie inférieure. C'est bien ce qui se produit si le robinet qui met en communication l'adsorbant avec la vapeur du liquide est largement ouvert. Dans ce cas, la courbe enregistrée montre que le débit de chaleur est une fonction décroissante du temps. La pente négative de cette courbe est d'autant plus grande que le robinet est plus ouvert. On observe cependant toujours la discontinuité pour la fin de la formation du film monomoléculaire. Mais elle correspond alors à une valeur trop grande de la surface puisque la partie supérieure du tube contient plusieurs couches de molécules tandis que la partie inférieure n'en contient qu'une. Si, au contraire, le robinet ne présente qu'une ouverture assez faible, on enregistre un palier terminé par la brusque discontinuité. Dans ce cas, on trouve très correctement l'aire cherchée. L'explication est la suivante :

Le film monomoléculaire s'étend de grain à grain avec une certaine vitesse qui n'est pas infinie. Lorsque cette vitesse d'expansion est plus grande ou au moins égale à celle de l'arrivée des molécules adsorbées, il n'y a aucune accumulation

à la partie supérieure du tube et le débit de chaleur reste sensiblement constant.

Pour faire une mesure correcte il faut donc régler le robinet, de manière à obtenir un débit de chaleur uniforme jusqu'à la discontinuité marquant la fin de la formation du film monomoléculaire. On peut ainsi, en opérant à la limite de l'obtention du palier, avoir une idée de la vitesse d'expansion de ce film.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre les vibrations atomiques des métaux à l'état solide et leur chaleur de fusion.* Note (*) de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que les vibrations atomiques sont étroitement liées à la chaleur spécifique des solides (théories de Einstein et de Debye) et à la température de fusion (formule de Lindeman). Nous allons montrer qu'il existe une relation simple entre les vibrations atomiques des métaux à l'état solide et leur chaleur de fusion.

Soient H la chaleur de fusion (en calories-grammes par atome-gramme) et $\nu$ la fréquence limite des vibrations atomiques du solide.

Pour un atome-gramme le quantum d'énergie correspondant est $(Nh\nu)$ ergs ou $(Nh\nu/4,185.10^7)$ cal-g.

$$N = 6,02.10^{23}, \qquad h = 6,62\cdot 10^{-27} \text{ erg sec.}$$

Nous calculons le rapport $R = H : Nh\nu/4,185.10^7$ pour les métaux dont le réseau est cubique à faces centrées, hexagonal compact ($c/a = 1,633$) ou cubique centré. Les valeurs de $\nu$ sont obtenues de trois façons différentes :

1° à partir des températures caractéristiques de Debye $T_d$ :

$$\nu_d = \frac{kT_d}{h} = 2,083.10^{10}\,T_d;$$

2° par la formule de Lindeman $\nu_L = 2,8.10^{12}\sqrt{T_f/AV^{2/3}}$ ($T_f$, température absolue de fusion; A, V, masse et volume atomiques);

3° à partir de la vitesse du son V et du paramètre des cristaux $a$ par les relations $\nu_S = V/a\sqrt{2}$ (cube faces centrées) ou $\nu_S = V/2a$ (système hexagonal compact).

En réalité la vitesse correspondant aux fréquences élevées des vibrations atomiques est inférieure à la vitesse du son. Les valeurs de $\nu_S$ sont donc trop grandes, et les rapports R qu'on en déduit sont trop faibles.

Dans le tableau suivant, $R(\nu_D)$ $R(\nu_L)$ et $R(\nu_S)$ représentent respectivement les valeurs du rapport R calculées avec les fréquences $\nu_D$, $\nu_L$, $\nu_S$. Le nombre $n$ de la dernière colonne est le nombre quantique principal du niveau externe de l'atome.

(*) Séance du 26 février 1951.

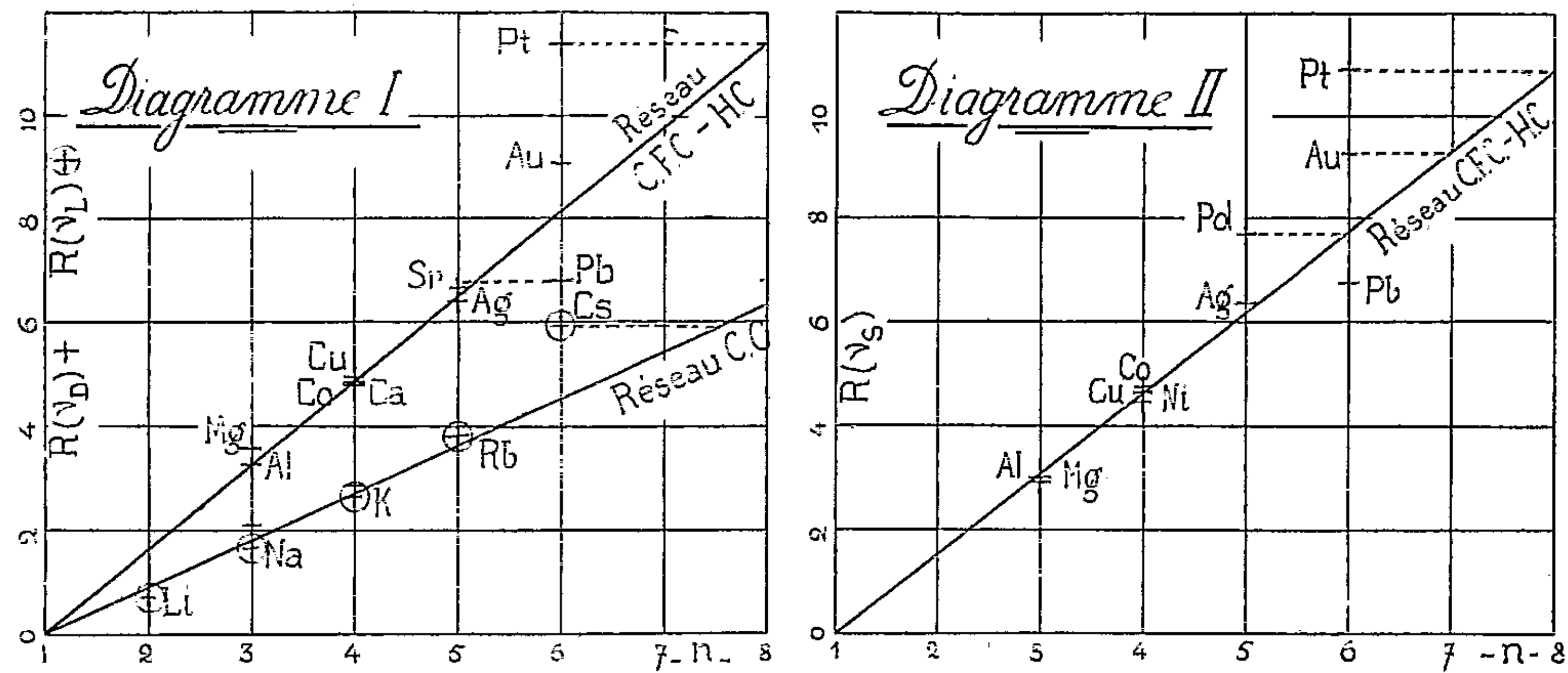
*Réseaux cubiques à faces centrées et hexagonal compact.*

| Éléments. | $T_D$ (1). | $\nu_D.10^{-12}$. | $\nu_S.10^{-12}$ (2). | H (2). | $R(\nu_D)$. | $R(\nu_S)$. | *n*. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Al......... | 390 | 8,12 | 8,93 | 2520 | 3,25 | 2,95 | 3 |
| Mg......... | 290 | 6,04 | 7,2 | 2070 | 3,59 | 3,01 | 3 |
| Ca......... | 230 | 4,79 | – | 2230 | 4,88 | – | 4 |
| Co......... | 385 | 8,04 | 8,2 | 3700 | 4,84 | 4,74 | 4 |
| Cu......... | 315 | 6,56 | 7,05 | 3110 | 4,98 | 4,64 | 4 |
| Ni......... | – | – | 10 | 4230 | – | 4,44 | 4 |
| Ag......... | 215 | 4,48 | 4,5 | 2730 | 6,39 | 6,33 | 5 |
| Sr......... | 170 | 3,54 | – | 2240 | 6,65 | – | 5 |
| Pd......... | – | – | 5,46 | 4000 | – | 7,69 | 5 |
| Au......... | 170 | 3,54 | 3,47 | 3060 | 9,08 | 9,27 | 6 |
| Pb......... | 88 | 1,83 | 1,79 | 1190 | 6,84 | 6,78 | 6 |
| Pt......... | 225 | 4,69 | 4,87 | 5100 | 11,41 | 10,9 | 6 |

*Réseau à cube centré.*

| Éléments. | $T_D$. | $\nu_D.10^{-12}$. | $\nu_L.10^{-12}$ (3). | H. | $R(\nu_D)$. | $R(\nu_L)$. | *n*. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Li......... | – | – | 10 | 690 | – | 0,72 | 2 |
| Na......... | 150 | 3,12 | 3,96 | 630 | 2,12 | 1,67 | 3 |
| K.......... | 100 | 2,08 | 2,3 | 571 | 2,88 | 2,62 | 4 |
| Rb......... | – | – | 1,45 | 525 | – | 3,80 | 5 |
| Cs......... | – | – | 0,95 | 500 | – | 5,49 | 6 |

Les diagrammes I et II représentent les valeurs de R en fonction de *n*.




Sur ces diagrammes les points correspondant au même système cristallin se disposent en ligne droite jusque $n = 5$. Au delà ils se dispersent et semblent

(1) F. SEITZ, *Théorie moderne des solides* (Trad. L. DUGAS), 1949, p. 121.
(2) SMITHELLS, *Métals Référence Book*, 1949, p. 414-418.
(3) M. C. LEWIS, *Traité de chimie physique* (Trad. VIGNERON), 3, 1922, p. 55.

correspondre à des valeurs entières de $n$ différentes du nombre quantique principal de la couche externe. Ce fait est à rapprocher du chevauchement des niveaux d'énergie qui devient alors important.

Les droites des diagrammes correspondent à la relation

$$H = \alpha (n - 1) N h \nu.$$

La constante $\alpha$ déterminée sur le diagramme 1 est égale à 1,63 pour le cube à faces centrées et le système hexagonal compact, 0,90 pour le cube centré.

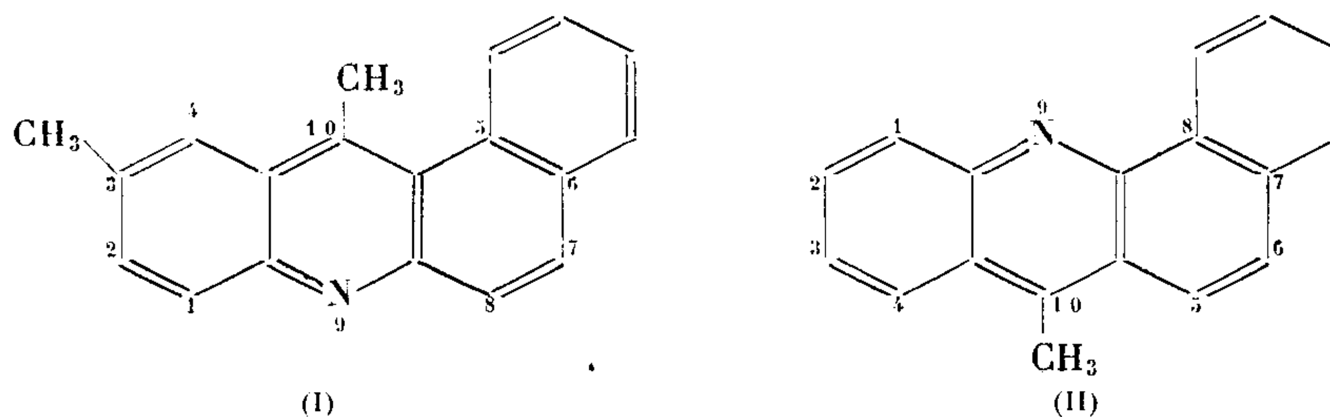
Les chaleurs de fusion sont donc proportionnelles au quantum de vibration des atomes pour la fréquence maximum du réseau. Le coefficient de proportionalité comprend deux termes, l'un caractérisant la structure cristalline et l'autre le niveau d'énergie des électrons périphériques de l'atome.

RADIOCHIMIE. — *Micro-synthèse de benzacridines angulaires marquées par du carbone radioactif C 14*. Note (*) de Mme **Pascaline Daudel**, Mlles **Monique Flon** et **Andrée Cheutin**, MM. **Roland Muxart**, **N. P. Buu Hoï**, **Bernard Eckert** et **Nguyen Hoan**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On décrit une méthode permettant la microsynthèse de benzacridines angulaires mésosubstituées marquées par du carbone radioactif sur le carbone en position méso.

On sait que les benzacridines angulaires substituées en position méso par des radicaux méthyles présentent un grand intérêt en raison de leur pouvoir cancérigène intense (1). Il était donc intéressant d'étudier la synthèse de composés de ce genre dans la molécule desquels on introduirait un atome de carbone radioactif, afin d'utiliser de telles substances marquées, pour la recherche du métabolisme des cancérigènes.

Dans le présent travail nous décrivons une méthode qui permet d'obtenir, à partir de quelques milligrammes d'acétate de sodium radioactif ($CH_3—CO_2^*Na$) des substances telles que la 3.10-diméthyl-5.6-benzacridines (I) et la 3.10-diméthyl-7.8-benzacridine (II):




(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Voir* A. Lacassagne, N. P. Buu Hoï, J. Lecoq et G. Rudali, *Bull. du Cancer*, 33, 1946, p. 48; 34, 1947, p. 22.

composés dont les propriétés biologiques ont déjà été étudiées par Lacassagne et ses collaborateurs ([2]). La réaction utilisée est celle de Bernthsen, modifiée par l'un de nous ([3]) : elle consiste à condenser une N-arylnaphtylamine convenable avec l'acétate de sodium radioactif en présence de chlorure de zinc fondu et d'une petite quantité d'acide chlorhydrique.

Dans un tube en pyrex on chauffe à 190° à l'aide d'un four thermostatique pendant 20 heures, un mélange de $25^{mg}$ d'acétate de sodium radioactif; 4/100 de centimètre cube d'acide chlorhydrique concentré 22° B; $120^{mg}$ de chlorure de zinc fondu; $40^{mg}$ de l'amine correspondant à la benzacridine désirée.

Après refroidissement, on neutralise par un excès de soude (environ $200^{mg}$ de soude dans $2^{cm^3}$ d'eau) en présence de $1^{cm^3}$ de toluène. On voit apparaître un précipité minéral et la phase toluénique se colore en brun foncé.

On centrifuge et l'on prélève le toluène qui renferme la benzacridine. La solution toluénique est alors évaporée par chauffage au bain-marie et sous un léger vide.

Le résidu organique est traité au réfrigérant à reflux pendant 15 heures par de l'éther de pétrole.

Les différents constituants de la solution obtenue sont ensuite séparés par chromatographie sur une colonne d'alumine préalablement préparée dans l'éther de pétrole. La benzacridine se trouve au haut de la colonne et se repère aisément en raison de sa fluorescence jaunâtre en lumière de Wood. Elle surmonte une substance donnant une fluorescence bleue. On coupe la colonne à la frontière de ces deux fluorescences et l'on procède a l'élution de la benzacridine en faisant bouillir l'alumine obtenue, d'abord dans l'éther de pétrole et ensuite dans le benzène. La solution d'éther de pétrole et la solution benzénique sont évaporées isolément et laissent cristalliser quelques milligrammes de benzacridine radioactive.

Cette méthode a été utilisée dans le cas de la 3.10-diméthyl 5.6-benzacridine, et l'on a contrôlé spectroscopiquement la pureté des deux produits ainsi obtenus. La benzacridine cristallisée dans l'éther de pétrole est plus pure (99 %) que celle cristallisée dans le benzène.

La benzacridine ainsi synthétisée possède un atome de carbone radioactif en position 10, et doit être utilisée pour l'étude de son métabolisme chez la Souris, sous la direction de M. le professeur Lacassagne.

Signalons enfin que de multiples précautions ont été prises pour éviter les dangers du maniement du radiocarbone.

---

([2]) A. Lacassagne, N. P. Buu Hoï et G. Rudali, *Brit. J. exp. Path.*, 26, 1945, p. 5.

([3]) N. P. Buu Hoï et J. Lecocq, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 792; N. P. Buu Hoï, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 792; 1949, p. 670.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Détermination du coefficient d'activité d'une solution saturée d'un électrolyte fort, peu soluble, par des mesures de solubilité.* Note de M. **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Pascal.

Soient $m$ et $f$ les valeurs rapportées à 1000g de solvant de la solubilité et du coefficient d'activité moyenne à saturation d'un électrolyte fort $A^{\alpha}B^{\beta}$, à force ionique $\mu$. Nous appelons $m_0$ et $f_0$ les quantités correspondantes dans une solution contenant $A^{\alpha}B^{\beta}$ en l'absence de tout autre corps.

Le produit des activités ioniques de $A^{\alpha}B^{\beta}$ est constant en présenee de la phase solide de composition $A^{\alpha}B^{\beta}$. D'où

$$\log m + \log f = \log m_0 + \log f_0.$$

L'étude de la solubilité de $A^{\alpha}B^{\beta}$ en présence de quantités variables d'un autre électrolyte permet de construire une courbe $\log m = \varphi(\sqrt{\mu})$. Si $m_0$ est suffisamment faible, nous obtenons par extrapolation dans la zone de grande dilution une valeur $\log m_1$ correspondant à $\mu = 0$, telle que

$$\log f_0 = \log m_1 - \log m_0.$$

La relation de Debye et Hückel (1) permet de déterminer par le calcul la pente de la tangente à l'origine et facilite l'extrapolation.

*Application.* — Nous avons utilisé cette méthode qui nous semble nouvelle pour obtenir le coefficient d'activité moyenne du perchlorate de potassium dans l'eau pure à 25° en présence de corps de fond.

La force ionique des solutions est rendue variable par addition successive de chlorure, nitrate ou sulfate de sodium, de chlorure ou nitrate de baryum.

L'extrapolation des courbes $\log m = \varphi(\sqrt{\mu})$ au delà du point $M_0$ correspondant à une solution saturée de perchlorate de potassium dans l'eau pure se fait selon un segment de droite dont la pente $A = 0,358$ est en accord avec la formule de Debye et Hückel (*figure*).

Le point $M_1$ relatif à la solution de dilution infinie donne $\log m_1 = -1,018$. Le coefficient d'activité moyenne $f_0$ relatif à une solution pure saturée s'en déduit $f_0 = 0,649$ ($\log f_0 = -0,188$).

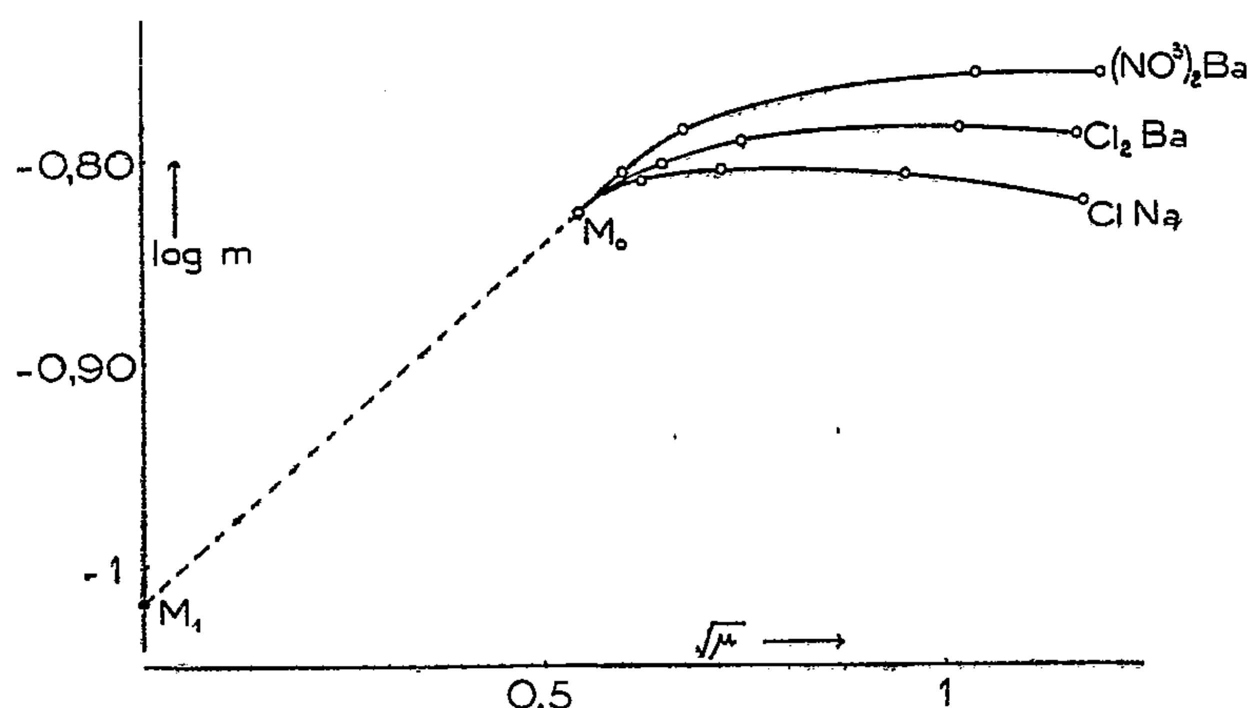
Cette valeur est très voisine de celle que donne à la molalité $m_0$ l'extrapolation des coefficients d'activité déterminés en solution diluée par cryométrie ($f_0 = 0,645$) (2).

En présence d'un sel homoionique (perchlorate de sodium) nous obtenons une valeur identique pour $f_0$ à condition de substituer à $m$ le produit de solubilité molaire.

(1) *Physik. Z.*, 24, 1923, p. 185.

(2) G. Scatchard, S. S. Prentiss et P. T. Jones, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 809.

Nous avons calculé la distance moyenne d'approche ($a$) à saturation à l'aide de la relation de van Rysselberghe et Eisenberg ([3]) qui, exprimant les forces de répulsion ioniques par le covolume de van der Waals, relie avec une approximation, suffisante en général, coefficient d'activité et distance moyenne




d'approche en solution concentrée : $a = 0{,}48$ Å. Le même procédé appliqué aux valeurs de $f$ obtenues par cryométrie donne pour le cas-limite de la solution eutectique : $a = 2{,}45$ Å. Les valeurs obtenues sont cohérentes, mais pourront paraître faibles. Nous pensons que le sel étant peu hydraté en solution, la distance moyenne d'approche est réduite. Cette explication n'exclut pas une possibilité d'imperfection de la relation utilisée.

La méthode que nous proposons se limite aux électrolytes forts, et peu solubles. Plus précise que les procédés ébulliométriques ou tonométriques couramment utilisés dans ce genre de travaux, elle est particulièrement indiquée dans le cas où l'absence de composés homoioniques insolubles exclut une détermination de force électromotrice de contact.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons de l'urée et du chlorure mercurique.* Note de M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

En présence d'urée, l'action de la soude à froid sur une solution de chlorure mercurique ne conduit pas à la formation d'oxyde ou d'oxychlorures, mais à des combinaisons oxyde de mercure-urée. Les produits obtenus sont de nature différente suivant qu'on introduit la soude dans la solution de chlorure et d'urée ou inversement.

Un essai de détermination physico-chimique par mesure des variations de pH ou de la conductivité a été fait, mais les courbes ne présentent pas

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 451.

d'autre singularité que celle de la précipitation de l'oxyde de mercure et ne fournissent aucun renseignement sur les produits formés : les points d'équivalence se situant à la même place et correspondant à deux molécules de soude pour une de sel mercurique. Seule une translation des courbes vers les pH décroissants, quand on augmente le nombre de molécules d'urée, les distingue des courbes de précipitation en absence d'urée.

On a toujours opéré en présence d'une quantité d'urée double du nombre de molécules de chlorure mercurique dont la concentration était supérieure à M/100, les solutions plus étendues restant presque indéfiniment troubles et la séparation devenant très laborieuse.

*Introduction de la soude dans le mélange chlorure-urée.* — Les produits obtenus sont toujours plus ou moins jaunes, de composition mal définie; il y a formation d'oxychlorures de mercure à côté de combinaisons avec l'urée.

*Introduction du chlorure mercurique dans le mélange soude-urée.* — En introduisant goutte à goutte le chlorure mercurique dans la solution de soude et d'urée, on obtient des dépôts très blancs et faciles à séparer. L'étude du système à conduit aux résultats suivants :

| Composition des solutions $\frac{\text{mol. HONa}}{\text{mol. Cl}_2\text{Hg}}$. | Composition de la phase solide. | | |
|---|---|---|---|
| | $\frac{\text{Urée}}{\text{Hg}^{++}}$. | $\frac{\text{Cl}^-}{\text{Hg}^{++}}$. | — |
| $\leqq 1$ .......... | 0,33–0,35 | 0,68–0,65 | Urée, 2OHg, $Cl_2Hg$ (A) |
| 1 à 2.......... | – | – | Mélanges de A et B |
| $\geqq 2$........... | 0,47–0,49 | 0–0,1 | Urée, 2OHg (B) |

Il était prévisible que lors de la précipitation de ces produits, l'oxyde mercurique se forme en premier lieu et se combine ensuite à l'urée. On a donc étudié l'action des solutions d'urée sur l'oxyde. Fraîchement préparé et non desséché, mis en suspension et agité dans une solution d'urée contenant plus d'une molécule pour deux d'oxyde, il reste inaltéré en milieu neutre, mais se combine rapidement si la solution est rendue alcaline jusqu'à pH 10-11 par une faible quantité de soude. Il reste alors une poudre blanche peu soluble, formée de petits cristaux incolores et transparents, non biréfringents, d'aspect cylindrique, souvent groupés en macles, infusibles sans décomposition, celle-ci débutant peu au-dessus de 100°. L'analyse des eaux mères montre que l'ion sodium se retrouve entièrement en solution et que l'urée a diminué.

La composition de la phase solide correspond à : urée, 2OHg (calculé %, Hg 73,3; N 5,67; trouvé %, Hg 72,9; N 5,5).

Les acides minéraux la dissolvent sans détruire sa structure, mais conduisent à un sel : urée, 2OHg, $X_2$ à partir duquel on peut retrouver le produit primitif par addition d'un excès de soude. Cette dernière, même concentrée, est sans action à froid sur elle, mais la décompose un peu par ébullition prolongée.

Enfin, agité dans une solution de chlorure mercurique, ce produit fixe rapidement le sel et prend la composition : urée, 2OHg, $Cl_2Hg$, dont le chlore précipite entièrement par le nitrate d'argent et dont seulement un sur trois des atomes de mercure est précipitable par la soude et par l'iodure de potassium (calculé %, Hg 78,7; Cl 9,29; N 3,66; trouvé %, Hg 78,2; Cl 9,1; N 3,4).

Le résultat de l'action de la soude sur le chlorure mercurique en présence d'urée est donc un hydroxyde de forme $CO(NH-Hg)_2(OH)_2$ capable de donner des sels avec les acides et avec le chlorure mercurique un produit d'addition différent du sel déjà connu $CO(NH-Hg)_2Cl_2$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la dissociation des sulfates de fer, de zinc et de plomb.* Note de M. **Haldun N. Terem** et M[lle] **Sâman Akalan**, présentée par M. Paul Pascal.

1. L'étude de la dissociation thermique des sulfates de fer, de zinc et de plomb a été entreprise à l'aide de la balance hydrostatique de Guichard, à températures aussi bien linéairement croissantes que fixes.

*a*. La première série d'essais, avec une ascension de température de 240° par heure, donne une idée sur les « seuils de dissociation » des produits étudiés et nous a guidés de ce fait dans le choix des températures optima de la seconde série. Elle permet également de déceler tout composé intermédiaire formé pendant la réaction. Les *courbes mol* $SO_3$ *dégagé — température* de la

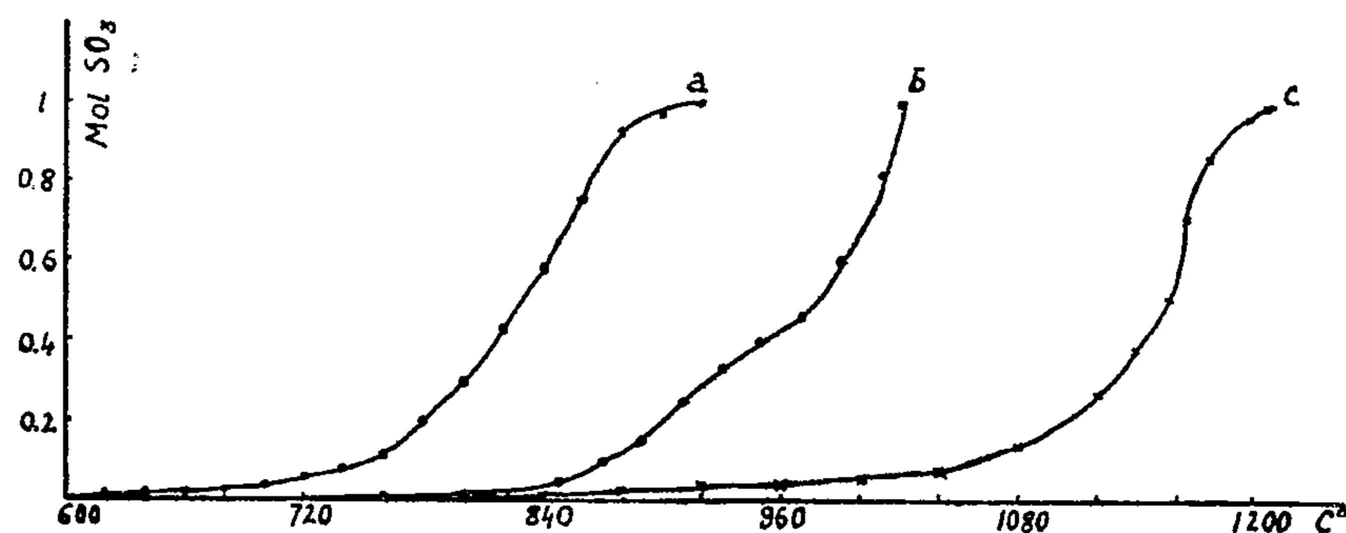



figure traduisent les résultats obtenus. Elles montrent, en particulier, que le sulfate ferrique (*a*) et le sulfate de plomb (*c*) se dissocient sans formation de produits intermédiaires. Les résultats de Hoffman et Wanjuhow (¹) concernant la formation d'un sulfate basique de plomb sont ainsi infirmés. Quant au sulfate de zinc (*b*), il donne, entre 750 et 950°, naissance à un produit basique de formule $3\,ZnSO_4$, $2\,ZnO$, comfirmant, en principe seulement, les résultats de Friedrich (²), qui trouve le composé $2\,ZnSO_4$, $ZnO$ à 840°.

(¹) *Z. Krist.*, 55, 1915, p. 111.
(²) *Stahl u. Eisen*, 31, 1911, p. 1909.

Les « seuils de dissociation », c'est-à-dire les températures à partir desquelles les mesures peuvent être faites, varient beaucoup selon la nature du sulfate, ainsi que les températures effectives de dissociation. Ces dernières se situent entre 720 et 900° pour le sulfate ferrique, et entre 1050 et 1200° pour le sulfate de plomb. Le sulfate basique de zinc obtenu entre 850 et 950°, donne à son tour l'oxyde correspondant entre 950 et 1020°.

*b*. Les résultats obtenus en *a* nous ont conduits à choisir comme températures fixes d'étude 740, 760, 780 et 800°, pour le sulfate ferrique; 840, 860, 880 et 900° pour le sulfate de zinc; 960, 980, 1000 et 1020° pour le sulfate basique de zinc et enfin 1060, 1080, 1100 et 1120° pour le sulfate de plomb. $k$ étant la pente des droites mol $SO_3$ *dégagé — temps* obtenues dans chaque cas et T la température absolue, nous avons :

1. Pour le sulfate ferrique :

| $\frac{10^3}{T}$ | | $-\log k$ | |
|---|---|---|---|
| 0,987 | 0,949 | 1,721 | 1,387 |
| 0,968 | 0,932 | 1,522 | 1,221 |

2. Pour le sulfate de plomb :

| $\frac{10^3}{T}$ | | $-\log k$ | |
|---|---|---|---|
| 0,75 | 0,728 | 1,657 | 1,236 |
| 0,739 | 0,718 | 1,455 | 1,013 |

3. Pour le sulfate de zinc :

| $\frac{10^3}{T}$ | | $-\log k$ | |
|---|---|---|---|
| 0,898 | 0,867 | 1,366 | 1,040 |
| 0,882 | 0,852 | 1,173 | 0,983 |

4. Pour le sulfate basique de zinc :

| $\frac{10^3}{T}$ | | $-\log k$ | |
|---|---|---|---|
| 0,811 | 0,785 | 0,818 | 0,707 |
| 0,798 | 0,773 | 0,759 | 0,665 |

Nous obtenons ainsi des droites $-\log k$, $10^3/T$ qui satisfont à la loi d'Arrhenius; d'où, pour les énergies d'activation W des réactions étudiées, respectivement : $W_1 = 36\,800^{cal}$, $W_2 = 92\,000^{cal}$, $W_3 = 50\,600^{cal}$ et $W_4 = 18\,400^{cal}$.

2. L'appareillage utilisé réalisant, jusqu'à un certain point, les conditions de travail industrielles, nous nous sommes proposé de compléter ces études en les répétant avec des mélanges de sulfates correspondant, autant que possible, à ceux obtenus par grillage des sulfures de fer, de zinc et de plomb. Voici les résultats obtenus avec quelques adjuvants :

*a*. Un mélange contenant 68 % Fe, 0,7 % Mn et 0,13 % S se dissocie bien plus rapidement que le sulfate ferrique pur : la réaction, qui commence dans les deux cas vers 640°, est en effet terminée à 800° pour le mélange, tandis que le sulfate ferrique ne se transforme complètement en oxyde qu'à 920°.

*b*. Le sulfate de zinc, correspondant à un minerai contenant 50 % Zn, 2 % Cd et 0,5 % Pb, se dissocie également plus vite que le sulfate pur, les seuils de réaction étant différents (660° pour le premier, 750° pour le second). Les fins de dissociation se situent respectivement à 980 et 1020°.

*c*. Un mélange contenant 8,9 % Pb, 3,3 % Zn et 28,6 % Fe accuse un seuil

de dissociation de plus de 300° plus bas que celui du sulfate de plomb pur. La réaction est également plus rapide et se trouve terminée à 800°.

III. Enfin, quelques essais ont été également faits pour déterminer l'influence d'adjuvants isomorphes sur la dissociation des sulfates étudiés. Ainsi, le sulfate de zinc, contenant 10 % de sulfate manganeux, donne une courbe de dissociation à peu près parallèle à celle du sulfate pur, mais décalée de 80° environ vers l'origine. Il est à remarquer que le palier observé dans la dissociation du sulfate pur et correspondant à la formation du produit basique $3ZnSO_4$, $2ZnO$ se retrouve ici aussi, mais à 860° au lieu de 950° dans le cas du sulfate pur.

Du sulfate de plomb, contenant 1 % de sulfate de baryum, voit également sa dissociation activée, la réaction qui commence à 920°, donc à plus haute température que pour le sulfate pur, se trouvant néanmoins terminée à 1160°.

On peut donc dire que, d'une façon générale, la dissociation des sulfates de fer, de zinc et de plomb est activée par addition d'autres sulfates, même en très petites quantités.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la généralisation du phénomène de Portevin-Le Chatelier observée sur les courbes de traction des alliages légers.* Note (*) de M. **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que A. Portevin et F. Le Chatelier ([1]) ont observé sur des alliages industriels du type duralumin contenant ou non du magnésium, des courbes de traction anormales où l'allongement ne croît pas d'une façon continue en fonction de l'effort; il progresse par oscillations répétées, dont l'amplitude croît avec la charge jusqu'au maximum de la courbe moyenne. En outre ils ont montré que ce phénomène présente une intensité décroissante au fur et à mesure que le vieillissement de l'alliage progresse et disparaît complètement quand l'alliage cesse de durcir.

Dans cette Note nous montrerons, grâce à cette corrélation entre l'existence du phénomène Portevin-Le Chatelier et le durcissement structural, combien la cinétique de ce durcissement peut être influencée soit par la vitesse de trempe, soit par des additions à la solution solide binaire. Nous nous limiterons aux seuls faits expérimentaux et nous montrerons que le phénomène peut se généraliser à d'autres solutions solides d'aluminium.

La solution solide Al-Cu à 4 % Cu, tractionnée aussitôt après trempe à l'eau ou à l'air présente d'une façon très marquée le phénomène de Portevin-Le Chatelier. Dès les premiers instants du vieillissement, l'alliage trempé à l'air présente un plus grand nombre d'oscillations et une plus faible charge de

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 507.

rupture que l'alliage trempé à l'eau. Au fur et à mesure que le vieillissement se poursuit, le nombre des oscillations et leur amplitude diminuent très vite pour l'alliage trempé à l'eau, cependant que la charge de rupture croît au même rythme que la diminution des oscillations. Après 24 heures de vieillissement, l'alliage trempé à l'eau ne présente presque plus d'oscillations. Pour faire disparaître complètement les oscillations en fin de courbe de traction, il faut poursuivre le vieillissement au delà de 50 à 100 heures, cette durée dépendant à la fois de la température de trempe, du milieu de trempe et du vieillissement à l'ambiante.

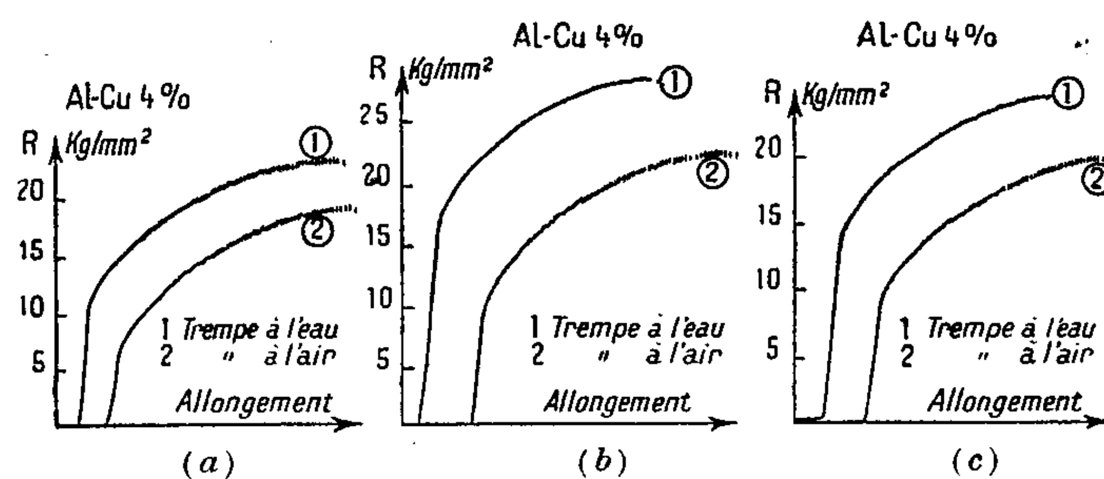



Fig. 1.

(*a*), courbes de traction de deux microéprouvettes vieillies 4 minutes à 20°; (*b*), courbes de traction obtenues avec des microéprouvettes vieillies 24 heures à 20°; (*c*), revenu 30 minutes à 90°.

Au contraire, pour l'alliage trempé à l'air, la disparition totale des oscillations ainsi que l'établissement des propriétés mécaniques maxima de l'alliage demandent environ 40 jours.

De même, un revenu supérieur à l'ambiante augmentant la vitesse de transformation de la solution solide accélère la disparition des oscillations sur les courbes de traction. Ainsi la figure 1 *c* montre que cette disparition est presque complète après 30 minutes de vieillissement à 90° de l'alliage trempé à l'eau, alors qu'elle demandait 50 à 100 heures à l'ambiante.

La solution solide Al-Mg présente le phénomène avec plus d'intensité. Celui-ci persiste quelles que soient la vitessse de la trempe et la durée du séjour à l'ambiante. Ceci confirme le fait bien connu que cet alliage subit peu ou pas de durcissement à l'ambiante ([2]). Un revenu à 175° accélère la transformation de la solution solide, ce qui se traduit par une diminution très marquée du nombre des oscillations (*fig.* 2 *a*).

La solution solide Al-Zn dont la vitesse de durcissement est beaucoup plus grande que celle de Al-Cu à l'ambiante ([3]), ne présente le phénomène de Portevin-Le Chatelier qu'avec une faible intensité dans les premiers instants

([2]) P. Lacombe, *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 259.

([3]) J. Herenguel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1731.

du vieillissement. Si l'on diminue la vitesse de durcissement par addition d'une impureté comme le magnésium ([4]), le phénomène de Portevin-Le Chatelier réapparaît avec la même intensité que pour les alliages Al-Cu et Al-Mg (*fig.* 2 *b*).

Enfin, nous avons constaté le fait important qu'une éprouvette à gros grains d'alliage Al-Cu 4 % présente le phénomène avec une intensité beaucoup plus faible, ce qui montre que les contours de grains doivent jouer un rôle essentiel dans l'apparition du phénomène.

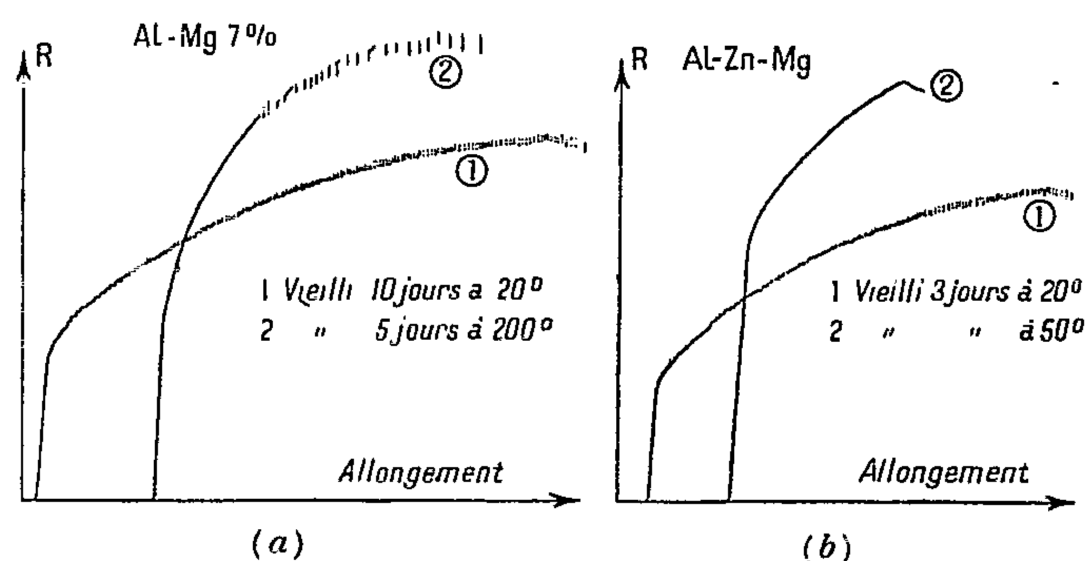



Fig. 2.

(*a*), courbes de traction des alliages Al-Mg vieillis à l'ambiante ou revenus à 200°; (*b*), Al-Zn-Mg (12 % Zn, 1 % Mg).

En conclusion, nous avons montré, dans le cas des alliages légers d'aluminium, d'une part la généralisation du phénomène de Portevin-Le Chatelier, d'autre part l'impossibilité d'attribuer ce phénomène aux seules impuretés. C'est bien l'addition principale de la solution solide qui est responsable de la coexistence du phénomène avec l'établissement du durcissement. Les impuretés n'interviennent dans l'intensité et dans la plus ou moins grande persistance du phénomène dans le temps que dans la mesure où ces impuretés accélèrent ou freinent la vitesse de transformation de la solution solide.

MÉTALLURGIE. — *Sur le déplacement des particules cristallines dans un monocristal d'aluminium progressivement laminé*. Note (*) de MM. **Raymond Jacquesson** et **Jack Manenc**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une étude sur les perturbations de texture produites dans un monocristal d'aluminium par une torsion poursuivie jusqu'à rupture, l'un de nous a montré ([1]) que les cristallites résultant de la dislocation du cristal subissent

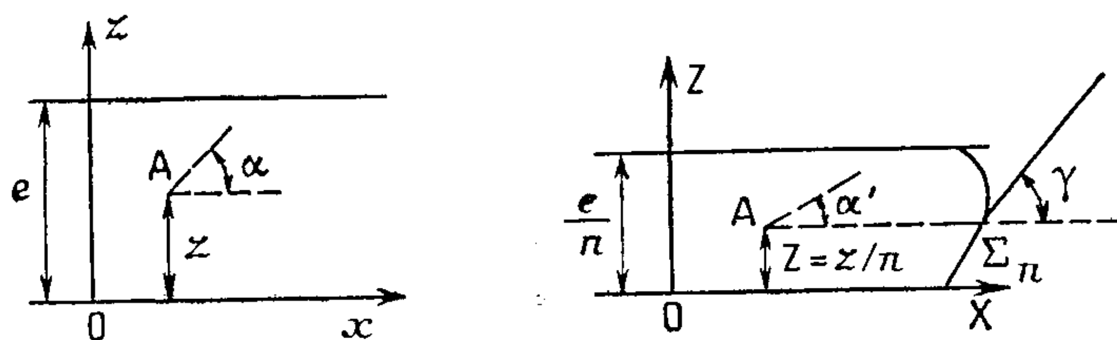
([4]) J. Herenguel et G. Chaudron, *Rev. Métallurgie*, 41, 1944, p. 33.

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) R. Jacquesson, *Thèse*, Paris, 1943.

les mêmes déplacements que des éléments de volume d'un milieu isotrope soumis à la même déformation d'ensemble. Pour généraliser ce résultat, nous avons étudié à ce point de vue les variations de texture cristalline à l'intérieur d'une tôle d'aluminium initialement monocristalline et soumise à des réductions d'épaisseur successives par laminage.

Soit d'abord une bande de matière isotrope de forme rectangulaire, $Ox$ est parallèle à son grand axe, $Oy$ dirigé suivant la direction transversale et $Oz$ suivant l'épaisseur. Le plan $xOy$ est l'une des deux faces de la bande prise comme plan de référence. Comme dans le cas de l'aluminium, nous supposerons que sa largeur ne varie pas au cours du laminage : les déplacements des particules se font donc parallèlement au plan $xOz$ et sont indépendants de $y$.




Considérons à l'état initial une section droite (par exemple $yOz$), un point A de côté $z$ ($x$ et $y$ quelconque) et autour de A un élément plan, normal à $xOz$, faisant un angle $\alpha$ avec le plan de référence. Après réduction d'épaisseur de $e$ à $e/n$, la section droite a pris un profil $\Sigma_n$; la cote du point considéré A et l'inclinaison de l'élément plan sont devenues $Z = z/n$ et $\alpha'$.

On établit la relation

$$n^2 \operatorname{cotg} \alpha = \operatorname{cotg} \alpha' - \operatorname{cotg} \gamma,$$

$\gamma$ étant la pente de la tangente à la courbe $\Sigma_n$ à la cote Z.

Pour vérifier cette formule dans le cas de laminage d'un monocristal d'aluminium, il faut d'abord déterminer les profils $\Sigma_n$ en n'apportant à la continuité cristalline que des perturbations minimes.

Les meilleurs résultats sont obtenus en incluant dans le monocristal, en différents points suffisamment éloignés (5 à $6^{mm}$), et suivant des éléments de sections droites, des lamelles d'aluminium épaisses d'environ 3/10 de millimètre dont le logement a été préparé par une scie d'horloger. Le tout est ensuite recuit pour supprimer le durcissement des lamelles qui étaient écrouies pour faciliter la mise en place.

Après réduction d'épaisseur $n$, une section longitudinale S, parallèle à $xOz$, et convenablement placée permet de voir le profil $\Sigma_n$ pris par la lamelle et de mesurer à la cote $Z = Z/n$.

(I) $n^2 \operatorname{cotg} \alpha = \operatorname{cotg} \alpha' - \operatorname{cotg} \gamma$, $n = 2$.

| Z (mm). | $\alpha'$. | $\gamma$. | $n^2 \operatorname{cotg} \alpha$. | $\alpha_{calc}$. |
|---|---|---|---|---|
| 0,4 | 120° | 40° | −1,77 | =114° |
| 0,7 | 117 | 30 | −2,26 | =119 |
| 1 | 117 | 28 | −2,39 | =121 |
| 1,3 | 120 | 31 | −2,24 | =119 |
| 1,5 | 123 | 37 | −1,97 | =116 |
| 1,8 | 110 | 33 | −1,90 | =115 |
| 2 | 85 | 25 | −2,06 | =117 |

Valeur moyenne de $\alpha = \alpha_m = 117°$.

(II)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $n$ | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 5 |
| $\alpha_m$ | 113° | 117° | 113° | 114° | 111° |

$\alpha_m = 114° \pm 3°$

Pour les directions $\alpha$ et $\alpha'$, nous avons adopté une direction cristallographique. donnée par exemple par des piqûres de corrosion sur la section S. Ces piqûres doivent être suffisamment petites pour que l'on puisse considérer qu'en tout point de leur surface les déplacements sont les mêmes. D'ailleurs, quand cette condition n'est pas réalisée, les piqûres perdent leur forme géométrique simple et des mesures de $\alpha'$ sont impossibles. Avec des piqûres de corrosion par notre méthode d'attaque anodique, nous avons pu aller jusqu'à $n = 7$.

Les mesures faites montrent bien que :

1° Pour un degré de laminage $n$ donné, l'expression $\operatorname{cotg}\alpha' - \operatorname{cotg}\gamma$ est constante et indépendante de Z, malgré les valeurs très variables de $\alpha'$ et $\gamma$.

2° Pour des degrés de laminage variables (1,5 à 7) les expressions $(\operatorname{cotg}\alpha' - \operatorname{cotg}\gamma)/n^2$ sont également constantes.

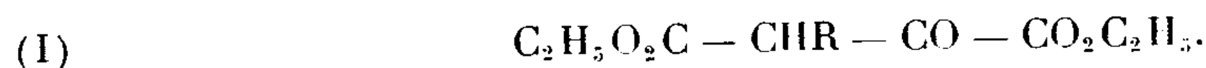
Cependant, les déplacements sont plus compliqués que ne l'indique cette étude de l'ensemble de la déformation. Les diagrammes de rayons X par retour montrent que, dans les couches très minces ainsi analysées, il y a une dispersion de la direction cristallographique considérée autour de l'orientation moyenne $\alpha'$. L'étude que nous en faisons permettra peut-être de déterminer le mécanisme du passage d'une texture monocristalline à la texture de laminage caractéristique que nous obtenons dès que le degré de laminage devient élevé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la préparation des esters oxalacétiques alcoylés.* Note ([*]) de M. **Jean Schreiber**, présentée par M. Marcel Delépine.

Emploi du triphényl-méthylsodium, pour la synthèse des esters oxalacétiques β-mono et disubstitués. L'utilisation très commode de cet agent de synthèse, fournit une méthode générale de préparation de ces esters substitués par ailleurs difficilement accessibles.

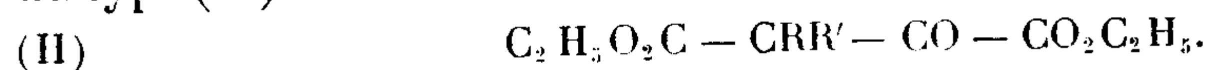
Poursuivant l'étude entreprise antérieurement sur les acides homopyruviques ([1]), nous avons examiné les meilleures conditions d'obtention des esters alcoyloxalacétiques dont l'hydrolyse conduit aux acides α-cétoniques.

La méthode classique de Wislicenus ([2]) basée sur la condensation des esters aliphatiques avec l'oxalate d'éthyle en présence d'éthylate de sodium utilisée par différents auteurs et par nous-même ne donne plus que des rendements médiocres en esters oxalacétiques β substitués du type (I)



(I) $C_2H_5O_2C - CHR - CO - CO_2C_2H_5.$

et devient pratiquement inutilisable à partir des esters en $C_7$; elle échoue complètement pour la préparation des esters oxalacétiques β substitués ramifiés du type (II)



(II) $C_2H_5O_2C - CRR' - CO - CO_2C_2H_5.$

Certains auteurs et en particulier Ch. Grundmann et R. Kuhn ([3]), F. Adikes et G. Andresen ([4]) ont substitué l'éthylate de potassium à l'éthylate de sodium en opérant dans la pyridine, ce qui leur a permis d'accéder à des termes plus élevés. Plus récemment H. Schintz et Hinder ([5]), puis E. Vogel et H. Schintz ([6]), ont utilisé la première méthode de Wislicenus pour préparer quelques dérivés.

S. B. Soloway et F. B. La Forge ([7]) signalent avoir obtenu l'ester $C_2H_5O_2C - CH(C_4H_9) - CO - CO_2C_2H_5$ avec un rendement de 90 % par l'emploi de l'hydrure de sodium comme agent de condensation. Enfin Boyd E. Hudson et Jr et Ch. R. Hauser ([8]) ont essayé d'utiliser le triphénylméthylsodium $(C_6H_5)_3 - CNa$ dont l'intérêt avait été mis en évidence par

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Ann. Chim.*, [12], **21**, 947, p. 84-127.

(2) *Ann. Chem.*, **246**, 1888, p. 306 et E. Arnold, p. 329.

(3) *Ber. Chem. Gesells.*, **70**, 1937, p. 1151 et 1327.

(4) *Ann. Chem.*, **555**, 1943, p. 41.

(5) *Helv. Chem. Acta*, **30**, 1947, p. 1349.

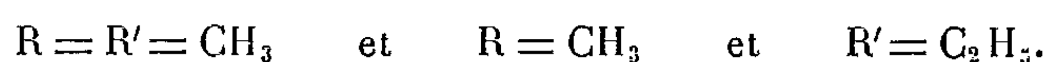
(6) *Helv. Chem. Acta*, **33**, 1950, p. 116.

(7) *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 2677-2678.

(8) *J. Am. Chem. Soc.*, **63**, 1941, p. 3156.

H. Scheibler ([9]) comme agent d'activation des esters aliphatiques; ils ont obtenu ainsi l'ester diméthyloxalacétique du type (II) $R = R' = CH_3$.

Nous nous sommes proposé d'appliquer ce mode opératoire à la préparation d'un certain nombre d'esters oxalacétiques β mono et disubstitués et de juger de l'intérêt de l'emploi du triphénylméthylsodium. Le dérivé sodé du triphénylméthane a été obtenu selon la technique indiquée par Jr et Ch. R. Hauser en faisant agir l'amalgame de sodium en milieu éthéré anhydre sur le chlorure correspondant. Il suffit de décanter la solution éthérée contenant en solution le triphénylméthylsodium, en se maintenant à l'abri de l'air par un courant d'azote sec, puis de lui ajouter l'ester aliphatique et l'oxalate d'éthyle, la réaction est immédiate. Un traitement à l'acide acétique, suivi d'un lavage bicarbonaté permet d'isoler en phase éthérée le mélange d'esters qui, après séchage sur chlorure de calcium, est fractionné par distillation. Nous avons effectué dans ces conditions la réaction sur les esters butyrique, isovalérianique et caprilique, ce qui nous a conduit aux esters du type (I) $R = C_2H_5$ ; $(CH_3)_2 - CH -$ ; $C_6H_{13}$, ainsi que sur les esters des acides isobutyrique et méthyléthylacétique qui nous ont conduit aux esters du type (II)


$$R = R' = CH_3 \quad \text{et} \quad R = CH_3 \quad \text{et} \quad R' = C_2H_5.$$

Les rendements sont d'environ 50 %.

De tous ces esters seul l'ester *n*-hexyloxalacétique n'avait pu être isolé· Lorsque le radical R devient trop lourd, c'est-à-dire à partir du terme ou $R = C_6H_{13}$ la séparation de l'ester oxalacétique d'avec le triphénylméthane devient difficile par distillation. Il vaut mieux alors, après avoir éliminé l'oxalate d'éthyle et l'ester aliphatique en excès, traiter le résidu ainsi obtenu par l'alcool absolu dans lequel le triphénylméthane est peu soluble. Un refroidissement à — 5° de la solution alcoolique permet d'éliminer la majeure partie du triphénylméthane; on chasse l'alcool sous pression réduite; le résidu mis à la glacière abandonne encore un peu de triphénylméthane, on filtre et on distille. Les esters oxalacétiques se décomposent avec perte de CO au voisinage de 130°, il est donc nécessaire d'effectuer la distillation sous un vide très poussé; nous avons opéré sous une pression de 0,01 à 0,02 mm Hg.

Nous avons ainsi pu distiller l'ester *n* hexyloxalacétique et l'isoler pur.

$É_{0,01}$ 89°-90°; $N_D^{19}$ 1,4410; $D_4^{19}$ 0,9995; R. M. trouvé 71,81; R. M. calculé 71,07; 2-4-dinitrophénylhydrazone F 63° ([10]).

*Conclusion.* — L'emploi du dérivé sodé du triphénylméthane nous a permis

---

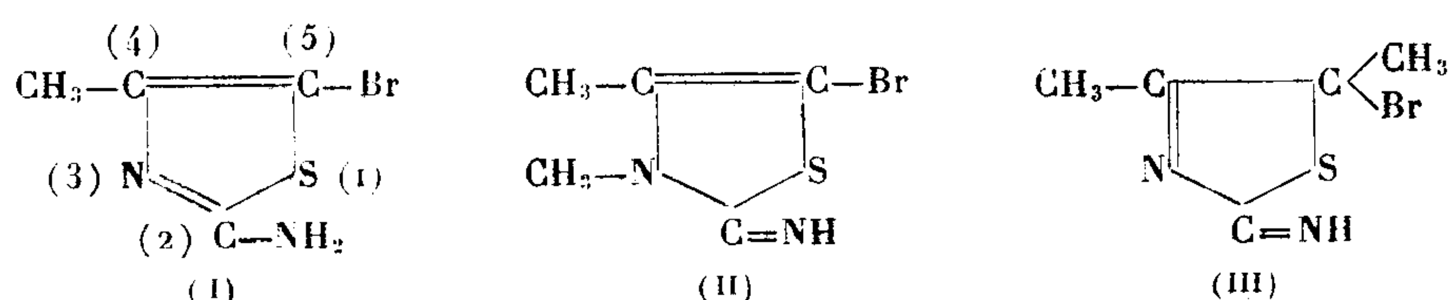
([9]) H. Scheibler et O. Schmitt, *Ber. Chem. Gesells*, 58, 1925, p. 1189; H. Scheibler et H. Stein, *Ber. Chem. Gesells*, 139, 1934, p. 105.

([10]) F. Adikes et G. Andresen, *Ann. Chem.*, 555, 1943, p. 41.

d'accéder assez rapidement et avec de bons rendements aux esters oxalacétiques β mono et disubstitués de poids moléculaires déjà élevés, ce réactif se révèle donc nettement supérieur aux autres agents de condensation employés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un produit de bromuration de l'amino-2 diméthyl-4-5 thiazol.* Note de M^lle **Yvonne Garreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai supposé que l'amino-2 méthyl-4 bromo-5 thiazol (I), lorsqu'on le méthyle sur l'azote (2), devient une imino-2 diméthyl-3.4 bromo-5 thiazoline (II),




ce qui expliquerait les caractères très différents de l'halogène dans ces deux combinaisons [1].

Par bromuration de l'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol, je pense avoir obtenu un dérivé de la deuxième forme possible de l'imino-2 thiazoline : l'imino-2 diméthyl-4.5 bromo-5 thiazoline (III).

Dans celui-ci le brome se distingue par son remplacement immédiat par un oxhydrile, en solution aqueuse, joint à l'absence de propriétés oxydantes vis-à-vis de l'iodure de potassium.

A une solution de bromhydrate d'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol dans l'acide bromhydrique ($d = 1,38$) maintenue chaude, on ajoute, par petites fractions, en agitant, la quantité équimoléculaire de brome. Par refroidissement, des cristaux se séparent du liquide peu coloré, on les essore et les fait recristalliser dans l'alcool absolu.

Le produit se présente sous forme de prismes incolores F 200° environ, peu solubles dans l'eau froide, solubles dans l'alcool méthylique froid et l'alcool éthylique chaud, insolubles dans l'acétone, le benzène et l'éther. Sa composition centésimale correspond au bromhydrate du produit de substitution d'un atome d'hydrogène par un atome de brome, soit $C_5H_7N_2SBr$, HBr.

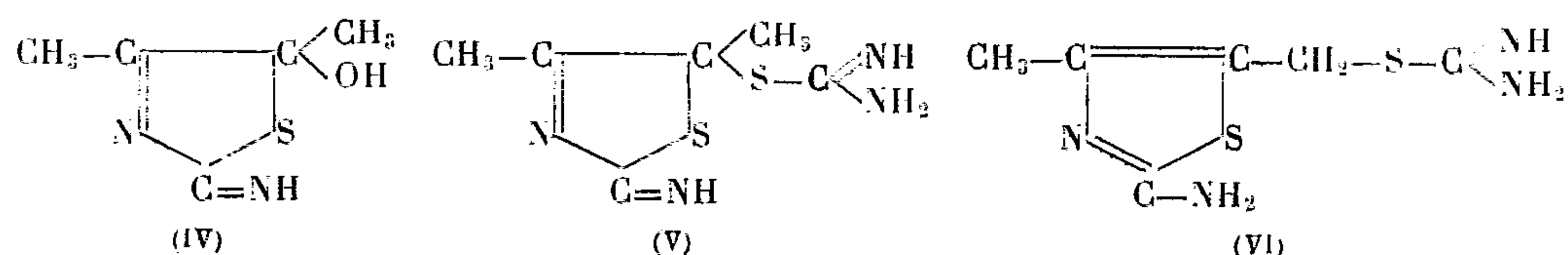
C'est ce que confirme l'étude de ses propriétés. Cette étude est nécessaire car on pourrait, ainsi qu'on le verra, croire à un bibromhydrate du produit initial non bromé, composé que je n'ai d'ailleurs pas pu préparer à partir du bromhydrate d'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol, en solution chaude saturée d'acide bromhydrique.

Traité, en solution dans l'alcool méthylique, par une molécule de thiourée

---

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 814 et 1022.

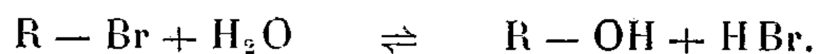
et une molécule de potasse caustique, quelques minutes à l'ébullition, l'imino-2 diméthyl-4.5 bromo-5 thiazoline donne, après séparation de bromure de potassium insoluble et évaporation du solvant, des aiguilles d'un monobromhydrate, rassemblées en houppes, solubles dans l'eau avec une réaction légèrement basique, F 190-192°, solubles dans les alcools méthylique et éthylique froids, insolubles dans les autres solvants usuels et dont la composition centésimale correspond, pour la base, au remplacement d'un brome par un reste d'isothiourée (V) ($C_6H_{10}N_3S_2$, HBr).



L'un des atomes de brome du produit initial a donc bien substitué un hydrogène.

Cet atome de brome est particulièrement labile; le bromhydrate de (III) dissous dans l'eau, à froid, et additionné de soude titrée, donne un virage à pH 3,8 (vert de crésol) correspondant à une molécule d'acide bromhydrique, et un autre à pH 7,2 (rouge de phénol), correspondant à une deuxième molécule de cet acide. De même, si l'on cherche à doser les ions $Br^-$ à l'aide du nitrate d'argent, à froid, on en trouve deux par molécule de produit.

Il semble donc que le produit bromé (III) soit hydrolysé très rapidement pour donner un corps à fonction hydroxylée, l'imino-2 diméthyl-4.5 hydroxy-5 thiazoline (IV) ($C_5H_8ON_2S$),



$$R - Br + H_2O \rightleftharpoons R - OH + HBr.$$

Effectivement, par refroidissement, après très court chauffage de la solution aqueuse du produit bromé (III), on obtient des aiguilles F 212° environ, dont la composition centésimale correspond au monobromhydrate attendu ($C_5H_8ON_2S$, HBr).

Celui-ci est soluble dans l'eau froide, davantage dans l'eau chaude, soluble à froid dans l'alcool méthylique, moins soluble dans l'alcool éthylique même chaud, pratiquement insoluble dans les autres solvants usuels.

Inversement ce bromhydrate, en solution concentrée chaude dans l'acide bromhydrique, laisse déposer par refroidissement le bromhydrate de (III) régénéré.

Le brome de (III) n'est pas fixé sur l'azote (2), car il serait « positif » et donnerait de l'iode en présence d'iodure de potassium, ce qui n'a pas lieu.

La substitution sur le groupe méthyl-4 étant très improbable, et je ne l'ai jamais observée, il reste la possibilité qu'elle ait lieu sur le méthyl-5. Or en

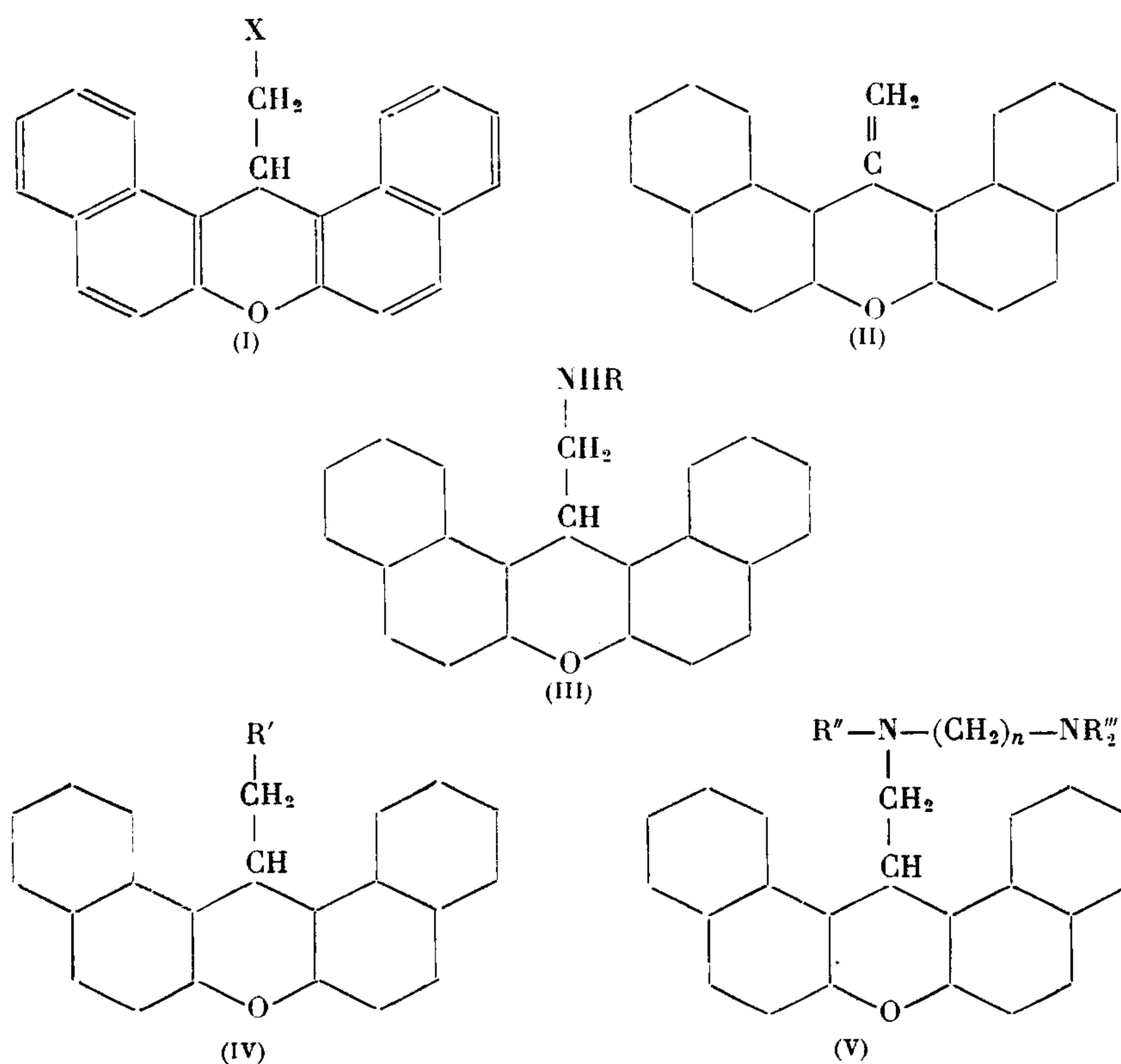
traitant le dibromo-1.2 céto-3 butane par la thiourée, j'ai obtenu (VI), isomère de (V), qui s'en distingue par l'insolubilité de sa base dans l'eau.

La position (5) pour le brome, dans le composé (III) paraît donc justifiée, et la grande labilité de cet élément s'explique par la présence simultanée en α d'un système de deux doubles liaisons conjuguées et d'un atome de soufre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés des halogénométhyl-14 dinaphto-α.α' pyranne.* Note de MM. **Robert Damiens** et **Raymond Delaby**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les composés halogénés de formule (I) ont été préparés par Delépine ([1]) (X = Cl) et récemment par Wizinger et Y. Al Attar ([2]) (X = Br). Toutefois les aptitudes réactionnelles de l'halogène non pas été systématiquement étudiées.

L'objet de cette Note est d'indiquer la préparation et quelques propriétés des composés résultant de l'action sur (I) de l'ammoniac, des monoamines primaires et secondaires et de diamines secondaires-tertiaires.




([1]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, [3], 25, 1901, p. 579.
([2]) *Helv. Chim. Act.*, 30, 1947, p. 189.

*Action de l'ammoniac.* — Le chauffage en tube scellé à 160° de (I) avec un excès d'ammoniac en solution alcoolique ou hydroalcoolique conduit à la formation d'halogénure d'ammonium et à un composé non azoté et non halogéné, soluble à froid dans la plupart des solvants organiques usuels et à chaud dans l'acide acétique : il est recristallisé dans ce dernier solvant en petits cristaux blancs. F 160-162° avec décomposition. La détermination du poids moléculaire et l'analyse nous ont conduits à lui attribuer la formule brute $C_{22}H_{14}O$ qui correspond au méthylène dinaphtopyranne (II) décrit par Wizinger [2], P. M. calculé 294; trouvé 305-316 (moy. 310), d'après Rast; C % calculé 89,79; trouvé 89,05; H % calculé 4,76; trouvé 4,44.

*Action des amines primaires.* — La monométhylamine ou la benzylamine en excès, réagit avec (I) par chauffage en tube scellé, en solution benzénique et donne les dérivés aminés correspondants (III).

Le monométhylaminométhyl-14 dinaphtopyranne (III), où $R = CH_3$, est, à l'état de base un solide blanc, très remarquablement cristallisé en petites feuilles hexagonales. Très soluble dans l'alcool absolu, il est cristallisé à partir de l'alcool à 80 avec deux molécules de solvant, F 136°. Le sulfate est blanc à l'état pur, mais il se colore en rose à la lumière. Se décompose sans fondre. Il est soluble dans l'eau chaude. Base : N % calculé ($+ 2C_2H_5OH$) 3,77; trouvé 3,73.

Le dérivé monobenzylaminé [(III), où $R = CH_2C_6H_5$] (chlorhydrate) est cristallisé dans l'isobutanol en petites aiguilles cotonneuses blanches. Se décompose par chauffage puis paraît fondre vers 150°. N % calculé 3,51; trouvé 3,56.

*Action des monoamines secondaires.* — Analogue à celle des amines primaires, elle conduit aux dérivés (IV).

Le composé diméthylaminé (IV), où $R' = N(CH_3)_2$ est cristallisé dans l'alcool 95 en plaques blanches solubles dans les acides dilués avec coloration rose de la solution. F 138°. N % calculé 4,13; trouvé 4,10.

Le dérivé (IV), où $R' = N(C_2H_5)_2$ est obtenu à l'état pur par deux cristallisations dans l'éthanol 95. Cristaux volumineux, fragiles, blanc neige. F 83°. N % calculé 3,81; trouvé 3,89.

Enfin la morpholine se combine à (I) avec production d'une base (IV), où $R' = N\langle\quad\rangle O$, soluble dans les acides dilués, cristallisée dans l'alcool absolu en petits cristaux prismatiques blanc rosé. F 160°. N % calculé 3,67; trouvé 3,65.

*Action des diamines secondaires-tertiaires.* — Nous avons utilisé deux de ces dibases [3] : la triéthyléthylènediamine et le diéthylamino-1 benzylamino-4 pentane. Elles se combinent avec (I) en formant des dérivés (V), l'atome

(3) R. DAMIENS, *Thèse Doct. Sc. Phys.*, Paris, 1950.

d'hydrogène de l'azote secondaire étant substitué par le méthyl-dinaphtopyranne.

Le composé (IV), où $R' = N(C_2H_5)CH_2.CH_2.N(C_2H_5)_2$ cristallise pur dans la butanone. Il est très soluble dans les alcools. Cristaux fins blanchâtres, se colorant vers 145° et fusibles à 147°. N % calculé 6,39; trouvé 6,24.

Le dérivé (IV), où $R' = N(CH_2C_6H_5)CH(CH_3).CH_2.CH_2.CH_2.N(C_2H_5)_2$ est obtenu sous forme d'un solide blanc qui est cristallisé dans un mélange éther-alcool. Soluble dans l'alcool 95 à froid. Cristaux blancs se décomposant vers 130-135°. N % calculé 5,17; trouvé 5,23.

En résumé, l'ammoniac agit comme les alcalis fixes et enlève les éléments de l'hydracide pour conduire à un composé éthylénique, tandis que les amines à caractère acyclique que nous avons opposées à l'halogénométhyl-14 dinaphtopyranne se substituent à l'halogène et donnent des bases, toutes solides, dont les solutions de sulfates ou de chlorhydrates sont colorées; il est possible qu'il se forme ainsi des sels de pyrylium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'équilibre tautomérique des « nitrosonaphtols ».* Note de M. **Evanguélos Baltazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Étude spectrale des trois « nitrosonaphtols », de la 2.3-dibromonaphtoquinone-1.4 monoxime ainsi que de leurs dérivés alcoylés et acylés, d'où il ressort que tous les corps étudiés se trouvent surtout sous la forme quinonique, à l'exception du nitroso-4 naphtol-1.

Plusieurs études de cet équilibre en vue d'établir la structure des « nitrosonaphtols » ayant abouti à des résultats contradictoires ([1]), j'ai essayé de mon côté d'envisager le problème sous le jour des récents travaux de Mme Ramart-Lucas et de ses collaborateurs sur les nitrosophénols ([2]). Ces auteurs mirent en évidence qu'il est possible d'identifier les formes nitrosophénol et quinonoxime en comparant les spectres d'absorption des combinaisons libres avec ceux de leurs dérivés alcoylés. En effet ces derniers, tout en ayant la même structure ne peuvent se tautomériser. L'identification de l'une ou de l'autre forme devient alors possible grâce au fait que le déplacement du maximum d'absorption de la bande principale vers les courtes longueurs d'ondes a lieu dans le sens

Nitrosophénol → éther de nitrosophénol → éther de quinonoxime → quinonoxime.

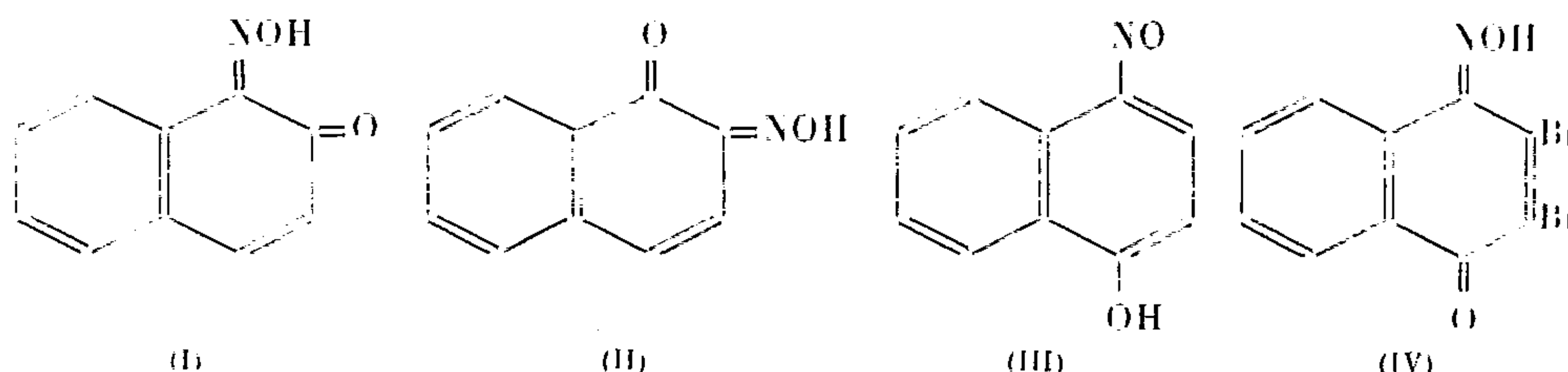
---

([1]) H. Goldschmidt, *Ber.*, 16, 1883, p. 2178; 17, 1884, p. 213, 2066; 18, 1885, p. 571; C. H. Sluiter, *Ber.*, 44, 1911, p. 1327; H. S. French et D. J. Perkins, *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1936, p. 1182.

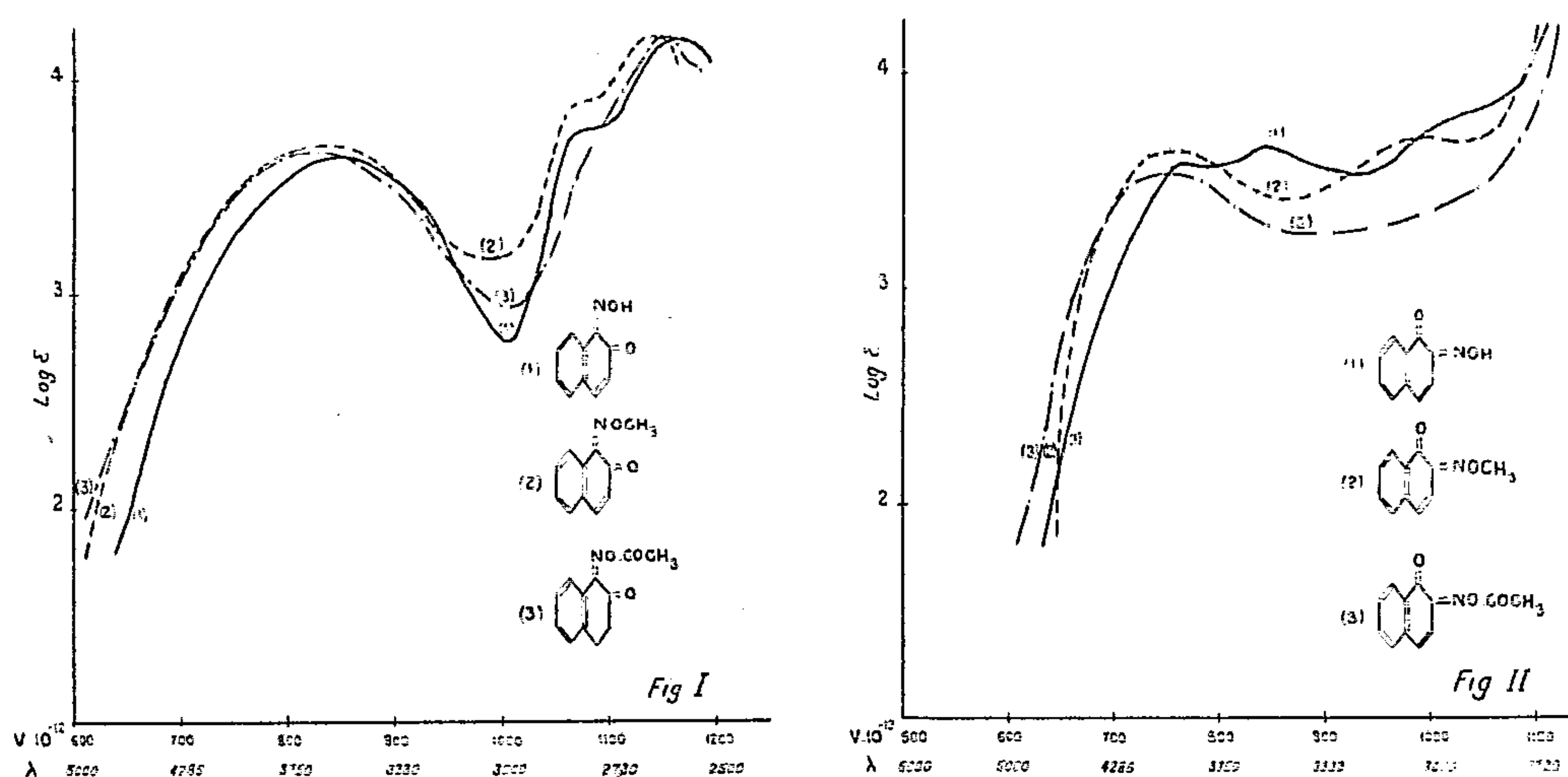
([2]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Bull. Soc. Chim. France*, (5), 15, 1948, p. 571.

La différence d'absorption entre les deux éthers s'accentue pour le cas des formes tautomériques libres.

J'ai donc préparé les éthers méthyliques des trois « nitrosonaphtols » (I), (II), (III) ainsi que de la 2.3-dibromonaphtoquinone-1.4 monoxime (IV) et j'ai comparé leurs courbes d'absorption à celles des combinaisons libres correspondantes.



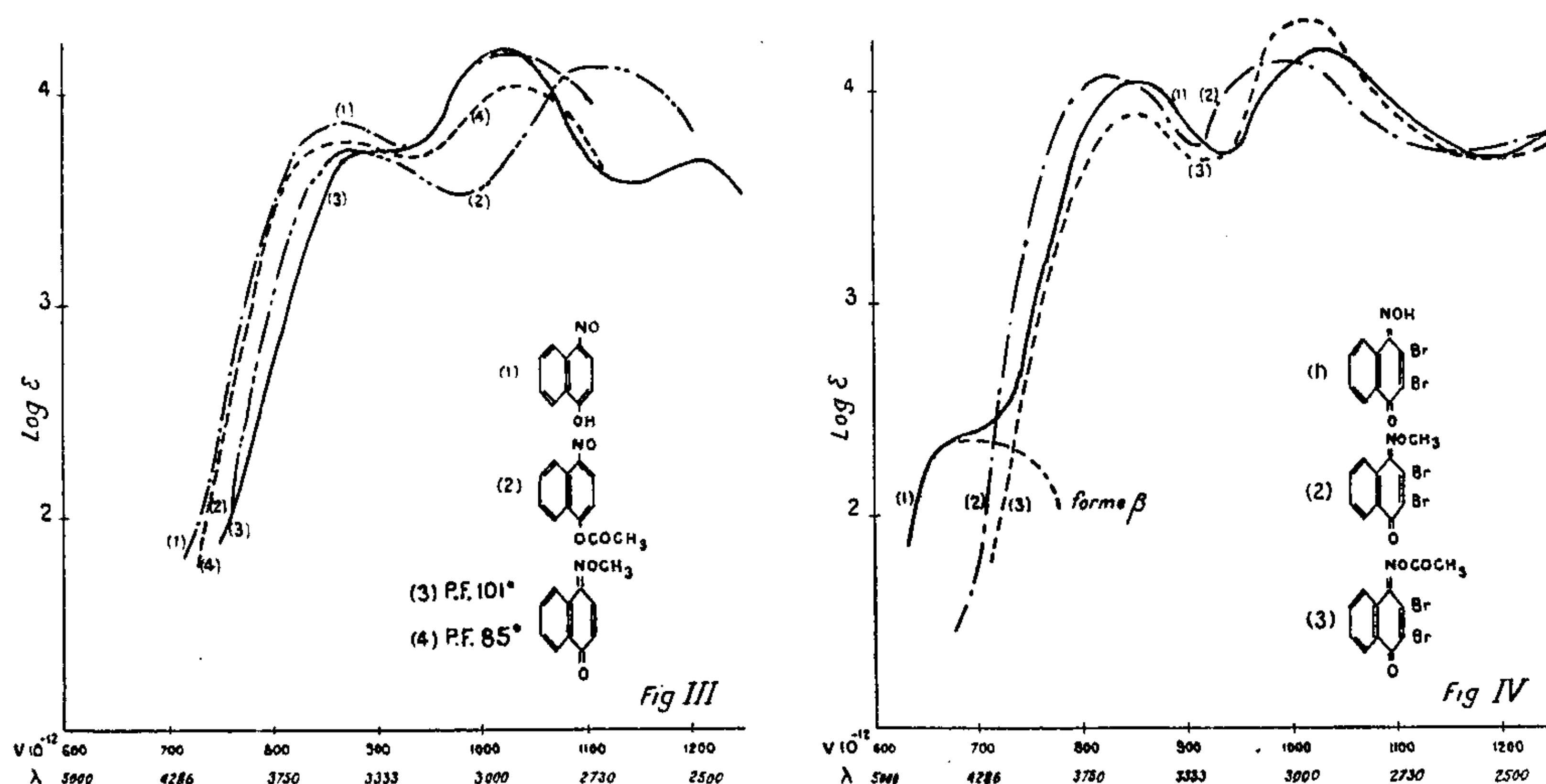

Dans le cas des composés (I), (II), (IV) l'alcoylation produit un effet bathochrome (*fig.* I, II, IV, courbes 1 et 2). Il est donc à penser que, dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en solution alcoolique, ces corps se trouvent surtout sous la forme quinonique. La forme nitrosonaphtol serait présente en quantités trop faibles pour être décelées par l'analyse spectrale, sauf pour le cas de l'oxime-2 de la naphtoquinone-1.2 (II). En effet la courbe d'absorption de ce composé étant un peu différente de celle du dérivé méthylé correspondant, obtenu par l'action de la O-méthylhydroxylamine sur la naphtoquinone-1.2, on doit admettre dans ce cas la présence de la forme nitrosonaphtol en quantité non négligeables (*fig.* II, courbes 1, 2).




Par ailleurs l'action de la O-méthylhydroxylamine sur la naphtoquinone-1.4 m'a permis d'isoler deux dérivés méthylés (F 85° et 101°) dont les courbes extrêmement voisines et de même allure autorisent à les considérer comme des stéréoïsomères.

Dans le cas du nitroso-4 naphtol-1 l'alcoylation entraîne un effet hypsochrome (*fig.* III, courbes 1, 3, 4) et l'on doit considérer la forme nitrosonaphtol comme prépondérante (III).

Les dérivés acylés des combinaisons étudiées peuvent *a priori*, se présenter sous la forme soit d'acétyloxime de naphtoquinone, soit d'acétylnitrosonaphtol, soit encore comme un mélange des deux. Or, dans tous les cas étudiés l'acétylation ne m'a permis d'isoler qu'un seul dérivé acylé dont




l'absorption est très voisine du dérivé alcoylé correspondant. L'estérification d'un phénol entraînant seule un déplacement net de l'absorption vers les courtes longueurs d'ondes ([3]) on doit admettre que dans tous les cas étudiés, sauf dans celui du nitroso-4 naphtol-1, (III) (*fig.* III, courbes 1, 2) on est en en présence d'une acétyloxime.

Au cours de ce travail, il m'a été possible de mettre en évidence l'existence d'une forme β prédominante en milieu alcalin, dans le cas de la 2.3-dibromonaphtoquinone-1.4 monoxime (*fig.* IV, courbe 1).

En définitive mes conclusions en ce qui concerne les « nitrosonaphtols » (I), (II), (III) confirment celles de Sluiter ([4]) à savoir que (I) et (II) se trouvent surtout sous la forme quinonique alors que (III) se trouve sous la forme nitrosonaphtol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode générale de préparation des acides α-cétoniques.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Louis Petit**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les analogies de structure qui existent entre les esters et les cétones α-β-éthyléniques nous ont incité à rechercher un mode d'obtention des acides

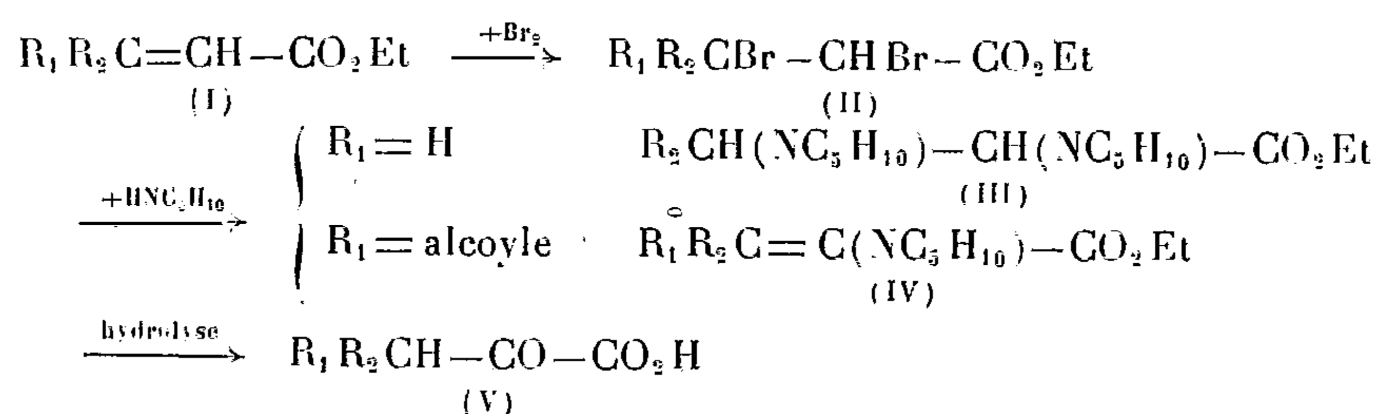
([3]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 906.

α-cétoniques, par application des réactions grâce auxquelles l'un de nous avait pu décrire une méthode générale de préparation des dicétones-α ([1]).

Des travaux préliminaires ([2]), ([3]) ont défini, sur deux cas particuliers, la suite des transformations mettant en œuvre un ester α-β-éthylénique et il a été possible alors, non seulement d'indiquer le mécanisme des réactions, mais aussi de fixer la constitution exacte des produits intermédiaires isolés.

Le présent travail est consacré à de nouveaux exemples de passage d'esters α-β-éthyléniques aux acides α-cétoniques correspondants, et permet, en conséquence, de présenter la suite de nos réactions comme une méthode générale de préparation de ces composés.

Le procédé peut se schématiser comme suit : un ester α-β-éthylénique (I) est traité par le brome, et le dibromure obtenu (II) par la pipéridine. La nature du dérivé pipéridiné formé dépend de la structure de l'ester initial. Si le carbone éthylénique en β est monosubstitué ($R_1 = H$), il se forme un composé saturé, α-β-dipipéridiné (III).




Si le carbone éthylénique en β est disubstitué, il se forme un dérivé monopipéridiné éthylénique (IV), un seul reste pipéridine remplaçant l'atome de brome en α, l'autre atome de brome, en β, s'éliminant conjointement avec l'hydrogène en α sous forme d'acide bromhydrique.

Les composés (III) et (IV), soumis à l'hydrolyse acide dans des conditions relativement énergiques, fournissent les acides α-cétoniques correspondants (V), qui ont été identifiés par leurs constantes physiques et la formation de quelques dérivés caractéristiques de la fonction cétone.

La méthode a été essayée avec succès sur les corps suivants :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $R_1 = H$ ; | $R_2 = H$ | (acrylate d'éthyle) | → | acide pyruvique | ($C_3H_4O_3$) |
| $R_1 = H$ ; | $R_2 = CH_3$ | (crotonate d'éthyle) | → | » méthylpyruvique | ($C_4H_6O_3$) |
| $R_1 = H$ ; | $R_2 = C_2H_5$ | (éthylacrylate d'éthyle) | → | » éthylpyruvique | ($C_5H_8O_3$) |
| $R_1 = H$ ; | $R_2 = C_6H_5{-}CH_2$ | (benzylacrylate d'éthyle) | → | » benzylpyruvique | ($C_{10}H_{10}O_3$) |
| $R_1 = H$ ; | $R_2 = C_6H_5$ | (cinnamate d'éthyle) | → | » phénylpyruvique | ($C_9H_8O_3$) |
| $R_1 = H$ ; | $R_2 = CO_2Et$ | (maléate d'éthyle) | → | » hydroxyfumarique | ($C_4H_4O_5$) |
| $R_1 = CH_3$ ; | $R_2 = CH_3$ | (diméthylacrylate d'éthyle) | → | » diméthylpyruvique | ($C_5H_8O_3$) |

---

([1]) Ch. Dufraisse et H. Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 1370.

([2]) H. Moureu, P. Chovin et M. Garein, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 410.

([3]) H. Moureu, P. Chovin et J. Ventrillard, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 445.

Sauf pour le benzylacrylate d'éthyle, dont les dérivés dibromé et dipipéridiné se sont révélés impurifiables, tous les composés des types (II), (III) ou (IV) ont été caractérisés individuellement. Cependant, chaque fois qu'il a été possible, nous avons aussi cherché à parvenir directement aux acides α-cétoniques sans avoir à isoler, encore moins à purifier, les termes intermédiaires. Tout au plus, doit-on alors, en cours d'opération, changer une fois de solvant en chassant le sulfure de carbone requis pour la bromuration, pour le remplacer par l'alcool nécessité par l'action de la pipéridine et qui ne gêne pas l'hydrolyse finale.

On a ainsi réussi à simplifier la technique pour aboutir à un mode pratique de préparation, dont le rendement global, malgré trois opérations successives, est généralement compris entre 40 et 50 %.

Cette méthode présente des analogies mais aussi des différences avec celle correspondant à l'obtention des dicétones-α : dans ce dernier cas, en effet, dérivant d'un composé bromé-pipéridiné intermédiaire parfois isolable, deux corps, l'un di-, l'autre monopipéridiné peuvent se former simultanément, en plus ou moins grande proportion. Au contraire, en ce qui concerne les acides α-cétoniques, l'analogue bromé-pipéridiné n'a jamais été entrevu, et c'est le dérivé dipipéridiné qui s'obtient régulièrement. Ce n'est que lorsque le carbone en β est disubstitué qu'il se forme un dérivé monopipéridiné éthylénique. Le rendement de l'hydrolyse finale de ce composé exceptionnel est, d'ailleurs, anormalement faible (18 %). Ceci n'est pas sans analogie avec ce qui a été observé lors de l'hydrolyse du dérivé monopipéridiné correspondant à l'oxyde de mésityle, dont le carbone en β est également disubstitué, et qui ne fournit que 10 % d'acétylisobutyryle.

En résumé, analogues dans leur principe, les deux méthodes générales de préparation des dicétones-α et des acides α-cétoniques diffèrent sensiblement l'une de l'autre par le détail des réactions intermédiaires. Cependant, l'une comme l'autre, et c'est là leur intérêt, permettent d'aboutir à des classes de corps difficilement accessibles, dont certains jouent un rôle important en chimie biologique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du Miocène continental en Basse-Provence orientale et ses conséquences.* Note de MM. **Albert-F. de Lapparent** et **Guy Mennessier**, présentée par M. Charles Jacob.

Des levés détaillés au 20000e nous ont révélé, entre Brignoles et Draguignan (Var), une extension notable du Miocène continental, déjà connu un peu plus au Nord-Ouest dans les régions de Saint-Maximin, Barjols et Aups. Les faciès, très variables, indiquent des formations tantôt lacustres, tantôt torrentielles.

La présence de quelques fossiles et la similitude avec des affleurements bien datés [1] permettent de les attribuer au Miocène moyen.

Les formations miocènes dont il est ici question sont réparties en une série d'affleurements groupés, que nous énumérons du Sud au Nord.

1° *Entre Flassans et Le Luc*, nous avons cartographié une cinquantaine d'affleurements, discordants sur le Trias, parfois difficiles à distinguer du Keuper qui donne, lui aussi, des dépressions cultivées en vignes. Le Miocène peut combler des synclinaux de Keuper; mais il se rencontre le plus souvent sur la tranche des calcaires du Muschelkalk dont il remplit les irrégularités. Ses cotes d'altitude varient entre 230 et 280$^{m}$. Vers le Nord, il déborde en discordance manifeste sur le Rhétien.

2° *Entre Montfort et Carcès*, de part et d'autre de l'Argens, s'étendent des conglomérats à dragées de quartz, bien différents des alluvions de la rivière actuelle. Ce faciès passe à des argiles jaunes, blanches ou brunes ou même à des tufs qui ont déjà fourni *Bythinia tentaculata* L. sp. et *Valvata dromica* Font. L'ensemble est discordant sur le Muschelkalk et le Keuper et vient presque au contact des grès du Trias inférieur et du Permien de Terrubi. A l'Ouest de Saint-Étienne-du-Clocher, l'enrichissement local du Miocène en grosses dragées de quartz blanc, provenant évidemment de la base du « Grès bigarré », fait penser qu'il peut y avoir là, masqué sous les alluvions, un troisième dôme permo-triasique, faisant suite à ceux de Terrubi et de la Fontaine de l'Ormeau.

L'altitude des lambeaux miocènes descend de 220 à 140$^{m}$ et manifeste une dépression ancienne située sur la zone anticlinale triasique de Carcès; elle est en contre-bas des collines jurassiques du Val et du Luc, qui culminent à 394 et 443$^{m}$ et sont absolument dépourvues de Miocène.

3° *De Carcès au Thoronet*, on rencontre sur les crêtes ou sur les pentes des collines, de part et d'autre de l'Argens, de nombreux petits lambeaux de Miocène continental. Les uns, situés sur des crêtes, s'étagent de 145 à 220$^{m}$ d'altitude et correspondent par conséquent au groupe précédent. Les autres, souvent conservés dans des ravins, descendent jusqu'à l'altitude de 80$^{m}$; il s'agit sans doute en grande partie de paquets glissés sur les pentes. Leur fréquence et aussi les traînées de dragées de quartz sur les crêtes et les plateaux, reliquat d'un placage continu maintenant érodé, prouvent la présence d'un vaste lac miocène installé sur la zone triasique en aval de Carcès, tandis qu'il n'y a pas trace de Miocène dans le Massif jurassique de Salernes. Dans l'un des affleurements situé au Sud-Est du Thoronet, nous avons récolté *Unio flabellatus* Goldf.

4° Près du Grand-Jas, à 1$^{km}$ *au Sud-Ouest d'Entrecasteaux*, du Miocène continental est discordant au centre d'un petit synclinal jurassique, où il s'étend sur 1400$^{m}$ d'Ouest en Est, descendant de 190 à 150$^{m}$ d'altitude. Au centre de l'affleurement se trouvent des calcaires finement stratifiés à *Melanopsis Kleini* Kurr. et *Planorbis Zieteni* Braun. Ils sont horizontaux, sauf en un point où il s'agit de panneaux basculés par glissement. Tout autour des calcaires, on voit un grand développement d'argile jaune, et surtout de conglomérats, parfois tellement bréchiques et grossiers qu'il s'agit probablement de blocs dégringolés de la colline voisine. Le petit lac miocène d'Entrecasteaux devait se relier à celui de l'Argens en aval de Carcès.

5° *A l'Ouest et au Sud de Flayosc*, de part et d'autre de la Florielle, s'étendent des placages d'un Miocène souvent grossier, avec des blocs à peine roulés descendus des

---

[1] A. F. de Lapparent, *Études géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance* (*Thèse sciences*, Paris, 1938, p. 142-145).

hauteurs voisines. L'un de ces affleurements avait déjà été reconnu par l'un de nous en 1938. Leur altitude moyenne est de 300$^{m}$. Le Miocène de la région de Flayosc paraît correspondre au passage de torrents venant des collines de Tourtour, en contournant les collines jurassiques du Massif de Salernes, pour rejoindre la prolongation orientale du lac de l'Argens.

6° *Entre Salernes et Aups*, nous avons reconnu plusieurs lambeaux nouveaux d'argile brun rouge, de marnes jaunes à nodules calcaires et de graviers qu'il faut rapporter au Miocène et non au Rognacien : route d'Aups à Villecroze; Saint-Jean au Nord de Sillans-la-Cascade; plaine à l'Est de Fox-Amphoux. Ce Miocène indique de petits lacs discordants sur le Jurassique, le Danien et l'Eocène.

De ces nouvelles observations découlent deux conséquences importantes, déjà reconnues antérieurement par l'un de nous, mais qu'il convient de souligner à nouveau pour la Basse Provence orientale.

La première, d'ordre morphologique, est l'*existence, dès avant le Miocène moyen, d'un relief semblable dans ses grandes lignes au relief actuel.* Les zones anticlinales triasiques étaient déjà érodées jusqu'au Muschelkalk ou même jusqu'au Trias inférieur. Par suite d'une importante inversion du relief, les collines jurassiques tabulaires ou synclinales encadraient des lacs vers lesquels descendaient de courts torrents.

La seconde, d'ordre tectonique, est que, dans ces régions, l'effet de la phase alpine majeure (post-miocène) fut très atténué ou nul. Le Miocène ici décrit est pratiquement demeuré horizontal, ni plissé, ni faillé. *La structure complexe des collines comprises entre Brignoles et Draguignan est donc bien due exclusivement à la phase provençale, d'âge éocène moyen,* résultat en accord avec ceux obtenus précédemment.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Jurassique inférieur (?) et du Jurassique moyen au Liban.* Note de M. **Georges Renouard**, présentée par M. Charles Jacob.

L'orographie et la structure du Liban sont commandées par la disposition de puissants calcaires et dolomies qui en constituent le noyau. Dans l'ensemble, le massif est tectoniquement plus haut au Nord du parallèle de Beyrouth qu'au Sud. Dans la partie haute, de grandes vallées entament profondément le Jurassique : une série de 1700$^{m}$ de puissance maximum y est visible. Les couches les plus anciennes sont localisées dans les gorges du Nahr Ibrahim; sur les plateaux n'affleurent que les 500 derniers mètres. De bas en haut se succèdent :

1° Des dolomies compactes ou friables, parfois rubannées (300$^{m}$ environ);

2° Des calcaires gris, plus ou moins dolomitisés et des dolomies avec rares intercalations marneuses; Lias ? (200$^{m}$).

3° Les mêmes éléments lithologiques que ci-dessus fournissent : *Pholadomya oblita* Mor. et Lyc., *P. reticula* Agas., *P. socialis* Mor et Lyc., *Ceromya* cf. *inflata* Agas., *Bra-*

*chidontes bathonicus* Mor. et Lyc., *Modiolus cuneatus* Sow., *M. subcancellatus* Buv., *Discina papyracea* Muns.; Bajocien (75m) ([1]).

3° A l'Ouest se voient des alternances de bancs de dolomie et de dalles calcaires plus ou moins dolomitiques, avec rares intercalations marneuses, tandis qu'à l'Est il s'agit de dolomie. Cette série, de 650 à 700m, renferme : à moins de 51m de sa base : *Rhynchonella obsoleta* Sow., *R. bella* Buck., *R. longula* Quens., *Brachidontes bathonicus* Mor. et Lyc., *Lima subcardiiformis* Creppin; (Bathonien); à 200m de la base : *Heligmus polytypus* Deslongchamps (Callovien inférieur probable); à 500m de la base : *Pholadomya carinata* Gold., *P. lineata* Gold., *P.* cf. *parcicostata* Agas. (Callovien, Oxfordien inférieur).

5° Du calcaire massif (90m environ), avec, vers le sommet : *a. Pseudocidaris mammosa* (Agas.) De Lor., *Balanocidaris glandifera* (Gold.); (Rauracien); *b. Hemipedina* cf. *tuberculata* Wright, *Rhynchonella azaisi* Stef. (*non* Cot.), *Cyprina* gr. *orbygniana* Etal., *Ceromya* cf. *excentrica* Agas., *Cardium septiferum* Buv. (Séquanien).

6° Un « complexe volcanique » aux faciès variés latéralement et verticalement, à abondant matériel d'origine volcanique (maximum 180m). On y trouve, à la base : *Protocardia pesolina* (Cont.), *Ceromya excentrica* Ag., *Mytilus jurensis* Fla., *Brachidontes subpectinatus* Sow., *Modiolus subæquiplicatus* Roe., *Lima* gr. *tumida* Roe., (Kimmeridgien); vers le sommet : *Ceromya excentrica*, *Ostrea* cf. *expansa* Sow., *Lima astartina* Thur., *Brachidontes autissiodorensis* Weir, *Ostrea matronensis* De Lor. (Portlandien inférieur); enfin à 15m de la limite supérieure : *Pseudocidaris thurmanni* Agas., *Ostrea* cf. *expansa* Sow., *Clitopygus perroni* Etal. (Portlandien supérieur).

7° Une falaise calcaire et dolomitique avec silex : *Phyllobrissus thevenini* Étal., *Ostrea* cf. *expansa* Sow., *O. matronensis* De Lor.; (maximum 60m) (Portlandien supérieur).

8° Une série calcaire oolithique ocre bleu, avec alternances d'argiles ou marnes, série massive à la base et formant falaise au sommet : *Clitopygus haimei* (Wright) De Lor., *Ostrea matronensis* De Lor.; (maximum 150m) (Portlandien supérieur).

Au-dessus vient, sans discordance et localement sans lacune, le grès du Crétacé inférieur.

Cette succession comprend tous les étages du Jurassique moyen et supérieur. Il est même probable que le niveau 2, actuellement à l'étude, et le niveau 1, azoïque, appartiennent au Lias.

Les récoltes antérieures avaient toutes été faites dans le Jurassique terminal (les gorges du Nahr Ibrahim sont d'accès difficile) et l'ensemble du Jurassique du Liban avait été rapporté au Jurassique supérieur. Pour le versant syrien de l'Hermon, H. Vautrin ([2]) a donné des conclusions comparables aux nôtres, sans cependant pouvoir dater le Bajocien, ni le Portlandien avec certitude. Les épaisseurs ne concordent pas dans le détail, mais pour l'ensemble.

Il semble donc bien qu'il soit possible de conclure à la régularité de développement du Jurassique au Liban et dans l'Anti-Liban. C'est le plus souvent le long des grands accidents que les séries apparaissent sur les plus grandes épaisseurs, mais des décollements en cachent alors la base : Barouk, Massif du

---

([1]) Les Échinides ont été déterminés par J. Roger; les Brachiopodes, par G. Gatinaud; les Lamellibranches, par Mlle D. Mongin.

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1438.

Chékif. Cette homogénéité de développement était apparue à L. Dubertret ([2]), qui a pressenti nos conclusions, sans toutefois pouvoir les appuyer sur des données paléontologiques.

GÉOLOGIE. — *Un lambeau de calcaires carbonifères au Nord-Ouest d'Istanbul.* Note de Mme **Ernest Chaput** et M. **Ismail Yalcinlar**, présentée par M. Charles Jacob.

A une dizaine de kilomètres au Nord-Ouest d'Istanbul, des calcaires, considérés jusqu'à présent comme dévoniens, sont d'âge carbonifère.

Aux environs immédiats d'Istanbul, dans la région du Bosphore et de la Corne d'Or, les terrains dévoniens forment de vastes massifs et s'enfoncent, vers le Sud-Ouest, sous le Néogène de la Thrace orientale. Si les calcaires, schistes et grès couvrent de larges étendues sur les deux rives du Bosphore, les schistes et grès sont seuls représentés sur la rive gauche de la Corne d'Or. Jusqu'à présent, on avait retrouvé des calcaires seulement « à $6^{km}$ au Nord-Ouest de la fourche terminale de la Corne d'Or », et reconnu, dans ces calcaires, des « débris de Polypiers paléozoïques » (M. Suat Erk) ([1]), sans autre précision. Une exploration l'an dernier dans cette région nous a permis de recueillir des fossiles dont la détermination conduit à des conclusions intéressantes.

De vastes carrières, situées à une dizaine de kilomètres au Nord-Ouest d'Istanbul, montrent des calcaires foncés, bleus, en général très massifs, parfois d'aspect marmoréen, avec nombreuses veines de calcite. Ils sont visibles dans la vallée d'un petit cours d'eau et sur un grand plateau uniforme, formé de schistes argileux, micacés, de grauwackes et de grès paléozoïques. Dans ces assises, les fossiles sont recristallisés et, en général indéterminables. Nous avons cependant pu recueillir quelques exemplaires de *Daviesiella comoides* Sow., *Spirifer subrotundatus* Mc Coy et des Polypiers, en particulier *Lithostrotion Martini* M. E-H (détermination de M. Alloiteau) avec *Syringopora ramulosa* Phill. et *Syringopora geniculata* Phill. Les Crinoïdes sont nombreux, mais indéterminables. Des plaques minces de ces calcaires bleus montrent des représentants des genres *Endothyra, Ammodiscus, Nummulostegina.*

Une apophyse andésitique traverse ces calcaires, en direction Nord-Sud, les transformant en « tufs » marrons, friables, avec fossiles isolés. Ces

---

([2]) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 2, 1950, p. 12-13 et notice explicative de la Feuille géologique au 50 000e de Djezzine, Beyrouth, 1950.

([1]) E. Chaput, *Voyages*, 1936, p. 168.

« tufs » nous ont fourni une faune dans laquelle M. G. Delépine a bien voulu reconnaître les espèces suivantes : *Productus semireticulatus* Martin, *Pr. sulcatus* Sow., *Pr. scabriculus* Mart., *Pr. cora* d'Orb., *Pr. (Pustula) punctatus* Mart., *Pr. (Pustula) pustulosus* Phill., *Pr.* aff. *martini* Sow., *Spirifer subrotundatus* Mc Coy, *Sp. bisulcatus* Sow., *Sp.* aff. *striatus* Mart., des contre-empreintes d'*Orthotetinæ*, des moules internes avec empreintes de muscles en vascularisation de grands *Schizophoria*, de nombreux fragments de *Cyrtina*, probablement *Cyrtina septosa*.

L'ensemble de cette faune correspond à la partie supérieure du Dinantien, c'est-à-dire au Viséen. Cependant, comme il n'y a pas de représentants du groupe de *Productus giganteus*, on peut penser que le niveau n'est pas le plus élevé du Viséen. Elle renferme des espèces communes avec les faunes du même âge de la grande zone carbonifère de Zonguldak-Amasra, et de celles des gisements du Taurus, de Balia-Maden et enfin de Lodomu, ces derniers signalés par E. Chaput, en 1933, à 10$^{km}$ au Sud d'Ankara.

Ces calcaires viséens sont entourés de formations schisteuses, toujours très plissées, disloquées, parfois redressées jusqu'à la verticale, tandis que les calcaires ne sont pas plissés et représentent un anticlinal, faillé dans la partie méridionale et dont les charnières s'allongent du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Peut-être les schistes représentent-ils le Viséen gréso-schisteux reconnu à Zonguldak avec « intercalations » du Culm et bancs calcareux (Fl. Charles).

L'ancienne formule : « L'Éocène repose sur le Dévonien à l'Ouest d'Istanbul » peut donc être rajeunie, car, en définitive, l'Éocène y repose, au moins partiellement, sur le Carbonifère.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques roches de la Terre Adélie*. Note de MM. **Edgar Aubert de La Rüe** et **Paul Tchernia**, présentée par M. Paul Fallot.

Les roches examinées sont principalement métamorphiques et dans l'ensemble comparables à celles précédemment décrites de la Terre voisine du Roi Georges V. Parmi de nombreux éléments d'origine erratique, des paragneiss amphiboliques plus ou moins fortement granitisés et passant à un granite porphyroïde, affleurent en place au cap Margerie.

Les seuls échantillons provenant jusqu'à présent de la partie française de la Terre Adélie, une diorite et des gneiss, avaient été rapportés d'un îlot voisin de la côte (Rocher du Débarquement) par l'expédition de Dumont-d'Urville. Les roches faisant l'objet de cette Note ont été recueillies par l'un de nous (P. T.) en janvier-février 1950 et offertes au Laboratoire de Géologie du Muséum (Coll. 51-1) par la Marine nationale. Les unes ont été

prélevées en place, les autres à l'état roulé parmi les moraines, en deux points de la côte de la Terre Adélie.

Les récoltes les plus importantes proviennent du cap Margerie (Port-Martin) où la roche en place est représentée par des paragneiss amphiboliques micacés, riches en magnétite et très foncés. Ces gneiss ont été plus ou moins fortement granitisés et transformés en migmatites. On note toutes les formes de passage entre la roche normale, très fissile, se débitant en minces feuillets verticaux et un grainite porphyroïde grossier, riche en éléments colorés, à grands cristaux de microcline rosé, qui paraît largement représenté. Le faciès intermédiaire dominant correspond à un gneiss très mélanocrate, sur le fond sombre duquel se détachent, en proportion variable, de gros porphyroblastes de feldspath gris rosé.

Un certain nombre d'échantillons appartiennent à divers types d'amphibolites, plus ou moins feldspathiques, qui s'apparentent aux gneiss cités et proviennent sans doute d'affleurements voisins. Certaines amphibolites sont traversées par des veines d'aplite rougeâtre. D'autres montrent des veinules de quartz ou, plus souvent, des nids de calcite d'un blanc jaunâtre, d'origine primaire. Une amphibolite feldspathique, traversée par des veines irrégulières de granite blanc, apparaît comme une migmatite caractéristique. Un micaschiste à biotite n'est autre, sans doute, qu'une partie surmicacée des gneiss ou des amphibolites.

Parmi les roches du cap Margerie, recueillies aux abords de la station et dans un rayon de quelques centaines de mètres, plusieurs sont erratiques. Elles ont, en effet, un faciès quelque peu différent des précédentes qui ont entre elles un air de famille très accusé. Les types intrusifs comprennent une pegmatite rose, pauvre en biotite, montrant par places une structure graphique. Une pegmatite semblable est associée à un granite alcalin gris rosé, à biotite et à hornblende, d'un grain assez grossier. Il faut signaler une aplite rougeâtre, roche écrasée, formée de microcline et de quartz, avec de rares paillettes de biotite et des grains de magnétite. Des blocs roulés d'une granodiorite à hornblende et sphène, d'autres d'une diorite quartzifère gneissique, finement cristalline, un peu chloriteuse et épidotisée, accompagnent ces roches granitiques.

Une amphibolite paraît également erratique. Il s'agit d'une roche à grain fin, d'un gris verdâtre, renfermant en abondance, à l'état microscopique, de l'apatite et du zircon. Provenant également du cap Margerie, un fragment de quartz blanc, un peu chloriteux et épidotique, ne contient aucune minéralisation.

Les autres roches ont été prises au cap Géologie, distant d'une quarantaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'Ouest du cap Margerie. L'état roulé de ces échantillons et leur nature disparate laissent penser qu'ils ont été amenés de l'intérieur des terres par les glaciers.

Les roches métamorphiques sont représentées par une migmatite correspondant à un gneiss à hornblende avec de petits cristaux de sphène, traversé par des bandes d'aplo-pegmatite. Le caractère gneissique de la roche n'est pas partout très accusé et certains blocs sont franchement granitiques. La présence d'un fragment de marbre blanc est intéressante à connaître. Il s'agit d'un calcaire cristallin, assez fortement magnésien, exempt de minéraux étrangers. Un échantillon de quartz filonien oxydé, en relation avec une amphibolite, renferme de petites inclusions de pyrrhotite.

Parmi les types intrusifs se rangent une granodiorite à hornblende et une diorite quartzite micacée, très semblables à celles trouvées au cap Margerie, ainsi qu'un bloc unique d'une rhyolite calco-alcaline rougeâtre, probablement filonienne. Celle-ci montre, au premier temps, de nombreux phénocristaux de hornblende, biotite, orthose et quartz, ces derniers fortement corrodés, se détachant sur une pâte finement cristalline, formée de quartz et de feldspath.

Les roches récemment rapportées de la Terre Adélie sont principalement de nature métamorphique et dans l'ensemble assez banales et comparables à certaines de celles antérieurement connues et étudiées autour de Commonwealth Bay, à 70$^{km}$ à l'Est du cap Margerie, par l'expédition australienne de Sir Douglas Mawson (1911-1914). Les roches du secteur français sont moins variées que celles décrites notamment par F. L. Stillwell [1] et C. E. Tilley [2], mais cela tient sans doute au fait qu'il s'agit de récoltes rapides et limitées, n'intéressant que deux points du littoral de la Terre Adélie.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'un accident tectonique en bordure nord du Haut-Atlas oriental marocain (Atlas saharien).* Note de M. **Renaud du Dresnay**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Haut-Atlas oriental, dans sa partie frontalière algéro-marocaine, était, jusqu'à présent, considéré comme formé d'un faisceau de plis relativement simples, établissant une transition entre le socle des Hauts Plateaux Oranais, au Nord, et le domaine rigide saharien, au Sud de Figuig.

Le seul accident connu [1] était la faille majeure du Jebel Grouz, fracture

---

[1] *Australasian Antarctic Expedition*, 1911-1914; *Scientific Reports*, Ser. A, vol. III, part I; *The metamorphic rocks of Adelie Land. Adelaide*, 230, 1918, p. 35, pl.

[2] *Ibid, The metamorphic limestones of Commonwealth Bay, Adelie Land.*, vol. III, part. II, 1923, p. 231-244.

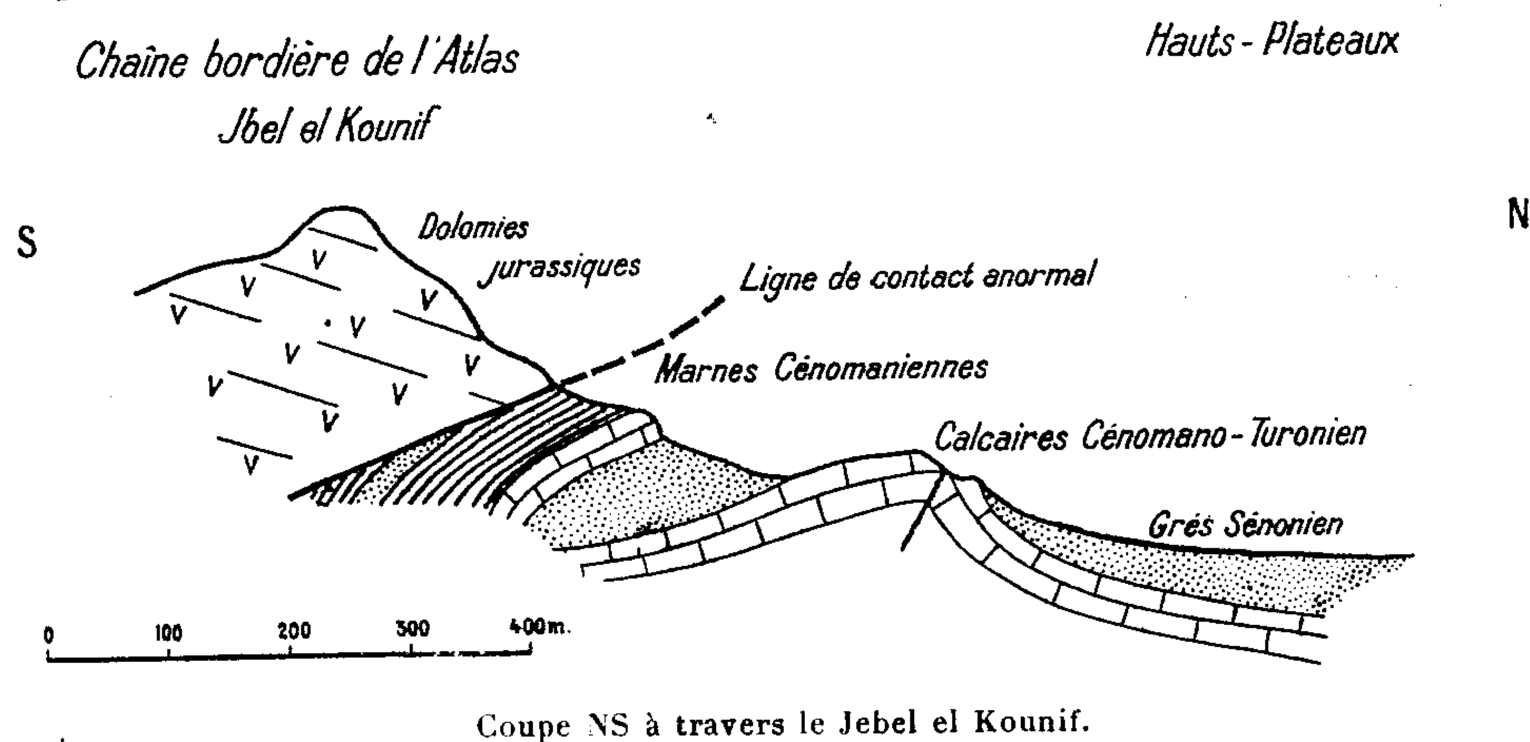
[1] P. Russo, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1934, p. 105 et *B. S. G. F.*, (5), 4, 1934, p. 375-384.

verticale qui, de Talzaza à Figuig, prolonge l'accident Sud-Atlasique (flexure saharienne), observé depuis Agadir jusqu'à Bou Denib.

Or la chaîne bordière du Nord du Haut-Atlas oriental offre une structure tectonique plus compliquée encore. Elle se présente comme un anticlinal cassé, déversé vers le Nord, et donnant lieu, par places, à de véritables chevauchements.

La ligne de contact entre les chaînons liasiques du Haut-Atlas et les Hauts-Plateaux, recouverts de séries de comblement sénoniennes et probablement aquitaniennes, se traduit cartographiquement par une ligne sinueuse présentant de nombreuses indentations.

Les terrains les plus récents, turoniens (barre calcaire), sénoniens (grès rouges avec intercalations de calcaires azoïques) et tertiaires (grès orangés et conglomérats représentant, peut-être l'Aquitanien), y sont recouverts fréquemment par les couches dolomitiques du Lias et du Dogger.



Coupe NS à travers le Jebel el Kounif.

C'est au Jebel Klakh qu'a été mis d'abord en évidence le recouvrement du Turonien calcaire par les dolomies du Jurassique. La barre calcaire du Turonien formant, sous les dépôts sénoniens et (?) aquitaniens, le substratum subhorizontal des Hauts-Plateaux, est ici redressée, et se présente tantôt verticalement, tantôt avec un pendage sud, sous les dolomies et calcaires dolomitiques du Jebel Klakh sensiblement horizontaux. Parfois même, la couche résistante du Turonien a été plusieurs fois repliée sur elle-même et forme une série de rides et d'anticlinaux déversés vers le Nord ou brisés, en avant de la falaise dont le Jurassique tend à la chevaucher. Entre les indentations du Jurassique horizontal chevauchant et la barre turonienne redressée, apparaissent à la suite du Turonien, les marnes bariolées cénomaniennes, puis le sommet du Dogger, formé principalement de marno-calcaires à Echinodermes (*Sphaerotiaris meandrina* séparés par des bancs marneux, avec quelques barres dolomitiques. Ces couches, en général verticales, ont subi le même redressement que le Turonien.

En suivant la chaîne bordière vers le Sud-Ouest à Foum Defla, entre le Jebel Klakh et le Jebel el Kounif, on retrouve quelques noyaux de calcaires blancs du Turonien et des marnes bariolées du Cénomanien contre les dolomies du Jurassique ou pointant sous elles.

Le Jebel el Kounif présente, en avant de la falaise dolomitique jurassique qui domine, au Nord, les Hauts-Plateaux, un phénomène similaire; un profil perpendiculaire y recoupe trois fois la même corniche turonienne, enveloppant au cœur de ses plis des lambeaux de conglomérats supposés aquitaniens. Cette barre turonienne devient plus tranquille à mesure que l'on s'éloigne de la zone plissée atlasique vers le socle plus stable des Hauts-Plateaux où elle est horizontale.

Les mouvements tectoniques semblent avoir atteint leur paroxysme dans le Jebel Bou Mokhta, au Sud de Bou Arfa, dont l'accident principal paraît être le recouvrement, par le Lias, lui-même brisé et fracturé, des formations jurassiques et crétacées du cirque de Bou Arfa.

A l'Ouest de Bou Arfa, dans le Jebel Kif el Hamar, cette ligne de contact anormal se perd dans les formations du Lias et du Dogger également dolomitiques, qui paraissent décollées du socle primaire sur lequel elles se placent sans aucun ordre.

Plus à l'Ouest encore, au Nord du Tamlelt, les formations ont été trop érodées pour qu'il subsiste des restes de la série liasique chevauchante, mais le contact brutal du Primaire du Tamlelt contre les barres calcaires du Dogger et du Turonien redressées à la verticale (ou même avec pendage sud) peut s'interpréter également comme le témoignage d'un rebroussement de la couverture des Hauts-Plateaux sous l'effort d'une poussée chevauchante venue du Sud.

A l'Est du Jebel Klakh, le même accident se poursuit dans le Jebel Dough, où, par relais successifs, l'anticlinal faillé présente, sur son revers nord, comme au Jebel el Kounif, les mêmes plis disharmoniques affectant la corniche turonienne. Puis l'accident se prolonge vers l'Algérie où, sur le flanc nord du Jebel el Oust, suite naturelle du Jebel Dough, les dolomies du Dogger recouvrent les grès rouges tertiaires. (²)

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un accident tectonique Nord-Atlasique, dans la région de Forthassa (département d'Oran).* Note de M. **Denis Galmier**, présentée par M. Paul Fallot.

Au cours de prospections j'ai pu, dans la région frontalière algéro-marocaine, du Djebel Dough au Djebel el Oust et aux environs de For-

(²) A. Cornet, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 38, 1947, p. 63-68.

thassa, mettre en évidence un accident tectonique nord-atlasique et en dégager les principaux caractères.

Cet accident avait déjà été pressenti en 1946 par A. Cornet [1] près de Forthassa, mais il y présente un aspect particulier. Loin d'être une simple faille verticale limitant, au Nord-Ouest la chaîne bordière nord-atlasique, il consiste, en réalité, en un déversement vers le Nord-Ouest exagéré, parfois, jusqu'à un véritable chevauchement.

La ligne de contact anormal, qui se suit du Djebel Dough aux puits de Galloul, sépare deux séries stratigraphiques différentes :

*a.* Au Nord-Ouest, série crétacée et tertiaire :

Calcaires en plaquettes et marnes du Cénomanien;

Calcaires dolomitiques blancs, parfois à silex et dolomies rosées du Turonien;

Conglomérat à gros galets de calcaire turonien et de grès plus anciens, normalement superposé au Turonien.

Cet ensemble s'enfonce vers le Nord sous les formations continentales du Chott Tigri qui comprennent :

Grès rouges tendres sénoniens;

Un conglomérat à opale de 3$^{m}$, horizontal, discordant d'environ 5° sur les précédents (Bouib ech Cheir);

Grès rosés horizontaux, à lentilles de petits galets, du Tertiaire Continental.

*b.* Au Sud et Sud-Est, Bajocien et Bathonien, essentiellement gréso-dolomitiques, sont datés par des lentilles de calcaire pisolitique du Bajocien supérieur et des intercalations de marnes et lumachelles à Rhynchonelles du Bathonien. Le Lias supérieur apparaît même localement.

L'accident proprement dit est jalonné par des grès roses aquitaniens pincés entre le Turonien et la série Jurassique. Le chevauchement se traduit sur la carte par une ligne ondulée.

Les anticlinaux jurassiques de la chaîne bordière viennent buter obliquement contre l'accident, en donnant lieu à des relais, dont l'un est visible près de Forthassa.

A Ain Bab-er-Rouah (Djebel Dough), le Dogger dolomitique chevauche à 30° environ le Turonien plissé en accordéon, écaillé et déversé vers le Nord-Ouest. Là sont visibles trois écailles et un dernier repli où le calcaire, normalement subhorizontal, s'enfonce rapidement à la verticale sous la couverture du Chott Tigri.

Le Dogger est lui-même pincé en synclinal immédiatement au Sud-Est de l'accident majeur; une faille verticale parallèle à celui-ci laisse apparaître localement le Lias supérieur. Le rejet de cet accident secondaire est de l'ordre de 200 à 300$^{m}$.

Le chevauchement du Djebel Dough se retrouve encore plus violent au Djebel Klakh, ainsi que M. Du Dresnay le montre par ailleurs.

---

[1] *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, **38**, 1947, p. 63-86.

A Haci el Ksob, les grès aquitaniens à lits de galets, à pendage 70° Sud-Est, forment un petit synclinal pincé entre deux écailles de calcaire turonien en avant de l'accident majeur.

Le long du Djebel el Oust, en allant vers le Nord-Est, la tectonique devient plus calme. Le Dogger se déverse sur les grès roses aquitaniens, alors que la barre turonienne ne forme plus que deux replis anticlinaux réguliers.

A quelques kilomètres au Sud-Ouest de Forthassa, un relais s'amorce. Une première barre dolomitique jurassique se poursuit le long de l'accident principal, alors qu'une seconde, au Sud de l'accident accessoire, se termine périclinalement au Djebel el Oust. Entre les deux débute un synclinal, qui, d'abord pincé et faillé, avec surface de refoulement au Sud-Ouest de Forthassa, s'étale à Forthassa même.

Sous la redoute de Forthassa, une faille inclinée à 45° Sud-Est amène les conglomérats post-turoniens du Dalaa Sefra sous les grès et dolomies du Dogger.

Peu à peu vers le Nord-Est, l'accident diminue d'importance. Vers Forthassa Cherguia, un synclinal à bords de calcaires turoniens est redressé à la verticale au contact des dolomies.

Enfin, au pied du flanc nord-ouest du Djebel Guettar, on suit jusqu'au Djebel Arar une faille verticale, ou plutôt une série de petites failles redressant des grès bathoniens.

En résumé, le chevauchement, encore sensible à Aïn Bab-er-Rouah, avec un rejet horizontal de plus de 3 000$^{m}$, tend à perdre sa composante horizontale plus au Nord-Est. Ce fait est souligné par l'apparition d'un synclinal supplémentaire dans le Dogger (synclinal de Forthassa), en même temps qu'un synclinal supplémentaire naît dans la série crétacée au Nord de l'accident.

Alors que certains interprètent les relais sud-atlasiques par une poussée au vide, l'allure de l'accident nord-atlasique implique une poussée orientée vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers la zone résistante des Hauts-Plateaux du Maroc Oriental.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les faciès à Spongiaires du Crétacé supérieur de la région niçoise (Alpes-Maritimes).* Note (*) de M$^{me}$ **Lucette Lagneau-Hérenger**, transmise par M. Léon Moret.

Étude d'un beau gisement de Spongiaires siliceux admirablement conservés venant compléter nos connaissances sur les faunes sénoniennes du Midi de la France. Ce sont essentiellement des Lithistides, et appartenant à tous les groupes connus.

Les couches à Spongiaires sont fréquentes dans le Sénonien de la région de

(*) Séance du 19 février 1951.

Nice et particulièrement fossilifères en certains points. Un gisement important est celui du ravin de Laghet, situé près de la Turbie, sur la route reliant cette localité à la Trinité-Victor. Il a fourni de nombreuses Éponges siliceuses dont le squelette, généralement transformé en calcédoine, a pu être étudié naguère par L. Moret ([1]). Par la suite, j'ai déterminé les Éponges provenant d'un gisement situé entre Menton et Castillon et qui ont aussi conservé leur réseau squelettique siliceux, alors que celles du gisement de la Redonne sont moins intéressantes, étant souvent calcifiées ([2]).

En revanche, le gisement de Gorbio, petit village perché au-dessus de Menton et dont je désire parler plus spécialement ici, est riche en Spongiaires à squelette admirablement conservé avec spicules dermaux et se dégageant parfaitement par attaque à l'acide ([3]). Non seulement j'y ai retrouvé des espèces déjà connues, mais j'ai pu y mettre en évidence de nombreuses formes nouvelles de Tétracladines, Rhizomorines et Corallistides. Seules les Lithistides y sont représentées et se répartissent comme il suit :

RHIZOMORINES. — *Scytalia radiciformis* Phillips sp., *S. terebrata* Phillips sp., *Chonella tenuis* Roemer sp., *Seliscothon phlyctioides* Moret, *S. cylindricum* Moret, *S. planum* f. *aciculatum* Quenstedt, *Azorica* sp., *Stichophyma* sp., *Jereica* sp., *Cytoracea turbinata* Schrammen.

CORALLISTIDES. — *Phalangium cylindratum* Schram., *Procorallistes polymorphus* Schram., *P. obliqua* Michelin sp., *Gignouxia niciensis* Moret.

MÉGAMORINES. — *Doryderma* (*Brochodora*) *ramusculus* Schram., *D. Rœmeri* Hinde, *Heterostinia obliqua* Benett sp., et *Isoraphinia texta* Roemer sp., espèce qui abonde au même niveau en Angleterre et en Allemagne et trouvée pour la première fois dans notre pays, à Gorbio.

TÉTRACLADINES. — *Phymatella bulbosa* Zittel, *P. sphaeroides* Schram., *Turonia variabilis* Mich., *T. cerebriformis* Schram., *Thecosiphonia nobilis* Roemer sp., *Calymmatina sulcataria* Mich., *Jerea Quenstedti* Zittel, *Polyjerea lobata* Hinde, *Siphonia pyriformis* f. *micropora* Schram., *tubulosa* Roemer, *arbuscula* Mich., *ficus* Goldf., *coronata* Court., *S. Königi* Mantell sp., *Discodermia stellata* Moret, *D. antiqua* Schram., *Pseudojerea* sp., *Rhagadinia rimosa* Roemer sp., *Phymaplectia cribrata* Hinde, *Eustrobilus callosus* Schram., *Prokaliapsis clavata* Hinde sp., *Astrocladia ramosa* Mich., *Dactylotus* sp.

SPHAEROCLADINES. — *Cladodia Kiliani* Moret, *Exodictidia* sp.

L'intérêt de ce gisement réside non seulement dans l'apport de formes nouvelles, qui seront décrites ultérieurement, mais encore dans l'excellente conservation de ses échantillons. A côté des Corallistides et des Tétracladines nouvelles, paraissant spéciales au gisement de Gorbio, on retrouve des formes fréquentes dans les gisements de l'Angleterre et de l'Allemagne ainsi que dans

([1]) *Mém. Soc. Géol. France*, n° 5, 1926.

([2]) *Trav. Labor. Géol. Grenoble*, 25, 1946.

([3]) Le gisement se trouve exactement à la Croix de Murator, le long du sentier qui mène de Gorbio à Roquebrune.

les gisements voisins, en particulier ceux du ravin de Laghet dont les conditions sont d'ailleurs analogues. Les Spongiaires s'y trouvent en effet dans un calcaire marneux à grain fin, de teinte bleuâtre et riche en Foraminifères pélagiques. Les Éponges ont conservé leurs spicules dermaux, ce qui indique qu'elles ont vécu en eaux profondes et calmes, et la présence de nombreux Oursins limivores (*Micraster*) associés confirme cette hypothèse. La prédominance des Spongiaires cylindriques, longuement pédonculés, indique également qu'ils n'ont pu se développer ainsi que dans des zones relativement profondes.

Par contre, il faut noter la présence de nombreuses espèces de Corallistides, qui sont plutôt des organismes de formations néritiques, alors que les Hexactinellides qui auraient pu s'accommoder de ces profondeurs y font entièrement défaut. On sait en effet que ces dernières sont fort bien représentées dans le gisement contemporain de Saint-Cyr (Var), gisement de faciès plus littoral et également riche en Lithistides. C'est cette constatation qui avait déjà amené L. Moret à supposer que la répartition bathymétrique des Spongiaires fossiles devait être différente de celle des formes vivantes.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'invasion d'air radioactif d'origine atomique et son influence sur les précipitations atmosphériques.* Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il n'y a plus de doute sur l'origine « atomique » du nuage radioactif décelé pour la première fois le 20 juillet 1946 à 6 000$^{m}$ d'altitude. Les noyaux radioactifs doivent constituer des noyaux de condensation.

Nous avons signalé précédemment comment nous procédions depuis 1946 à la prospection de la radioactivité de l'air, au sol, ainsi qu'à bord d'avions et dernièrement à bord de l'avion-laboratoire du Service de l'Aviation légère et Défense nationale ([1]). Les mesures aériennes entreprises depuis janvier 1950 ont permis de détecter à nouveau le corps radioactif complexe appelé « A », de période apparente 20 à 30 heures. Les résultats peuvent se schématiser dans le tableau suivant :

| Date. | Maximum observé (*). | Altitude. | Période apparente des particules recueillies. |
|---|---|---|---|
| 11 juin 1950 ........ | $0{,}01 \cdot 10^{-18}$ | 2 000$^{m}$ | 20 à 30 heures |
| 13 janvier 1951 ...... | 0,03 » | 4 000 | 20 à 30 heures |
| 3 février 1951 ...... | 0,15 » | 4 100 | 30 à 50 heures, à déterminer. Sans résidu à plus longue période. |
| 7 » ...... | Traces ? | 4 550 | ? |
| 15 » ...... | Néant | 3 300 | – |

(*) Du nuage radioactif, exprimé en équivalent de curie de radon par centimètre cube de volume exploré.

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2279-2280.

Il convient de remarquer que le vol du 13 janvier 1951, ainsi que celui du 3 février 1951 (maximum d'activité en 1951) ont été effectués dans des nuages moyens d'aiguilles de glace. Plus particulièrement, le 3 février 1951, on a évolué dans des nuages d'onde, jusqu'à 4 100$^m$ d'altitude à des températures de —13°C seulement. Le début des plages ascendantes de ces nuages était constitué par du brouillard en surfusion, tandis que la partie supérieure des ascendances, la plage étale, et la plage descendante étaient faites d'aiguilles de glace, donnant le halo, le parhélie et ce que l'on peut appeler un spectre blanc, anneau elliptique très brillant, entourant le parhélie inférieur.

Le vol du 11 juin 1950 (maximum d'activité de 1950) a été effectué dans une période de sécheresse.

Au contraire, les vols des 7 et 15 février 1951 (activité non décelable), effectués peu de temps après l'époque du maximum observé (3 février 1951) ont eu lieu après d'abondantes précipitations générales sur le continent.

On peut ainsi formuler les conclusions suivantes.

*Conclusions.* — 1° L'accroissement brusque d'activité à longue période observé le 3 février 1951 lève les doutes sur l'origine du corps radioactif complexe appelé « A », mis en évidence en France dans des conditions opératoires analogues et pour la première fois dans le monde, 20 jours après la première explosion atomique expérimentale de Bikini (1$^{er}$ juillet 1946) ([2]). Il s'agit bien d'un « nuage radioactif » provenant soit directement des explosions atomiques, soit, par filiation, des produits issus de ces explosions.

2° Une grande partie du « nuage radioactif », sitôt après l'explosion, perce la tropopause et s'étale dans la stratosphère : les produits radioactifs évoluent et retombent lentement sur la Terre, alimentant probablement la radioactivité que l'on décèle à moyenne altitude, à longue échéance.

3° La partie du nuage radioactif qui diffuse directement sous la tropopause fournit d'abondants et actifs noyaux de condensation, qui doivent affecter profondément le processus des précipitations à courte échéance; on a en effet trouvé le maximum d'activité (3 février 1951) dans des alto-stratus d'onde, dans lesquels prenaient naissance les aiguilles de glace à une température égale ou supérieure à —13°C seulement, c'est-à-dire sur des noyaux de condensation. Les précipitations lavent ensuite l'atmosphère : après ces précipitations, on a trouvé de l'air pur (7 et 15 février 1951).

Ces conclusions permettent de supposer qu'un conflit atomique important contaminera seulement des zones relativement restreintes, sur les lieux et autour des explosions, à condition qu'il règne, sur ces zones, une période de pluies. Par contre, on peut penser que la réserve de noyaux radioactifs diffusée dans la stratosphère modifiera l'allure générale des phénomènes météorologiques à longue échéance, sur une grande étendue du globe.

---

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1583.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle de l'organe traité par l'hétéroauxine dans le déclenchement d'une courbure.* Note (*) de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

Lors du déclenchement d'une courbure provoquée expérimentalement chez les vrilles de la vigne, des facteurs internes agissent en commun avec l'acide indol-β-acétique appliqué. Ces facteurs n'interviennent pas pendant toute la durée du cycle végétatif de la vigne.

J'ai déjà signalé (1) que les vrilles de la vigne se courbent fortement en présence de lanoline mélangée à un aphide ou contenant de très faibles quantités d'hétéroauxine; mais qu'elles ne réagissent pas toujours en présence des mêmes doses de phytohormones (2).

On admet généralement que les auxines exercent leur action à travers un jeu d'enzymes et de métabolites. Comme le fait remarquer P. Chouard (1949), la présence ou l'absence de ces facteurs jouerait vis-à-vis de l' « action primaire » des auxines le rôle de facteur limitant. Pour ce qui est de l'action des auxines sur l'extensibilité des cellules je me bornerai à rappeler les recherches de Thimann et Miss Sweeney (1937), et Thimann et Bonner (1948). Pour étudier l'importance relative de quelques facteurs dans le déclenchement d'une courbure provoquée chez la vigne, j'ai traité simultanément à la lanoline auxinée : 1° des vrilles d'âge différent portées par des vignes cultivées en plein air; 2° des vrilles prélevées sur les mêmes plantes et introduites dans une chambre à température et humidité constantes; leurs bases plongeant dans l'eau, j'ai fait varier la température entre 15 et 35° et l'état hygrométrique entre 40 et 100 %.

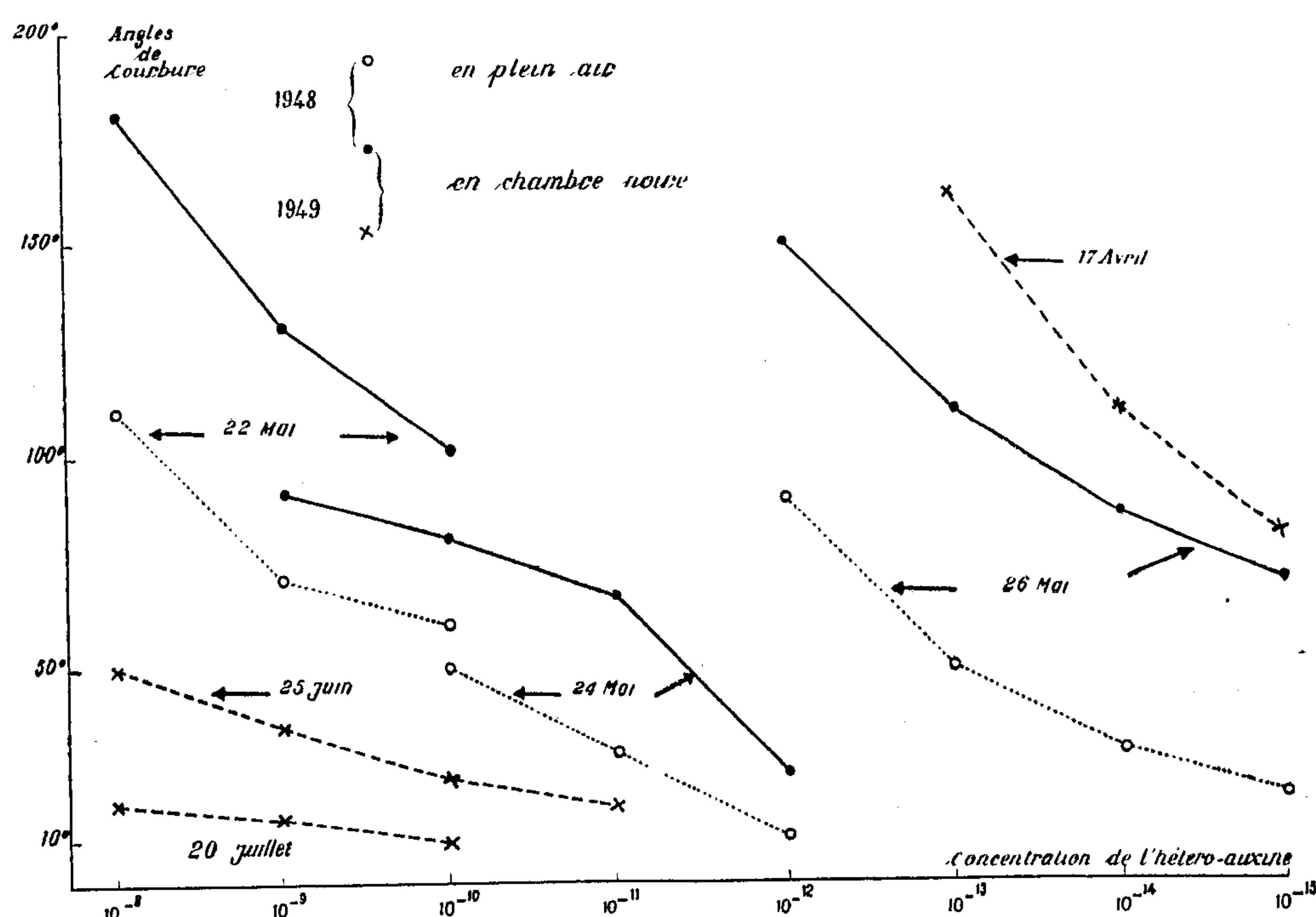
Voici quelques-unes de mes observations. A 15° C et 95 % d'humidité, 3 heures après l'application des doses d'acide indol-β-acétique allant de $10^{-8}$ à $10^{-15}$, les vrilles détachées se sont courbées sous un angle de 0 à 45°; à 23° C, j'ai observé des courbures jusqu'à 250°, parfois même davantage. Lorsque l'état hygrométrique oscillait entre 80 et 100 % (à 23°), il favorisait, dans des limites restreintes, l'intensité du phénomène; une humidité inférieure à 60 % était néanmoins défavorable. Les vrilles traitées simultanément en plein air (18° C, humidité 50 à 70 %) présentaient des cour-

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1917-1919 et **229**, 1949, p. 527-529.

(2) Les courbures provoquées par des doses inférieures à $10^{-22}$ d'hétéroauxine ne peuvent s'expliquer qu'en admettant une répartition inégale de l'acide dans l'excipient, ou encore, par l'apparition de phénomènes électriques résultant de la trituration de l'acide avec la lanoline. Cette dernière façon de voir présente des points communs avec certains faits signalés dans le cas du cancer.

bures toujours inférieures à 120°. En outre, d'une façon générale, les vrilles de la variété « Chasselas doré » se courbent fortement dans la région de Toulouse durant les mois d'avril, mai, début juin. Si la longueur de leurs ramifications est inférieure à 3^cm (3) et si leur croissance est terminée, l'angle est très faible (1^er cas), ou le plus souvent nul (2^e cas). Elles se courbent surtout lorsque leur croissance est rapide; toutefois, il existe de nombreuses exceptions. Cependant, à n'importe quel moment du cycle végétatif de la vigne, il y a des jours et même des semaines où les vrilles réagissent et d'autres jours où il n'y a pas la moindre réaction. Et, fait important à retenir, en présence de doses identiques d'hétéroauxine, c'est lorsque les vrilles traitées se courbent en pleine nature que celles détachées et introduites dans une chambre noire réagissent aussi.




Les courbes ci-dessus, dont l'allure générale a été vérifiée encore en 1950, font ressortir quelques-uns des résultats obtenus. Les jours où les vrilles n'ont pas réagi ne sont pas mentionnés; je citerai à titre d'exemples les 20 avril, 21 mai, 10 et 13 juin 1948. L'angle moyen pour chaque concentration est calculé sur 30 vrilles et mesuré 3 heures après l'application.

D'après ces données, il semble : 1° que les vrilles ne réagissent pas certains jours en présence de doses élevées d'hétéroauxine ($10^{-8}$), tandis

(3) *Voir* travaux de Burström (1941-1945) sur les étapes d'élongation cellulaire.

que d'autres jours des doses bien inférieures ($10^{-15}$) déterminent des courbures importantes; 2° si les vrilles sont aptes à se courber en présence de l'hétéroauxine, la température, l'humidité, la dose d'acide appliqué jouent un rôle certain dans l'intensité de la réaction; 3° lors du déclenchement d'une courbure provoquée chez les vrilles, des facteurs internes agissent en commun avec l'acide appliqué pendant des intervalles limités et variables d'une année à l'autre.

Ces résultats militent en faveur de l'hypothèse d'après laquelle l'hétéroauxine exercerait ses multiples actions en se combinant avec d'autres substances spécifiques de la plante.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contre la théorie généralisée des carpelles-sporophylles. II. Phylogénie structurale de la placentation dans le groupe* Juglans-Carya (Juglandaceæ). Note de M. **Jean-F. Leroy**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une précédente Note (1) nous avons fait connaître la structure singulière de la placentation chez une plante primitive du phylum des *Carya*, *Annamocarya sinensis* (Dode) J.-F. Leroy. Ce type structural, unique chez les *Juglandaceæ*, nous paraît donner la clé de l'évolution placentaire dans cette famille. Nos recherches sur la morphologie comparée des placentas nous ont, en particulier, amené à découvrir une remarquable série phylétique chez les *Carya*, et par ailleurs, certains caractères insoupçonnés chez les *Juglans*. Ces données nouvelles concernant ces deux genres vont être brièvement présentées ici.

1. *Carya* Nutt. — Les travaux de D. V. Shuhart (1932), puis ceux de L. M. Langdon (1934; 1939) ont montré que la vascularisation du brou est de *type cupulaire* avec rebroussement des faisceaux, ce que nous avons également observé chez *Annamocarya*, et décrit, mais jamais l'attention n'a été portée sur certains aspects de la disposition des placentas. Chez *Annamocarya* ceux-ci se présentent sous forme de deux *reticulum inclus* dans le tissu ligneux de la coque, de part et d'autre du plan sutural; ils forment, au sommet, chacun un groupe de faisceaux (environ 10) descendant le long du bord libre de la cloison primaire, et reconstituant à leur rencontre la stèle funiculaire. Chez aucune autre *Juglandaceæ* ne se retrouvent de faisceaux ascendants dans la coque. Chez *Carya* les faisceaux placentaires deviennent *septaux* et se réduisent à *deux cordons non réticulés*. On note, à l'intérieur du genre, un certain nombre de différences relatives à l'écartement et à la forme de ces cordons, différences ayant valeur diagnostique au niveau de l'espèce.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 432.

L'*écartement placentaire* peut être maximum (*C. cathayensis* Sarg.) ou beaucoup plus réduit (*C. cordiformis* K. Koch), mais jamais presque nul comme chez

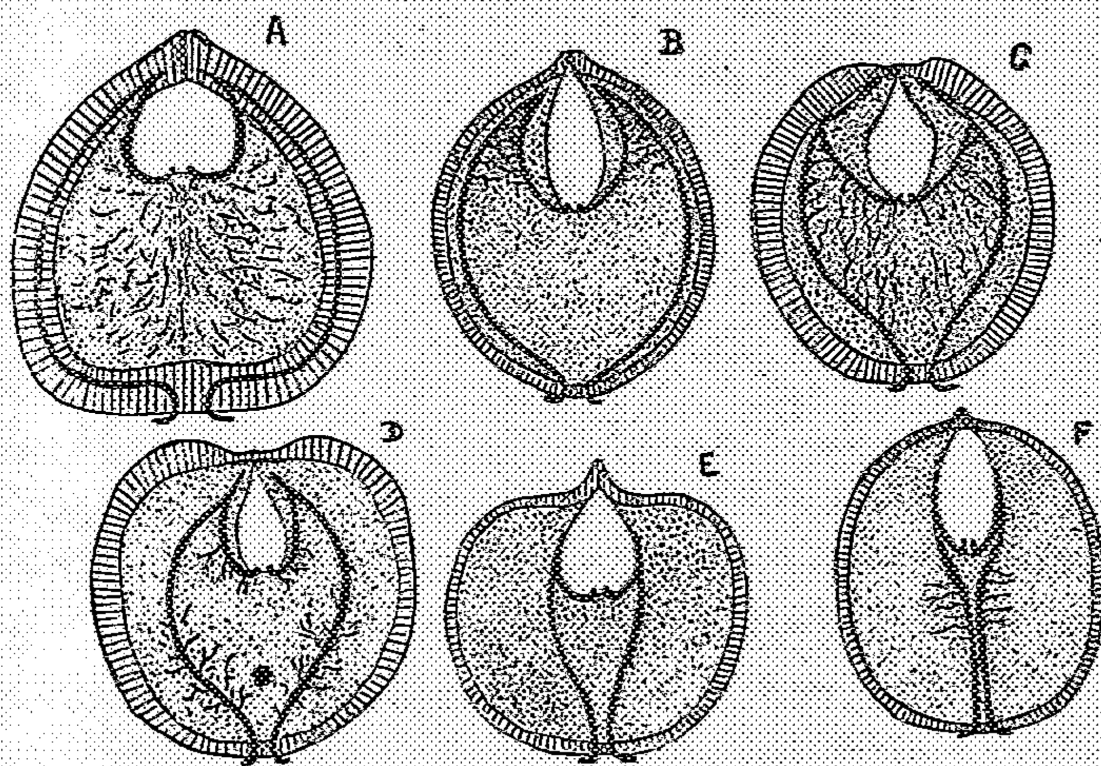



Fig. 1. — Série de sections longitudinales schématiques (suivant le plan de la cloison primaire) de noix chez *Annamocarya*, *Carya* et *Juglans*. A, *Annamocarya sinensis* J.-F. Leroy; B, *Carya cathayensis* Sarg.; C, *C. Poilanei* J.-F. Leroy; D, *C. tonkinensis* Lecomte; E, *C. cordiformis* K. Koch; F, *Juglans regia* L. La zone externe hachurée représente la coque; la cloison primaire est figurée en pointillé; les cordons vasculaires (réseaux chez *Annamocarya*) et leurs irradiations septales, en traits pleins noirs. Considérer surtout la réduction progressive de l'écartement placentaire.

*Juglans regia* L. Nous avons figuré une série d'espèces allant d'*Annamocarya* à *Carya* et à *Juglans* pour mettre en relief, par une simple lecture, l'évolution placentaire chez les plantes en cause (*fig.* 1).

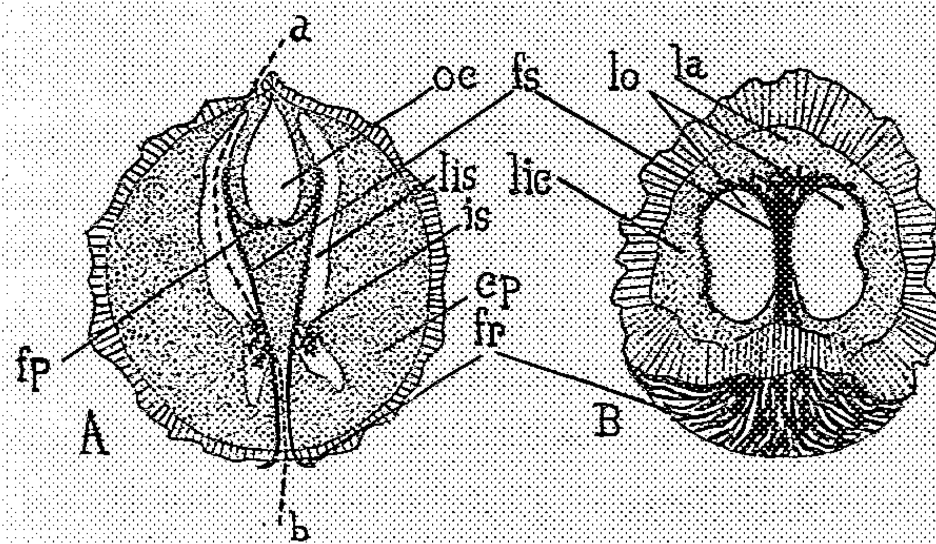



Fig. 2. — Section longitudinale schématique d'un fruit de *Juglans nigra* L. A, suivant le plan de la cloison primaire; B, suivant la ligne pointillée *ab*, la partie gauche étant enlevée; *fp*, faisceaux placentaires; *oe*, orifice de la cloison; *is*, irradiations septales; *fr*, faisceaux récurrents; *cp*, cloison primaire; *lis*, lacune intraseptale; *fs*, faisceaux septaux; *lo*, loges; *la*, lacune apicale; *lic*, lacune intracostale.

2. *Juglans* L. — La placentation de ce genre a été étudiée, par les auteurs, surtout chez *J. regia*. Guidé par nos observations sur les *Carya*, nous avons

porté notre attention sur l'écartement placentaire chez les *Juglans*. Une première remarque s'impose : l'écartement dans ce genre ne dépasse jamais sensiblement l'écartement minimum des *Carya*, mais la réduction peut en être très poussée (*J. regia*). L'écartement placentaire, relativement large, rencontré chez *J. nigra* L. nous a incité à « explorer » les lacunes dans la noix de cette espèce. Notre surprise a été totale d'y découvrir, dans la cloison primaire, de part et d'autre du plan sutural, une véritable gerbe de faisceaux s'épanouissant en dichotomies dans la lacune apicale et retombant de chaque côté en un long fouet suivant les lacunes intracostales (*fig.* 2).

Il y a, en somme, une puissante remontée des faisceaux récurrents, non pas dans la coque comme chez *Annamocarya*, mais à l'intérieur des lacunes intraseptales et intracostales. Les faisceaux parvenant à l'ovule offrent une disposition assez semblable à celle observée chez *J. regia*. La placentation du Noyer américain, rappelant quelque peu celle d'*Annamocarya*, semble beaucoup plus primitive que celle de *J. regia*. Dans une prochaine et dernière Note, nous fondant sur les faits précédemment rapportés, nous exposerons nos conclusions théoriques, lesquelles, comme on peut le penser déjà, sont défavorables à la « théorie carpellaire » classique.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Astragalus Glycyphyllos *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'*Astragalus Glycyphyllos* L. se rattache au type du *Trifolium minus*. L'hypophyse proviendrait, selon les cas, de la cellule apicale, de la cellule basale du proembryon bicellulaire, ou des deux éléments à la fois; dans ces conditions, l'*Astragalus* serait à considérer comme un type irrégulier, ou, plus exactement, comme un type de transition.

Nous possédons, sur l'embryogénie de la tribu des Galégées, des renseignements précis en ce qui concerne des représentants des sous-tribus des Psoraléinées ([1]), des Téphrosiinées ([2]) et des Colutéinées ([3]). De profondes variations ont été observées dans les trois cas; pour bien déterminer toute leur étendue, il était nécessaire d'entreprendre de nouvelles recherches en s'adressant à un assez grand nombre d'espèces de la tribu. L'*Astragalus Glycyphyllos*, appartenant aux Astragalinées, sous-tribu qui n'a fait encore l'objet d'aucune étude embryogénique rigoureuse, a tout d'abord fixé notre attention.

Les premières segmentations de l'embryon sont en tous points conformes à celles que R. Souèges a mises en évidence chez le *Trifolium minus*. L'oospore se divise transversale-

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 429.
([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1450.
([3]) P. Crété, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 176.

ment en une cellule apicale et une cellule basale. Des cloisonnements obliques font apparaître, à partir de la cellule apicale, quatre éléments disposés en tétraèdre. L'élément qui se situe au sommet se comporte comme une épiphyse; les trois autres se partagent, par des cloisons horizontales, en deux assises dont l'une forme la partie cotylée *sensu stricto*, l'autre, la partie hypocotylée et, parfois aussi, l'hypophyse.

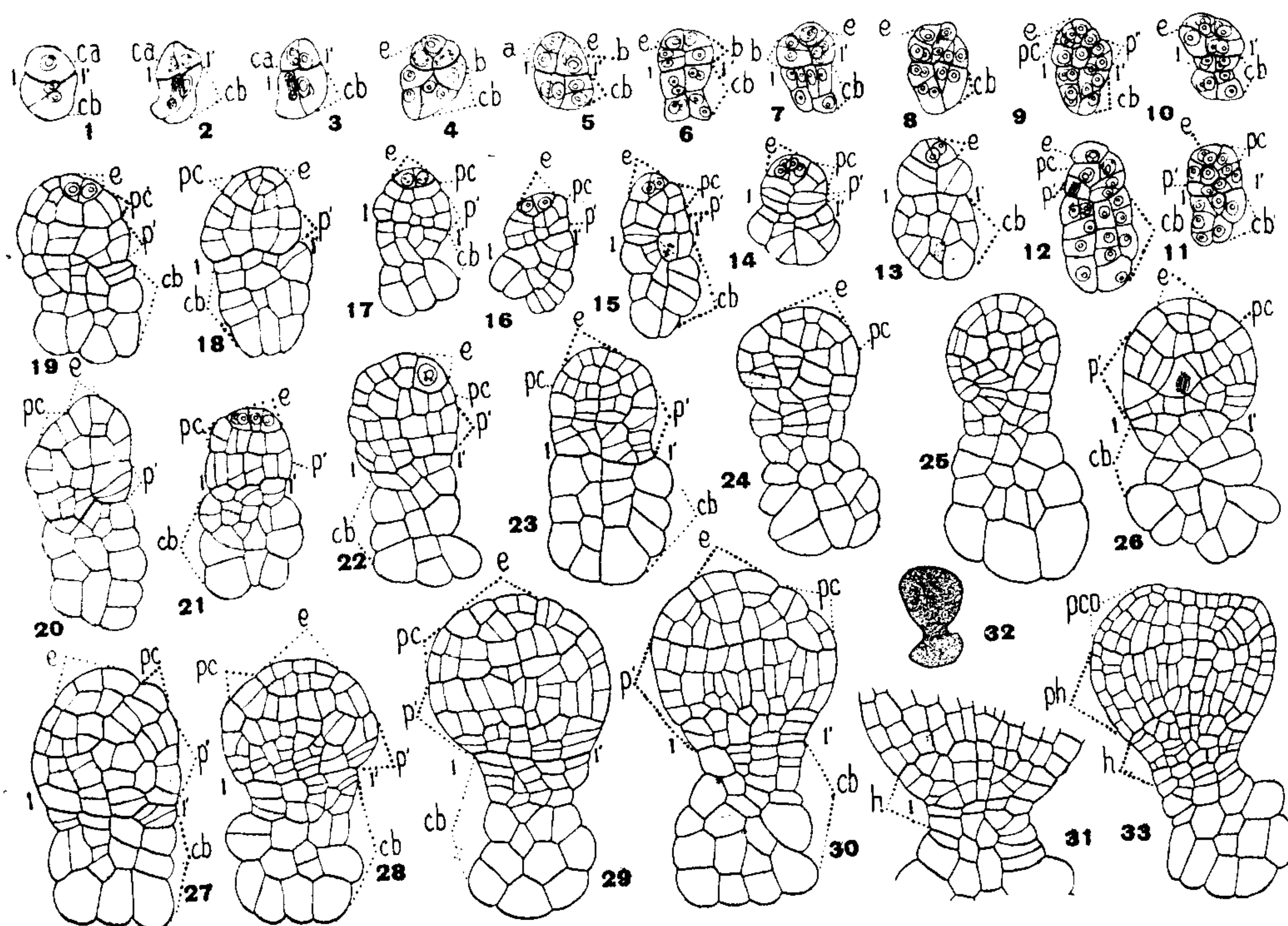


Fig. 1 à 33. — *Astragalus Glycyphyllos* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *sensu stricto*; *p'*, assise provenant également de *ca* et engendrant la partie hypocotylée, *ph*, et, au moins en partie, l'hypophyse, *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*. I-I', ligne de séparation probable des éléments issus de *ca* et de *cb*. En 32, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 31. G. = 280; 220 pour la figure 33; 60 en 32.

Il est particulièrement difficile de savoir si l'hypophyse provient de la cellule apicale ou de la cellule basale du proembryon bicellulaire, et même si ces deux éléments ne participent pas à la fois à sa construction. L'emplacement de la ligne 1 — 1' qui sépare les descendantes de la cellule apicale des descendantes de la cellule basale m'a paru bien établi pour les figures 1 à 22; cependant, les caractères bien peu différents des éléments à son voisinage ne permettent déjà pas de s'exprimer avec certitude dans les cas des figures 8, 11, 14 et 19. A des stades plus âgés, la grande ressemblance de ces éléments dans la région moyenne s'affirme au point que j'ai dû faire appel, pour établir l'emplacement, purement hypothétique, de la ligne 1 — 1' à un ensemble de caractères, dont aucun, pris séparément ne présente de spécificité. C'est ainsi que, dans de nombreux cas, il m'est apparu que les files longitudinales de cellules de la zone de contact ne dépassaient généralement pas quatre quand elles provenaient de *cb* et qu'elles atteignaient un nombre supérieur quand elles étaient issues de *ca*; le raisonnement n'est vrai que si la cellule basale n'est pas primitivement intervenue, en même temps que la cellule apicale, dans l'édification de la région hypocotylée, ce qu'il n'est plus possible de préciser à des stades âgés.

En se basant sur le très grand nombre d'exemples observés, on peut incontestablement affirmer que les *Astragalus* se rattachent au type du *Trifolium*, mais il faut reconnaître que les cellules du suspenseur sont très peu distinctes de celles de l'embryon proprement dit. Étant donné que, dans certaines formes, les éléments de la zone médiane du proembryon apparaissent nettement dérivés de la cellule apicale, que, dans d'autres, au contraire, ils semblent issus de la cellule basale, on peut se demander s'il n'y aurait pas, chez les *Astragalus*, deux sortes d'individus, les uns constitués sans participation de la cellule basale à la construction de l'embryon proprement dit, les autres comportant l'intervention de la cellule basale dans la génération de l'hypophyse. Ces derniers feraient transition avec les formes de *Psoralea* chez lesquelles *cb* intervient assurément dans la construction de l'embryon. Les *Astragalus* appartiendraient ainsi à un type *irrégulier*, rappelant le type *Amarantus* (4) par la coexistence de sujets individuellement réguliers, mais ontogénétiquement différents.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution histologique du point végétatif de* Myosurus minimus *L.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

Le point végétatif de *Myosurus minimus* a la forme d'un disque à peu près plan, relevé sur le pourtour, où se trouve l'anneau initial. L'évolution de ce méristème montre qu'il n'a pas de *corpus* au début du développement. Le *corpus*, qui s'établit par la suite, est une *production de l'assise interne de la tunica*.

Dans de précédentes Notes (1) nous avons décrit les grands traits de l'évolution cytologique de deux types de points végétatifs, celui de *Cheiranthus cheiri*, en dôme très surbaissé, et celui de *Lupinus albus*, volumineux et très allongé. Le point végétatif de *Myosurus minimus* représente un troisième type, en forme de plateau, ou de cuvette. Il montre, sous une forme particulièrement schématique, des faits qui paraissent encore méconnus.

Nous commencerons l'étude de ce méristème au moment de la germination. Entre les cotylédons qui s'épanouissent, l'axe de la plante, minuscule, se termine par une petite aire méristématique plane (*fig.* 2). L'aire apicale comporte alors deux assises cellulaires bien nettes, correspondant à la «*tunica*» des auteurs (T). Toutefois, de fréquentes divisions périclines se produisent dans l'assise sous-superficielle (*a. s. e.*).

Au contraire, l'assise superficielle (*a.e.*) ne subit que des cloisonnements

(4) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*. 2e fasc., *Partie générale. Essai d'un système embryogénique*, Paris, 1939, p. 30.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1968-2320; 231, 1950, p. 66.

anticlines. C'est la seule assise de ce méristème qui forme vraiment un feuillet indépendant. Elle est en continuité avec l'épiderme et ne fournit rien d'autre. Nous pensons donc qu'elle doit être appelée *épiderme* et non *assise dermatogène*, terme qui doit être réservé à des productions radiculaires.

Immédiatement au-dessous de la *tunica* se trouvent des cellules à grande vacuole, disposées en files longitudinales. Elles correspondent au « méristème médullaire » décrit chez *Cheiranthus* et chez *Lupinus* (M. *m.*).

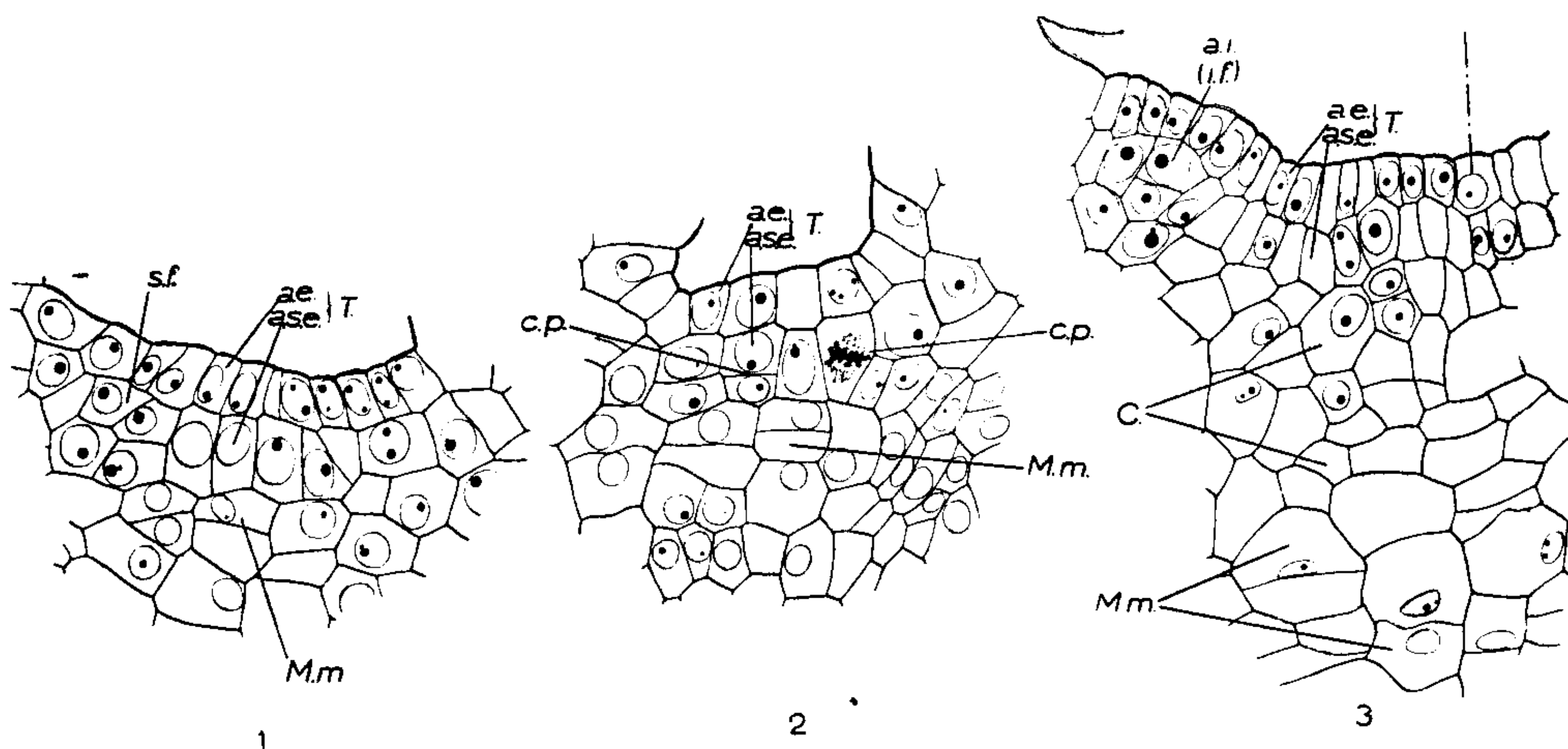



Fig. 1 et 2. — Coupes axiales de points végétatifs de *M. minimus* au moment de la germination. (Pas de *corpus*.)

Fig. 3. — Demi-coupe axiale d'un apex de plante plus âgée. (*Corpus* différencié.)

*T*, *tunica*; *C*, *corpus*; *Mm*, méristème médullaire; *a. i.*, anneau initial avec initium foliaire (*i. f.*); *a. e.*, assise épidermique; *a. s. e.*, assise sous-épidermique; *c. p.*, cloisonnements périclines de l'assise sous-épidermique; *s. f.*, soubassement foliaire.

Le point végétatif très jeune est donc *dépourvu de corpus, ce dernier naît peu à peu, au début du développement, de cloisonnements périclines qui dédoublent l'assise interne de la* tunica, *dans une aire centrale très restreinte*. (*fig.* 2, *c. p.*). Ce processus, qui ne semble pas avoir encore été décrit, trouve son importance dans l'évolution du point végétatif en méristème floral.

Les primordiums foliaires naissent successivement sur le pourtour du disque apical. Les cloisonnements périclines de l'assise sous-épidermique se font plus nombreux aux points où s'édifie le soubassement (*fig.* 1, *s. f.*) sur lequel naîtra le primordium. Ceci est conforme aux résultats de nombreux auteurs. De l'activité marginale du disque méristématique résulte l'édification d'un bourrelet annulaire, qui relève légèrement le pourtour du méristème et lui donne l'aspect en cuvette évoqué ci-dessus. Les bords de cette cuvette sont constitués par l'*anneau initial* (*fig.* 3, *a. i.*) dans lequel naissent les feuilles successives. Il est lui-même entouré d'un manchon continu formé par les bases des feuilles les plus anciennes.

Un autre fait, sur lequel nous insistons, est que le méristème tunical repose sur un *plateau continu de cellules vacuolaires*. Il n'y a pas au début, de prodesmogène, ni de procambium, reliant les primordiums foliaires aux tissus conducteurs de la tige.

Le procambium des jeunes feuilles provient du méristème de l'ébauche foliaire elle-même, donc, en fin de compte, de l'assise sous-épidermique. Mais le raccordement du cordon procambial foliaire avec les tissus conducteurs de la tige se fait aux dépens des cellules à grandes vacuoles, sous-jacentes, situées sur le pourtour du « méristème médullaire ». Ces cellules se divisent de manière à prolonger le procambium foliaire. Il se forme donc dans cette région un procambium en quelque sorte « secondaire ». Ce fait a été remarqué par Lawalrée ([2]) dans l'inflorescence des Composées.

Au cours de la croissance végétative de la plante, le disque apical s'agrandit lentement, par cloisonnements anticlines des deux assises tunicales, et des cellules sous-jacentes du *corpus* (*fig.* 3, C). Les grandes cellules vacuolaires du « méristème médullaire » subissent quelques cloisonnements perpendiculaires à l'axe, ce qui donne un aspect de cambium à ce méristème. Vers le *corpus*, étiré par l'élargissement du disque apical, elles montrent également des cloisons parallèles à l'axe. Toutefois, dans cette plante « en rosette », la tige reste courte, et les productions du méristème médullaire sont réduites.

A la fin de la période de croissance végétative, le méristème apical se compose d'une tunique plane, en forme de disque, relevée sur les bords par un anneau initial d'où naissent, penchés vers l'axe de la tige, des primordiums et des ébauches foliaires. La *tunica* possède deux assises; au-dessous d'elle s'est établie une troisième assise qui constitue le *corpus*, et est *née de l'assise tunicale interne*. L'assise du *corpus* se dédouble partiellement et fournit des cellules analogues à celles du méristème médullaire. Ce dernier, d'aspect cambial mais peu fonctionnel, se trouve immédiatement au-dessous du *corpus*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'étude biochimique comparée de quelques Caprifoliacées*. Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En 1907, Russel a décelé le syringoside par réaction microchimique chez plusieurs Oléacées (*Fraxinus*, *Olea*, *Forsythia*, *Liniocera*, *Phillyrea*) ([1]). Ce travail est mentionné par Czapek dans sa *Biochemie der Pflanzen* avec référence exacte, mais le genre *Liniocera* y est remplacé par *Lonicera* qui

([2]) *La cellule*, 52, 1948, p. 271-281.

([1]) W. Russel, *Bull. Assoc. Fr. pour l'Av. des Sciences*, 36e Session, Reims, 1907, p. 520.

est attribué à la famille des Caprifoliacées. La ressemblance orthographique des deux genres a sans doute provoqué cette confusion, recopiée plus tard par d'autres auteurs (Klein). Or, coïncidence remarquable, j'ai rencontré le syringoside dans les écorces d'un *Lonicera*; ce résultat m'a incité à examiner d'autres *Lonicera*, puis d'autres genres de Caprifoliacées, pour effectuer dans cette famille une étude analogue à celle qui a été faite sur les Oléacées, à savoir la recherche des itols, du saccharose et des hétérosides. Les méthodes utilisées sont restées les mêmes que dans mes précédentes études ([2]).

J'ai examiné séparément les écorces et feuilles des espèces suivantes : *Sambucus nigra* L., *Viburnum Tinus* L., *V. Lantana* L., *V. rhytidophyllum* Hemsl., *V. Lentago* L., *V. Opulus* L.; *Symphoricarpos racemosus* Michx.; *Dipelta floribunda* Maxim.; *Abelia chinensis* R. Br.; *Kolkwitzia amabilis* Græbn.; *Weigela coræensis* Thunb. (*Diervilla coræensis* D. C.); *Leycesteria formosa* Wall.; *Lonicera* sous-genre *Chamæcerasus* L. : *L. myrtilloides* Purpus, L. *thibetica* Bur. et Franch., *L. spinosa* Walp. var. *Alberti* Rehd., *L. nitida* Wils., *L. Standishii* Jacq., *L. fragrantissima* Lindl. et Paxt., *L. pyrenaica* L., *L. involucrata* Banks, *L. alpigena* L., *L. tatarica* L. var. *sibirica* Pers., var. *lutea* Loud., *L. Xylosteum* L., *L. Ruprechtiana* Reg., *L. Maackii* Maxim., *L. quinquelocularis* Hardw., *L. arborea* Boiss., *L. Henryi* Hemsl., *L. Giraldii* Rehd., *L. confusa* D. C., *L. japonica* Thunb. var *Halliana* Nichols. Sous-genre *Periclymenum* L. : *L. sempervirens* L., *L. flava* Sims, *L. Caprifolium* L., *L. Periclymenum* L. A ma connaissance, les *Dipelta*, *Abelia*, *Kolkwitzia*, *Leycesteria* et la plupart des *Lonicera* précédents n'avaient fait l'objet jusqu'à maintenant d'aucun travail biochimique.

Les itols semblent rares chez les Caprifoliacées : seules, les feuilles de *Viburnum rhytidophyllum* ont fourni une faible quantité de mannitol, identifié par sa forme cristalline, ses solubilités, son point de fusion et celui du mélange avec du mannitol de référence. Par contre, le saccharose partout abondant a été isolé sans difficulté, à l'état cristallisé, des écorces et feuilles des 36 plantes examinées : il a été identifié par son point de fusion, sa caramélisation et son hydrolyse sucrasique.

La méthode biochimique de Bourquelot a révélé la présence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine dans toutes les Caprifoliacées : les *Sambucus* et *Kolkwitzia* sont les plus pauvres, les *Lonicera* sont les plus riches (parfois plus d'une partie de sucre réducteur formé pour cent de plante fraîche). Les indices de réduction obtenus sur les extraits acétoniques déféqués sont presque tous compris entre 120 et 250; ils indiquent des hétérosides très lévogyres. Souvent plus élevés avec les écorces qu'avec les feuilles, ils différencient la composition de ces deux organes. Ils correspondent d'ailleurs

([2]) V. Plouvier, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 604.

à des mélanges. Des indices comparables avaient déjà été signalés par Béguin dans son étude des variations hétérosidiques chez les *Lonicera alpigena*, *L. nigra*, *L. Xylosteum* ([3]).

Dans la série des espèces examinées, l'acide cyanhydrique a seulement été rencontré chez *Sambucus nigra* (feuilles). Les *Viburnum* ont été remarqués par le brunissement de leurs liqueurs d'essais (hétéroside à aglycon oxydable ?) et l'odeur d'acide valérianique. Une fluorescence bleue observée dans l'ultraviolet avec les *Symphoricarpos*, *Dipelta*, *Weigela*, *Leycesteria* et quelques *Lonicera* fait penser aux hétérosides du groupe de l'æsculoside.

Le syringoside a été isolé à l'état cristallisé des écorces de *Lonicera thibetica* (février), *L. tatarica sibirica* (avril, août) et *lutea* (janvier), *L. Ruprechtiana* (février), *L. arborea* (février). Les feuilles de ces mêmes espèces n'en ont pas fourni. Il a été identifié par ses solubilités, son point de fusion, ses réactions de coloration avec $SO_4H_2$ (bleue) et $NO_3H$ (rouge). Pour les écorces de *L. myrtilloides* et *L. pyrenaica*, l'extrait acétonique déféqué adonné, avec $SO_4H_2$ une coloration bleue mêlée de rouge : la présence du même hétéroside y est donc vraisemblable. Dans les autres essais, les colorations observées ont été parfois rose-violacé, plus souvent rouges ou brunes. Le syringoside est donc moins répandu chez les Caprifoliacées que chez les Oléacées.

Un autre hétéroside a été isolé des écorces de *Lonicera japonica Halliana*, *L. sempervirens*, *L. flava*, *L. Caprifolium*, *L. Periclymenum* (les feuilles n'en ont pas fourni). Il cristallise en prismes fondant à 220° et ne donne aucune coloration avec $SO_4H_2$; il est lévogyre, hydrolysable par l'émulsine. Je poursuis son étude.

En résumé, les substances suivantes ont été isolées à l'état pur : le saccharose de toutes les Caprifoliacées étudiées, le mannitol de *Viburnum rhytidophyllum*, le syringoside de quatre espèces de *Lonicera* appartenant au sous-genre *Chamæcerasus*, un autre hétéroside non identifié de cinq espèces de *Lonicera* dont quatre appartiennent au sous-genre *Periclymenum*. Le mannitol et le syringoside n'avaient pas encore été rencontrés chez les Caprifoliacées.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'existence d'un système directement excitable dans l'organe électrique de l'*Electrophorus electricus *L.* Note (*) de M^me^ **Denise Albe-Fessard**, MM. **Carlos Chagas** et **Hiss Martins-Ferreira**, présentée par M. Robert Courrier.

L'hypothèse que le tissu des organes électriques des différents poissons

([3]) Ch. Béguin, *Pharm. Acta Helv.*, 9, 1934, p. 233; 10, 1935, p. 109; 11, 1936, p. 208 et 361; 13, 1938, p. 77.

(*) Séance du 26 février 1951.

contient un effecteur directement excitable a été mise en doute après que les expériences de Fessard et Pézard (¹) eurent montré, chez la Torpille, que la dégénérescence des nerfs faisait disparaître toute excitabilité électrique. De plus, Auger et Fessard (²) observèrent que chez ce même poisson, les réponses aux stimulations directes aussi bien qu'indirectes pouvaient être abolies par l'action du curare.

Chez le Gymnote (*Electrophorus electricus*) par contre, des expériences récentes réalisées à l'Institut de Biophysique de Rio de Janeiro ont prouvé l'existence d'une excitabilité directe du tissu électrique de ce poisson. Les arguments qui permettent d'arriver à cette conclusion sont fondés sur la mise en évidence d'une dualité de réponse. On constate, en effet, que la stimulation électrique d'un fragment d'organe provoque une réponse double quand le courant stimulant, traversant les électroplaxes dans le sens antéro-postérieur, est d'intensité suffisante. Le délai, extrêmement court, d'apparition de la première réponse, est de l'ordre de 100 microsecondes et cette réponse correspond à une excitabilité électrique de caractère unidirectionnel, la fermeture d'un courant postéro-antérieur étant incapable d'en provoquer l'apparition (³). La seconde réponse se présente après une latence d'environ 1,5 milliseconde, et on l'obtient quelle que soit la direction du courant stimulant.

Nous admettons que la première réponse est le résultat de la stimulation directe du système effecteur existant dans l'organe électrique, et que la seconde réponse est celle produite par l'intermédiaire de la stimulation des terminaisons nerveuses les plus périphériques. De nouvelles données électrophysiologiques et pharmacologiques sont venues confirmer cette manière de voir :

1° Le seuil et les constantes de temps d'excitation sont différents pour les deux réponses (intensité environ trois fois plus élevée pour la réponse indirecte et temps utile plus long pour cette dernière);

2° La réponse par voie nerveuse est, de beaucoup, plus fatigable que la réponse directe;

3° Le phénomène de facilitation par stimulation répétée, précédemment décrit (³), ne porte que sur la réponse indirecte;

4° Une réponse directe d'ouverture peut être provoquée par la rupture du courant postéro-antérieur;

5° Un refroidissement ménagé fait disparaître réversiblement la réponse indirecte, en ne modifiant que légèrement la réponse directe;

---

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 525.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 76.
(³) D. Albe-Fessard, C. Chagas, A. Couceiro et A. Fessard, *J. Neurophysiol*, 1951 (sous-presse).

6° La perfusion avec des solutions de liquide physiologique contenant des concentrations variables en ions K, Ca, Mg, montre qu'à l'inverse de la réponse indirecte, la réponse directe est peu sensible aux variations de composition du liquide perfusant;

7° La perfusion de tranches d'organe avec des solutions curarisantes (chlorure de Bébérine, à 0,2 %) abolit la réponse par voie nerveuse sans pratiquement modifier l'amplitude de la réponse directe.

*Conclusion.* — Ces diverses possibilités de différencier les deux réponses à la stimulation électrique appliquée aux fragments d'organe, chez *Electrophorus electricus*, apportent de solides arguments en faveur de l'existence chez cet animal d'un effecteur directement excitable. Il conviendra d'étayer plus solidement encore cette démonstration par l'étude des réponses de régions d'organe à nerfs dégénérés. Seul le temps très long nécessaire pour aboutir à la dégénérescence complète nous a empêchés jusqu'ici d'obtenir ces résultats définitifs, mais les effets partiels déjà observés dans ce sens par nos collaborateurs sont très encourageants.

PHYSIOLOGIE. — *L'acide pyruvique et le métabolisme de l'alcool éthylique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Déjà nous avions établi que l'acétaldéhyde ne peut être retenue comme produit intermédiaire responsable des accidents liés à l'action du tétraéthylthiuram disulfure (T. T. D.) sur le métabolisme de l'alcool éthylique. L'action expérimentale de l'acétaldéhyde sur le Lapin ne se trouve, en effet, nullement influencée par l'association nicotinamide-adénine, alors que l'action couplée du T. T. D. et de l'alcool éthylique est au contraire neutralisée par ces deux constituants du coenzyme [1]. En confirmation de son expériences, quoique indépendamment, d'autres auteurs ont montré que les accidents causés par l'alcool éthylique et le T. T. D. peuvent être prévenus par l'injection de sels ferreux et d'acide ascorbique, sans que les taux d'acétaldéhyde soient pour cela modifiés [2]. Dans de telles conditions, on était en droit de se demander quel produit intermédiaire du métabolisme de l'alcool éthylique intervenait dans ces réactions ? Nous avons pensé que ce pouvait être le méthylglyoxal ou l'acide pyruvique.

Dans la fermentation alcoolique, sous la double action du coenzyme et de la carboxylase, on assiste, comme on sait, à la production de méthylglyoxal, d'acide pyruvique, d'acétaldéhyde et d'alcool. Toute activité enzymatique pouvant aussi s'exercer en sens inverse (réversibilité mise en évidence par Bourquelot), on peut penser que le métabolisme

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 852.

(2) D. Lester et L. A. Greenberg, *Quart. Journ. Stud. Alcohol*, 11, 1950, p. 397.

de l'alcool aboutit (au moins quand il est en partie entravé) à la production d'acide pyruvique ou de méthylglyoxal. Nous avons toujours été surpris de voir que la transformation de l'acétaldéhyde en acide pyruvique n'est jamais admise, alors que la réaction inverse est toujours retenue.

Partant de cette hypothèse, nous avons tout d'abord essayé de préparer par synthèse des solutions de méthylglyoxal; mais il est difficile d'en déterminer la concentration et d'en assurer la pureté et la stabilité. Cependant, nous avons injecté très largement les solutions obtenues par voie intraveineuse à des lapins, sans jamais obtenir de réactions nettes. Nous avons alors pensé à utiliser le pyruvate de sodium, sel bien défini, de purification aisée.

En premier lieu, nous avons cherché quelle dose de ce pyruvate de sodium entraîne chez le Lapin de 2 à $3^{kg}$, soumis à une alimentation variée, des manifestations typiques et mortelles. La dose de $0^{g},20$ nous a paru la plus convenable : $0^{g},10$, injecté par voie intraveineuse ne donne que des réactions atténuées, jamais suivies de mort; avec $0^{g},20$ au contraire, d'abord l'animal se gratte le nez, semble perdre le contrôle de lui-même, s'agite, bondit, fuit la lumière et le bruit, puis tombe sur le côté; on assiste ensuite à une crise épileptiforme avec troubles moteurs toniques et cloniques, aboutissant à la mort en 4 et 5 minutes. Avec une dose de $0^{g},25$, la crise mortelle survient plus vite, sans que parfois les manifestations initiales aient le temps de se développer.

Restait à prouver que l'association nicotinamide-adénine (vitamines $B_3$ et $B_4$) qui préside au métabolisme de l'alcool éthylique ([3]) peut prévenir ces accidents. Nous y sommes parvenus, de la meilleure façon, en injectant, préalablement à $0^{g},25$ de pyruvate de sodium : une demi-heure avant par voie intramusculaire $15^{mg}$ de nicotinamide et $25^{mg}$ d'adénine, puis 2 minutes avant et par voie intraveineuse les mêmes quantités de nicotinamide et d'adénine. Ayant reçu ces deux injections, le lapin n'apparaît plus sensible à l'injection intraveineuse de pyruvate, cette substance étant alors rapidement métabolisée.

Une seule injection intraveineuse de nicotinamide-adénine faite 2 minutes avant, une seule injection intramusculaire de nicotinamide-adénine faite une demi-heure avant l'injection intraveineuse de pyruvate ne peuvent suffire à protéger l'animal, qui meurt dans les 3 à 5 minutes suivantes. Toutefois, si ayant pratiqué seulement l'injection intramusculaire préalable, on profite du court délai qui précède la mort provoquée par le pyruvate pour faire une injection intraveineuse de nicotinamide-adénine, l'animal sort de sa crise, se redresse et recouvre bientôt la santé.

L'intoxication pyruvique réalisée dans les précédentes conditions est à

---

([3]) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 414.

rapprocher de l'intoxication pyruvico-lactique qui est à l'origine des crises polynévritiques dues à une avitaminose B (globale ou partielle) ou à un déséquilibre glucidique. Elle paraît être la cause des perturbations organiques dues à une métabolisation incomplète de l'alcool éthylique, parce qu'elle s'accompagne de manifestations d'acidose, se complique parfois de manifestations polynévritiques et se trouve prévenue ou corrigée par l'intervention opportune de l'association nicotinamide-adénine. Il semble même que l'intoxication pyruvique doive être retenue comme responsable des troubles délirants chez les alcooliques, ces troubles régressant parallèlement à l'acidose ([4]), et qu'elle puisse intervenir comme facteur déclenchant d'autres délires.

*Conclusions.* — Il existe, parmi les produits intermédiaires du métabolisme de l'alcool éthylique, au moins une substance que crée chez les alcooliques chroniques une intoxication grave, d'ordinaire accompagnée de manifestations d'acidose et dont les effets peuvent être inhibés par injection opportune de l'association nicotinamide-adénine. L'acétaldéhyde ne peut être identifiée avec cette substance.

Il semble, au contraire, que l'acide pyruvique doive être retenu comme le produit responsable de cette intoxication; c'est, en effet, un produit habituel du métabolisme glucidique et de la fermentation alcoolique, producteur d'acidose, dont l'action des doses mortelles peut être entièrement neutralisée par l'association nicotinamide-adénine convenablement utilisée. L'intoxication pyruvique semble également responsable du déclenchement de certaines manifestations délirantes.

PHYSIOLOGIE. — *Le dosage biologique de la vitamine* D *au moyen d'un nouveau critère, simple et objectif.* Note (*) de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

Les critères couramment employés pour le dosage biologique de la vitamine D reposent sur l'évaluation du degré de calcification des os, évaluation faite subjectivement par l'examen de radiographies ou de coupes d'os, ou objectivement par pesée des cendres d'os. Pour chacun de ces critères, la courbe représentant la réponse des animaux à des doses croissantes de vitamine D est logarithmique ([1]).

---

([4]) L. Bruel et R. Lecoq, *Presse méd.*, 49, 1941, p. 430.

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Voir* K. H. Coward, *The biological standardisation of the vitamins*, Londres, 1947, p. 106-141; L. Randoin et P. Fournier, *Ann. Nutr. et Alim.*, 4, 1950, p. 107-140.

Nous avons montré, en collaboration avec L. Randoin et H. Susbielle ([2]), que le taux de l'absorption intestinale du Ca est, de façon constante, abaissé au cours du rachitisme expérimental du Rat. Pour le régime choisi, l'excrétion fécale de Ca est trois fois plus grande chez les animaux privés de vitamine D, que chez ceux qui reçoivent la vitamine à dose convenable. Par contre, la vitamine D n'influe pas de façon significative sur les quantités de Ca éliminées par l'urine. Ces faits nous ont conduit à penser que le taux de l'excrétion fécale de Ca pouvait servir pour doser la vitamine D. On objectera que ce critère n'est pas spécifique, la vitamine intervenant essentiellement dans la calcification. Mais nous pensons que cette précipitation calcique dans les os commande, de façon très précise, le taux de l'absorption de Ca. Puisque le premier critère est utilisé avec succès, le second doit être utilisable.

La valeur du critère fondé sur l'excrétion fécale de Ca dépend de son mode d'évaluation. Il faut s'efforcer de rendre ce critère indépendant d'irrégularités dans l'émission des fèces. C'est pourquoi le Ca fécal ne sera pas déterminé en valeur absolue, mais, conformément à la méthode que nous avons décrite précédemment ([3]), par rapport à une matière inerte ajoutée au régime, l'oxyde de titane. C'est la valeur du rapport fécal $Ca/O_2Ti$ que nous utiliserons pour le dosage biologique de la vitamine D.

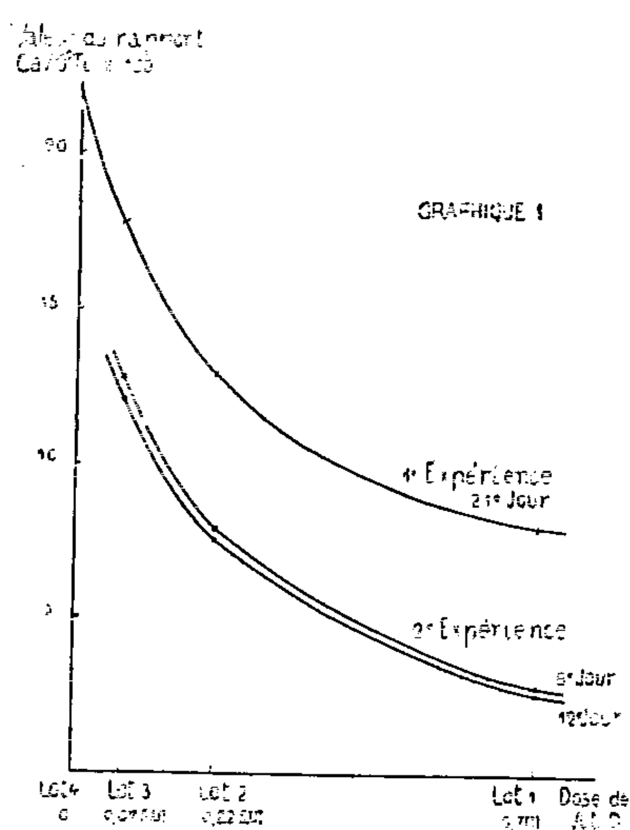
TECHNIQUE. — *Première expérience.* — De jeunes rats sont répartis en quatre lots de six animaux : lots 1, 2, 3, 4. Les conditions expérimentales ont été décrites antérieurement ([2]). La composition centésimale du régime est la suivante : peptone Chapoteaut, 17; huile d'olive, 10; amidon, 65; mélange salin Z84 de Pappenheimer, 4; lactate de Ca, 2; $O_2Ti$, 1; mélange vitaminique, 1 ([4]). Chaque jour on administre à tous les rats 5 U. I. de vitamine A. Dans ce régime, le rapport $Ca/P = 11$ et le rapport $Ca/O_2Ti = 0,55$. Les animaux du lot 4 ne reçoivent pas de vitamine D ; ceux des autres lots en reçoivent chaque jour respectivement : 0,075 U. I. pour le lot 3; 0,225 U. I. pour le lot 2; 0,75 U. I. pour le lot 1. Tous les quatre jours, les urines et les fèces de 24 heures sont recueillies et analysées.

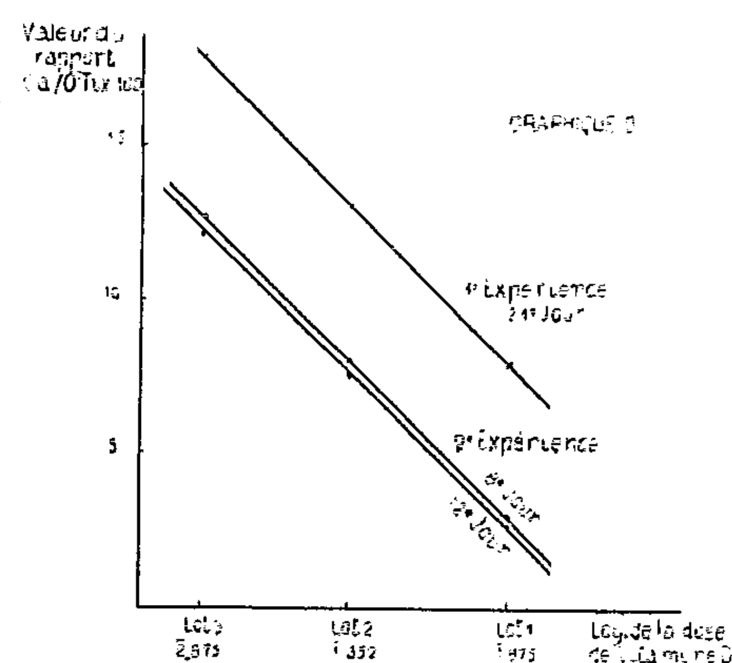
*Deuxième expérience.* — Le régime employé diffère du précédent par le remplacement du lactate de Ca par un poids égal d'amidon. Dans ce régime, le rapport $Ca/P = 6$ et le rapport $Ca/O_2Ti = 0,3$. Les conditions expérimentales sont celles de l'expérience précédente, mais le lot 4 est supprimé.

RÉSULTATS. — L'excrétion urinaire de Ca, variable d'un Rat à un autre et, pour un même Rat, d'un jour à l'autre, est, en moyenne, pratiquement la

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 553.
(3) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1343-1345.
(4) F. FOURNIER, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1556-1558.

même pour tous les lots. A partir du quinzième jour pour la première expérience, *dès le huitième jour* pour la seconde, on constate que l'excrétion fécale de Ca est fonction de la dose de vitamine D donnée. Le graphique 1 indique les variations moyennes du rapport $Ca/O_2Ti$ fécal en fonction des quantités de vitamine administrées. Les courbes obtenues ont une allure logarithmique. Le graphique 2 représente les variations de $Ca/O_2Ti$ fécal en fonction du logarithme de la dose de vitamine donnée. On obtient des droites, qui, pour les deux expériences décrites, sont sensiblement parallèles.




*Conclusions.* — Le taux de l'excrétion fécale de Ca, est un critère utilisable pour le dosage biologique de la vitamine D. La courbe des variations de l'excrétion fécale de Ca en fonction des doses de vitamine administrées est logarithmique. Avec un régime approprié, ce critère fournit des résultats quantitatifs dès le huitième jour d'expérience. La réponse quantitative des animaux est donc beaucoup plus précoce que pour les autres critères généralement employés. De plus, ce critère a le mérite d'être simple, objectif; il n'est pas subordonné au sacrifice des animaux, ensemble de qualités qu'aucun des autres critères utilisés ne possède complètement. Sa précision semble très satisfaisante, mais seule une étude statistique des résultats fournis par un grand nombre d'animaux permettrait de savoir si la nouvelle méthode proposée est plus précise que les autres.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Augmentation du nombre des labrocytes dans les organes hématopoiétiques de la Souris après irradiation par les rayons X.* Note de M^lle **Lucie Arvy**, MM. **Jacques-André Boiffard** et **Manfred Gabe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'irradiation par des doses élevées de rayons X détermine, chez la Souris albinos, une augmentation importante du nombre des labrocytes dans la médullaire des ganglions lymphatiques et dans la moelle osseuse; la médullaire thymique, normalement dépourvue de labrocytes, en contient un grand nombre chez les animaux irradiés.

Depuis le Mémoire fondamental de Heinecke (¹), de nombreux travaux ont enrichi nos connaissances sur les lésions des organes hématopoiétiques que déterminent les rayons X (²), mais la plupart des recherches histologiques relatives à cette question n'apportent que des notions topographiques.

L'étude de la répartition des activités phosphatasiques alcalines dans les organes de souris albinos ♂, ayant subi une irradiation totale par une dose élevée de rayons X (2 000 r, générateur fonctionnant sous 190 kV et 18 mA, filtration par 1$^{mm}$ de Cu et 2$^{mm}$ d'Al) (³), nous a fourni l'occasion d'examiner, au moyen de techniques cytologiques et histochimiques diverses, les organes hématopoiétiques de ces animaux et nous avons remarqué d'emblée une augmentation du nombre d'éléments que les particularités morphologiques et histochimiques permettent d'identifier aux labrocytes (héparinocytes, basophiles tissulaires).

Chez les souris normales de notre élevage, le nombre des labrocytes dans les divers organes est nettement moindre que chez le Rat. La moelle osseuse en contient très peu; la médullaire thymique en est toujours dépourvue et l'on ne trouve que de rares labrocytes dans le tissu conjonctif sous-cutané et péri-viscéral.

Dès la 3$^{e}$ heure qui suit l'irradiation, au moment où l'examen histologique du thymus et des organes hématopoiétiques montre les premières pycnoses nucléaires, on est frappé par la présence, dans la médullaire des ganglions lymphatiques, d'un nombre appréciable de cellules rondes ou ovalaires, mesurant en moyenne 15$^{\mu}$ de diamètre, pourvues d'un noyau rond et central; le cytoplasme de ces éléments est rempli de granulations qui donnent intensément la réaction métachromatique du bleu de tolui-

(¹) *Münch. med. Wschr.*, **50**, 1903, p. 2090.

(²) Bibliographie *in* A. Lacassagne et G. Gricouroff, *Action des radiations sur les tissus*, Paris, 1941.

(³) L. Arvy, J. A. Boiffard et M. Gabe, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1947, p. 233.

dine. Vers la 7^e heure, des labrocytes apparaissent dans la médullaire thymique. La moelle osseuse en contient un nombre très supérieur à la normale; il existe des labrocytes dans les follicules lymphoïdes de l'intestin et dans les corpuscules de Malpighi de la rate; ces organes montrent, par ailleurs, la réaction pycnotique bien connue.

Cette première réaction est passagère. Vers la 24^e heure, au moment où le thymus montre l'aspect d' « inversion » classique, les labrocytes ont disparu de la médullaire; les ganglions lymphatiques n'en contiennent que très peu et l'on n'en rencontre plus dans les formations lymphoïdes de l'intestin et de la rate.

Une deuxième poussée de labrocytes, bien plus importante, survient vers la 60^e heure qui suit l'irradiation. Le thymus et les ganglions lymphatiques, qui sont le siège d'une raréfaction considérable des éléments lymphoïdes et d'une hyperplasie réticulaire importante, contiennent de nombreux labrocytes. On en rencontre également dans les plaques de Peyer de l'intestin, mais la moelle osseuse ne participe pas à cette deuxième réaction.

Les labrocytes restent abondants jusqu'à la mort des animaux, qui se produit, dans nos conditions expérimentales, vers la 70^e heure.

Quant aux particularités morphologiques des labrocytes, certains d'entre eux sont remplis de granulations métachromatiques; d'autres en sont bien plus pauvres et les aspects suggèrent l'hypothèse d'une élimination accrue du produit de sécrétion. La réaction de Gomori démontre la richesse des labrocytes en phosphatase alcaline; ce fait est en accord avec les constatations de Montagna et Noback ([4]).

La réaction décrite ci-dessus diffère de l'augmentation numérique des labrocytes, signalée au cours de l'hypothyroïdie ([5]), ([6]) par sa localisation à peu près exclusive aux organes hématopoiétiques. En effet, la prostate et les vésicules séminales, les glandes préputiales, le mésentère, le tissu conjonctif sous-cutané et les gaines conjonctives des différents viscères montrent, chez les souris irradiées, une teneur en labrocytes comparable à celle des tissus normaux. Par contre, l'augmentation de ces éléments qui suit l'administration d'une dose diabétogène d'alloxane ([7]) est également limitée aux organes hématopoiétiques.

Cette augmentation des labrocytes dans les organes hématopoiétiques des souris irradiées par les rayons X pourrait relever soit d'une action directe du rayonnement, soit du « syndrome général d'adaptation ». Les études histologiques relatives à la « réaction d'alarme » ([8]) ne signalent

([4]) *Anat. Rec.*, **100**, 1948, p. 535.
([5]) L. Arvy et M. Gabe, *Experientia*, **6**, 1950, p. 23.
([6]) G. Asboe-Hansen, *Bull. Histol. appl.*, **27**, 1950, p. 5.
([7]) L. Arvy et M. Gabe, *Rev. d'Hématologie*, **4**, 1949, p. 519.
([8]) Bibliographie *in* H. Selye, *Ann. d'Endocrinologie*, **7**, 1946, p. 289.

cependant aucune augmentation des labrocytes. Dans ces conditions, l'interprétation définitive du phénomène que nous venons de signaler nécessite des expériences complémentaires.

HISTOCHIMIE. — *Modifications histochimiques du foie au cours de l'avitaminose* E. Note de M^me **Marie-Louise Chevrel**, MM. **Maurice Beltan** et **Marcel Cormier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'avitaminose E détermine, aux stades ultimes de la carence, une stéatose à prédominance centro-lobulaire. La teneur en glycogène est diminuée; les régions en stéatose sont pauvres en ribonucléines. Les endothélia de la zone centro-lobulaire et les canalicules biliaires de la zone périportale sont le siège d'une activité phosphatasique alcaline; cette localisation confère aux coupes traitées suivant la technique de Gomori un aspect tacheté.

Parmi les lésions décrites au cours de l'avitaminose E, la seule notion relative à l'histochimie du foie est celle d'une dégénérescence graisseuse. L'examen histologique de cet organe, chez des lapins carencés au moyen du régime B. R. d'Evans et parvenus aux stades ultimes de l'avitaminose, nous a permis d'obtenir des précisions relatives au glycogène, aux ribonucléines et aux phosphatases alcalines.

La mise en évidence du glycogène au moyen de la gomme iodée et du carmin de Best montre une diminution nette par rapport aux animaux témoins. Les cellules des zones intermédiaire et centro-lobulaire sont les plus riches en glycogène.

L'examen des préparations colorées suivant les méthodes topographiques montre des pertes de substance au sein du cytoplasme des cellules hépatiques. Les colorations au noir Soudane B prouvent qu'il s'agit d'une stéatose à prédominance centro-lobulaire nette. Les inclusions lipidiques sont ciaccio-négatives.

Les régions centro-lobulaires sont pauvres en ribonucléines; l'abondance des blocs pyroninophiles cytoplasmiques y est nettement moindre que dans les autres régions du lobule.

La réaction de Gomori met en évidence une activité phosphatasique alcaline intense au niveau de l'endothélium des veines centro-lobulaires et des sinusoïdes avoisinants. D'autre part, les canalicules biliaires intercellulaires de la zone périportale et de la partie externe de la région intermédiaire sont colorés en noir intense. La comparaison avec les coupes témoins démontre qu'il s'agit bien d'une activité phosphatasique et la mise en évidence simultanée des activités phosphatasiques et du fer ionique (¹) permet d'éliminer la présence de ce dernier métal.

(¹) L. Arvy et M. Gabe, *Bull. Histol. appl.*, **26**, 1949, p. 189.

Les coupes de foie traitées par la réaction de Gomori ont un aspect tacheté qui rappelle celui qui a été décrit par L. Arvy et M. Gabe ([2]) au niveau du foie de certains Sauropsidés. La localisation des activités phosphatasiques est toutefois très différente dans les deux cas, puisque le maximum d'activité phosphatasique se situe, chez les Oiseaux étudiés à cet égard, dans la zone centro-lobulaire.

D'autre part, Kritzler et Beaubien ([3]) décrivent, chez le Chien rendu ictérique par ligature du canal cholédoque, une activité phosphatasique alcaline des capillaires biliaires; les figures qui illustrent le travail de ces auteurs rappellent de très près nos préparations.

Les particularités histochimiques décrites ci-dessus prouvent l'importance des perturbations fonctionnelles du foie déterminées par l'avitaminose E chez le Lapin.

HISTOCHIMIE. — *Le facteur temps corrélatif à la détection histochimique des glycérophosphatases alcalines.* Note de M. **Harald Moe**, transmise par M. Albert Policard.

Étude critique de la méthode de Gomori pour la phosphatase alcaline. Importance considérable de la durée d'incubation. Des phénomènes de diffusion et d'adsorption conditionnent la réaction terminale et rendent très aléatoires les conclusions à en tirer.

En continuation d'une série d'expériences sur la sécrétion duodénale, nous avons essayé de déterminer l'influence possible de variations des temps d'incubation sur les résultats de la réaction bien connue de Gomori.

Le procédé utilisé dans la méthode de Gomori est, brièvement, le suivant : de minces coupes (fixation : alcool; inclusion : paraffine) sont incubées dans un substrat de β-glycérophosphate de sodium, de chlorure de calcium et, comme tampon, de véronal. Après rinçage, les coupes sont placées dans une solution de nitrate de cobalt et, après un nouveau rinçage, transférées dans une solution de sulfure d'ammonium. Le tissu subit ainsi un noircissement qui, d'après l'opinion de Gomori et de plusieurs auteurs, serait localisé dans les cellules, sièges d'une activité phosphatasique alcaline. On a soutenu que, par ce procédé, des ions phosphoriques, libérés par l'action de l'enzyme sur le substrat, seraient adsorbés au lieu d'activité phosphatasique sous forme de phosphate de calcium, et que le phosphate de calcium, au terme suivant, serait transformé en phosphate de cobalt qui, en dernier lieu, serait transformé en sulfure de cobalt, visible dans la préparation sous forme du précipité noir.

Des coupes en série (environ $7\mu$) prélevées sur la membrane muqueuse du

([2]) *Acta neerl. Morphol.* (sous presse).

([3]) *Amer. J. Pathol.*, **25**, 1949, p. 1079.

duodénum de chat et de souris, ont été colorées selon la méthode de Gomori (d'après Glick, *Techniques of Histo- and Cytochemistry*, 1949) en utilisant comme substrat le glycérophosphate de sodium, les seules modifications du procédé décrit par Glick étant la fixation dans l'alcool à 80° et l'utilisation de sulfure d'ammonium incolore au lieu de sulfure d'ammonium jaune.

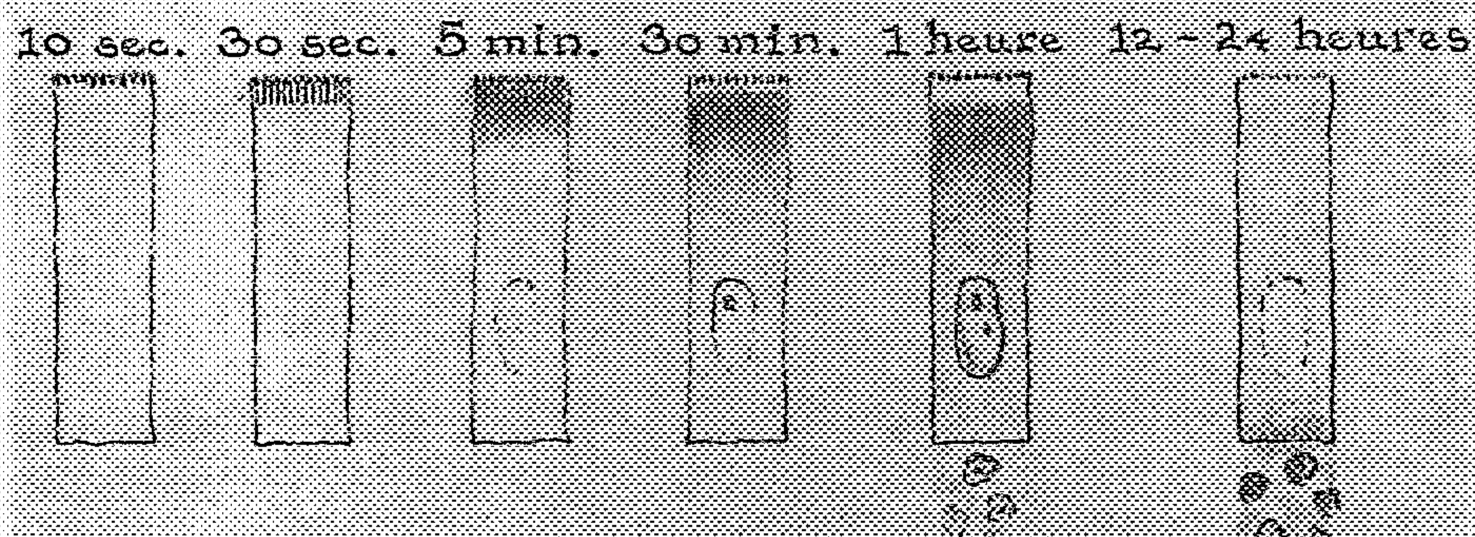



Diagramme montrant la localisation du noircissement au niveau de l'épithélium de la surface de la muqueuse d'intestin grêle de chat après application de la méthode de Gomori (démonstration histochimique de glycérophosphatase alcaline à pH 9,4; temps d'incubation variant de 5 secondes à 24 heures).

Le procédé expérimental a été maintenu à l'état constant à l'exception des temps choisis pour l'incubation des coupes tissulaires. L'incubation varie de 5 secondes à 24 heures. Au niveau de l'épithélium duodénal, la réaction est visible au bout d'environ 5 secondes d'incubation. On voit une série de grains à disposition serrée, localisés à la surface même, chacun terminant les striations cytoplasmiques dont la longueur est d'environ 2$\mu$. Puis, au bout de 10 à 15 secondes d'incubation, la réaction se répand vers la cellule propre, en pénétrant dans la bordure striée même. Un peu plus tard, le noircissement se met à pénétrer dans le cytoplasma apical. A partir de là (environ 30 secondes d'incubation), la bordure striée présente une noirceur homogène et intense. En allongeant encore le temps d'incubation (de 1 minute à 1-2 heures) le noircissement progresse jusqu'à la base de la couche épithéliale sous l'aspect d'un noircissement à répartition presque égale du cytoplasma des cellules épithéliales et, quant aux noyaux, d'un noircissement localisé notamment dans la membrane nucléaire et les nucléoles. En même temps, la bordure striée se fait plus pâle; au bout de 15-30 minutes d'incubation, ce changement est visible sous forme d'une fine raie pâle juste en bas du contour de la surface (sur laquelle des grains noirs s'observent encore). Cette raie pâle s'accroît durant les 30-60 minutes suivantes, jusqu'à ce que toute la bordure striée soit incolore. L'ensemble de la bordure striée est complètement incolore dans les coupes tissulaires incubées pendant 3-24 heures.

Après 30 minutes à 1 heure d'incubation, le tissu conjonctif situé sous les

cellules épithéliales, commence également à faire apparaître le noircissement. Celui-ci s'intensifie progressivement, tandis que la noirceur des cellules épithéliales commence à disparaître; au bout de 6 à 12 heures d'incubation, les deux tissus, épithélial et conjonctif, sont noircis presqu'au même degré. Au bout de 24 heures d'incubation, le tissu conjonctif présente un noircissement sensiblement plus intense que la couche épithéliale.

Il faut souligner que, après une incubation prolongée, les parties cellulaires qui, après des périodes d'incubation très courtes, manifestaient un noircissement très intense, ne présentèrent plus le moindre signe d'activité. Des observations similaires ont été faites sur l'épithélium intestinal de la Souris, où la zone de Golgi marque une réaction qui pourrait être spécifique au bout de périodes d'incubation courtes, tandis que, après incubation prolongée, on ne se trouve en présence d'aucune réaction distincte dans cette zone.

Toutes ces expériences sont nettement et uniformément reproductibles. Certains auteurs précédents ont signalé le problème de diffusion et d'adsorption comme un facteur troublant dans la réaction histochimique de la phosphatase alcaline. Les observations présentées dans cette communication préliminaire fournissent des indications supplémentaires sur le fait de la diffusion et de l'adsorption. Dans la méthode de Gomori pour la démonstration histochimique des phosphatases alcalines, on applique en général une période d'incubation de 1 à 24 heures. Ces temps d'incubation, dont la durée est beaucoup trop longue, pourraient comporter des erreurs considérables en ce qui concerne la localisation de l'enzyme. Quelques expériences plus détaillées, actuellement en progrès, se rapportant au présent travail, semblent indiquer que ce sont surtout les produits de la réaction qui diffusent. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de faire la démonstration d'une diffusion de l'enzyme même. Il est important de noter que les régions qui présentent une réaction intense au bout de courtes périodes d'incubation, peuvent aboutir à une réaction négative après une incubation prolongée.

BIOLOGIE. — *Une méthode d'élevage et de transport des Coléoptères cavernicoles.* Note de M[lle] **Sylvie Glaçon** et M. **Georges Le Masne**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nos connaissances sur la biologie des Insectes cavernicoles sont extrêmement restreintes pour tout ce qui touche à leur reproduction et à leur éthologie, et cela en raison de l'impossibilité dans laquelle on se trouve jusqu'ici d'élever ces Insectes. En particulier, les premiers états de la plupart des troglobies restent ignorés (¹); l'élevage des adultes doit per-

(¹) *Cf.* en particulier : Jeannel, *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 5e série, 7, 1911, p. 86; *Faune cavern. de France*, 1926; et Vandel, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 82, 1947, p. 263-275; *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 75, 1950, p. 151-158.

mettre d'obtenir ces premiers stades et suggérer quel est leur refuge dans la nature.

Nous avons imaginé une méthode d'élevage qui utilise des appareils en plâtre moulé, analogues à ceux que Janet ([2]) a inventés pour l'étude des Fourmis; ces « nids Janet » assurent aux animaux un substrat et une atmosphère humides et facilitent l'observation et les prélèvements. Ils peuvent rendre de grands services, non seulement pour l'élevage des Fourmis, mais aussi pour l'étude de bien des Arthropodes terricoles, lapidicoles, ou corticoles, sensibles aux variations d'humidité.

Nos essais ont porté sur différentes espèces d'*Aphænops* et de *Speonomus*, provenant des environs de Moulis (Ariège).

A. Technique d'élevage. — *a. Nid Janet simple :* cet appareil ne comporte, en plus de la « cuve à eau », que des alvéoles vides, réunis par des canaux. Les Coléoptères cavernicoles vivent très longtemps dans ces nids dépourvus de terre. Toutefois, nous avons pensé qu'il était intéressant de fournir aux animaux un substrat meuble, leur permettant de fouir.

*b. Nid Janet modifié :* un alvéole est garni de terre, d'argile, ou de guano, prélevés dans la grotte même, et maintenus humides. La profondeur et l'étendue de cet alvéole, comme d'ailleurs la forme de l'appareil, peuvent être largement modifiés, selon les besoins.

*c. Température :* en transformant des armoires frigorifiques ordinaires, il est facile de réaliser des conditions de température très constantes et identiques à celles des grottes d'origine.

*d. Alimentation :* des Insectes fraîchement tués, ou des morceaux d'Oligochètes de petite taille, sont acceptés de façon continue, et en abondance. Nous notons d'ailleurs des différences d'un groupe à l'autre : les *Speonomus* acceptent surtout des Grillons (du premier ou du deuxième stade), même tués depuis plusieurs jours; au contraire, les *Aphænops* ne dévorent que des proies très fraîches; ils sont même capables de capturer, dans nos appareils, des Drosophiles à ailes vestigiales, vivantes.

B. Technique de transport. — En plaçant les animaux dans des tubes de verre dont les parois sont enduites d'une pellicule de plâtre (mouillée au moment de l'emploi), et avec un emballage calorifugé, la mortalité est extrêmement faible (inférieure, au total, à 12 %). Elle est nulle si l'on transporte les animaux dans le nid même où ils sont élevés depuis plusieurs jours.

Il est donc possible de transporter des cavernicoles, même troglobies, de leur habitat naturel au laboratoire (que celui-ci soit situé dans une grotte aménagée ou dans un centre éloigné), avec des pertes minimes ou nulles.

C. Applications de la technique proposée. — Dans les conditions décrites, des Coléoptères cavernicoles ont été maintenus longtemps en vie,

([2]) *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 62, 1893, p. 467-482.

et très actifs, soit à Moulis, soit à Paris. Pour les premiers mois de travail, le pourcentage des animaux survivants s'établit comme il suit :

Survie de plus de deux mois : 96 % des *Speonomus*, 79 % des *Aphænops*.

Survie de plus de quatre mois : 68 % des *Speonomus*, 39 % des *Aphænops*.

Les Insectes semblent montrer un comportement normal. Ils s'alimentent abondamment. La copulation des *Speonomus* a été observée. Dans des substrats meubles et humides, les animaux fouissent et réalisent des excavations importantes, dont la forme varie d'un groupe à l'autre.

Cette méthode d'élevage permet donc de disposer à tout moment de Coléoptères cavernicoles vivants, qui restent en état physiologique apparemment normal, assez longtemps pour la poursuite de recherches sur le comportement. L'étude de leur biologie peut, nous semble-t-il, en être grandement facilitée. Avec des appareils reposant sur le même principe, il devient possible d'étudier la reproduction des troglobies.

BIOLOGIE. — *Sur la présence du thon blanc ou germon sur les côtes du Vénézuéla et sur le lieu de ponte de cette espèce dans l'Atlantique Nord.* Note de M. **Édouard Le Danois**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours d'une croisière dans la Mer Caraïbe, à bord d'un navire mis à ma disposition par le Gouvernement du Vénézuéla, j'ai pu constater la présence du thon blanc ou germon [*Thunnus* (*Germo*) *alalunga*] (Gmelin) dans les parages des Îles Sous le Vent, près de la Blanquilla; le 16 novembre 1950, j'ai en effet capturé un petit poisson de cette espèce, mesurant $34^{cm}$, à la ligne de traîne, en surface. Peu après furent pris deux autres germons de $54^{cm}$, et depuis lors, en janvier, d'autres échantillons ont été rapportés avec des bonites par les pêcheurs du Golfe de Cariaco.

*Thunnus alalunga* a été signalé à Cuba par Poey en 1865, par David Starr Jordan en 1887, puis près des Antilles hollandaises par Metzelaar en 1919, et autour de la Martinique et de la Guadeloupe par Gruvel et Conseil en 1925. Par contre, tout récemment en 1949, Leonard P. Schulz, dans sa liste des Poissons du Vénézuéla, indique que cette espèce n'a pas été rencontrée dans les eaux de cette région.

En plus du point de vue faunistique, le germon que nous avons pêché à la Blanquilla est surtout intéressant par sa taille; il semble en effet qu'il est le plus petit échantillon capturé dans l'Atlantique. Les thons blancs qui passent au large des côtes d'Europe et du Maroc mesurent de $50^{cm}$ à $1^{m}$; les plus jeunes sont encore immatures, les plus grands ont déjà pondu et leurs glandes génitales sont vides. Au contraire, les poissons recueillis par Gruvel et Conseil aux Antilles étaient en état de maturité sexuelle. Ces observations doivent être rapprochées des travaux d'Ehrenbaum sur les larves des Thonides rapportées par les expéditions de l'océanographe

danois Johs. Schmidt. Le savant allemand décrit des larves de germon, mesurant de 5 à 13$^{mm}$, récoltées dans la Mer des Sargasses, par 25° Nord et 56° Ouest; d'autres de 7 à 13$^{mm}$, trouvées à l'Est de Saint-Thomas, par 19° Nord et 61° Ouest; et d'autres enfin, dont la taille varie de 9 à 13$^{mm}$, recueillies en plein Atlantique, mais dans la partie occidentale de cet océan, jusqu'au 40° Ouest.

La présence de germons de très petite taille dans les eaux vénézuéliennes, leur absence totale dans l'Atlantique oriental, l'état de maturité sexuelle des thons blancs des Antilles, la position des stations où furent récoltées les plus petites larves, semblent démontrer que le lieu de ponte de *Thunnus alalunga* serait placé en Mer des Sargasses.

La migration de reproduction du germon atteindrait donc une amplitude beaucoup plus forte qu'on ne le pensait jusqu'à présent, quand on cherchait leurs aires de concentration du côté de Madère, des Canaries ou des Açores. Ces poissons sont d'excellents nageurs qui peuvent effectuer d'énormes déplacements; de plus il est probable que ces grands voyages ne sont pas accomplis chaque année et comportent plusieurs étapes, selon l'âge, la taille, la force et l'état sexuel des individus.

Il faut de plus noter que la Mer des Sargasses, par 25° Nord et 50° Ouest, représente le point le plus profond de la cuvette des eaux transgressives d'origine équatoriale et que les thons blancs peuvent être guidés dans leur longue migration par l'enfoncement progressif de l'isotherme + 14°, qui joue un rôle si important dans leur biologie, comme nous l'avons démontré en 1921.

Cette station de la Mer des Sargasses où furent trouvées les plus petites larves occupe dans l'Atlantique une position géographique et bathymétrique absolument comparable à celle tenue dans le Nord Pacifique par les parages des îles Midway, que Vernon E. Brock a indiqué comme le lieu de ponte du germon, à la suite des observations du navire japonais *Fuji Maru*. Cette localité est située à 2 500 milles des côtes de Californie et de l'Orégon, alors que la station de l'Atlantique est placée à 2 000 milles des côtes de l'Ancien Continent. Kishinouye a trouvé dans l'estomac d'autres poissons de jeunes germons de 30$^{cm}$ près des îles Ogosawara, à 1 300 milles du lieu de ponte du Pacifique; la présence de thons blancs de 34$^{cm}$ au Vénézuéla à 900 milles de la station de la Mer des Sargasses est donc tout à fait normale. Les déplacements de ces jeunes poissons sont relativement réduits et ne paraissent pas excéder 1 500 milles; par contre, les germons de plus de 50$^{cm}$, grâce peut-être à un long arrêt autour des archipels de l'Atlantique et du Pacifique, arrivent à couvrir les longs parcours de 2 000 ou 2 500 milles qui les conduisent dans la partie orientale de ces Océans, au large des côtes des Ancien et Nouveau Continents.

BIOLOGIE. — *Sur la thermorégulation du Rat nouveau-né et la température du nid.* Note de MM. **Stefan Gelineo** et **Alexandre Gelineo**, présentée par M. Paul Portier.

On admet que les nouveau-nés qui viennent au monde fort imparfaits, tels que le rat et le pigeon, n'accusent au moment de la naissance aucune thermorégulation, de sorte qu'ils se comportent comme des poïkilothermes, leur température et leur calorification variant dans le même sens que la température ambiante, et ce n'est que plusieurs jours après la naissance qu'apparaissent les premières ébauches d'un mécanisme de thermorégulation.

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible à l'aide d'une méthode très sensible de mesure de la consommation d'oxygène (fondée sur le principe du manomètre différentiel de Barcroft) de déceler, dès la naissance, chez le Rat une ébauche de thermorégulation chimique, exprimée par une variation de la consommation d'oxygène ayant le sens inverse de la température du milieu.

Expérimentant avec le Rat le jour même de sa naissance, nous avons constaté, ainsi que le montrent les chiffres donnés plus bas, que le nouveau-né réagit dès la naissance par sa consommation d'oxygène dans le sens d'une thermorégulation chimique aux variations de la température extérieure de 29 à 36°.

| Age (heures). | Température ambiante (°C). | Oxygène consommé ($cm^3$/g.-min.). |
|---|---|---|
| 3-5 | 30,0 | 0,026 |
| | 35,9 | 0,019 |
| 13-15 | 29,0 | 0,042 |
| | 35,9 | 0,021 |
| 23-25 | 29,0 | 0,057 |
| | 35,0 | 0,028 |

Dans ces expériences chaque mesure durait environ 30 minutes.

Remarquons qu'à la température de 30° la consommation d'oxygène commence à baisser si l'on prolonge le séjour à cette température. C'est dire que la calorification de la thermorégulation chimique s'épuise promptement. Ensuite, on constate que cette puissance de calorification s'élargit graduellement les jours suivant la naissance, de sorte que le 14ᵉ jour la thermorégulation chimique même à 20° n'accuse plus de défaillance, le jeune Rat maintenant dans ces conditions ambiantes sa température au niveau normal.

Autre fait concernant la thermorégulation du Rat nouveau-né : le développement de la thermorégulation chimique dont il a été question plus haut, dépend de la température du nid. Ainsi le Rat d'une nichée à 15° accuse une thermorégulation chimique d'une certaine durée à la

température extérieure de 25° dès l'âge de 2 jours, et à 21° à l'âge de 6 jours tandis que celui d'un nid plus chaud (30°) n'a une thermorégulation semblable à 21° qu'au bout de deux semaines.

Ayant constaté ce fait qu'un nid moins chaud est favorable à l'installation de l'homéothermie, nous nous sommes demandé à quelle température ambiante la mère fera son nid lorsqu'elle aura le choix d'un gradient de température. En plaçant des rates gravides dans une gouttière métallique dont une extrémité est chauffée et l'autre plonge dans de la glace fondante (appareil de Herter), on constate d'une façon régulière qu'elles séjournent, lorsqu'elles ne sont pas à la recherche de nourriture, dans la partie de l'appareil dont la température est de 27 à 32°. Mais au moment de mettre bas ses petits la mère fait son nid dans la zone de température de 15 à 19°. Si l'on élève le niveau de température de la gouttière de façon que la température du nid monte à 20-25°, on constate que la mère transporte nid et petits dans la zone de 16° environ. En maintenant des femelles dans un thermostat réglé à 28-30° on constate que dans ces conditions elles ne font pas de nid.

En suivant le développement de la thermorégulation des jeunes rats, les uns élevés à la température imposée de 28-30°, les autres à la température de choix de 17°, on constate que les premiers à l'âge de 16 jours se refroidissent de plusieurs degrés lorsqu'ils sont exposés à la température de 15° durant une demi-heure, tandis que ceux du nid moins chaud maintiennent dans les mêmes conditions leur température à un niveau constant. Remarquons que dans le nid de choix, dont la température est de 16° environ, les nouveau-nés ont les premiers jours une température assez basse, atteignant 22° lorsque la mère est absente.

Si on ajoute aux faits précédents la constatation que nous avions déjà notée, à savoir que la croissance des jeunes rats est plus rapide aux températures plus basses qu'à celle de leur neutralité thermique, on comprendra la signification de la température de choix du nid pour l'installation de l'homéothermie et la croissance des nouveau-nés.

BIOLOGIE CELLULAIRE. — *Effets d'une élévation de température sur la prophase méiotique d'un Nématode libre.* Note (*) de MM. **Victor Nigon** et **Roger Arcel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de travaux antérieurs, l'un de nous ([1]) a obtenu l'apparition de

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) V. Nigon, *Ann. Sc. nat.* **11**, 1949, p. 1-132; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1161-1162; *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 85, 1951, (sous presse).

structures anormales, dans la diacinèse de Nématodes hermaphrodites (*Rhabditis elegans* Maupas) soumis à l'action de chocs thermiques. L'exploitation de cette propriété a permis ensuite de créer expérimentalement une forme tétraploïde de la même espèce. Le présent travail a pour objet de préciser ces premières indications et d'étendre l'étude à l'ensemble des phases caractéristiques de la gamétogénèse.

Les hermaphrodites en expérience, cultivés isolément, à une température de 13°C, en lignées autofécondées, ont été soumis au choc thermique dans les 48 heures suivant leur maturité sexuelle. Le choc thermique, de durée variable, a été donné dans un thermostat dont l'eau était maintenue à $24° \pm 0°02$. Les examens ont été pratiqués sur frottis colorés suivant la méthode de Feulgen. Le stock chromosomique diploïde comporte 12 éléments.

Les divers stades de la prophase méiotique sont répartis dans la gonade de ces animaux, en zones sensiblement homogènes. Nous examinerons les modifications obtenues dans chacune des trois zones les plus volumineuses.

1. Zone de multiplication. — Après un traitement de 2 à 4 heures, l'aspect de la chromatine est peu modifié, mais la fréquence des mitoses est considérablement augmentée. Lorsque le traitement dure de 4 à 8 heures, on observe des altérations diverses : accroissement inhabituel du volume cytoplasmique, coloration très intense, ou, au contraire, très diminuée de la chromatine, qui peut présenter, parallèlement, un aspect massif ou, au contraire, diffus. Certains noyaux, de grande taille, paraissent fortement polyploïdes.

2. Zone des noyaux pachytènes. — Les traitements de 2 à 4 heures déterminent un affaiblissement à peine décelable dans la densité de la chromatine. Les chromomères sont encore parfaitement visibles. Lorsque la durée du choc thermique se prolonge, la chromatine s'efface graduellement. Cependant, tant qu'ils restent analysables, on voit les chromosomes subsister dans l'intégrité des formes et des dispositions qui caractérisent ce stade.

3. Zone de maturation (noyaux aux stades diplotène et diacinèse). — Les changements observés dans cette zone peuvent se ranger en quatre groupes :

*a. Chromosomes à aspect vacuolaire.* — Lorsque la durée du choc thermique se prolonge au delà de 4 heures, les six bivalents habituels paraissent, dans certains noyaux, se creuser d'une cavité centrale, non colorable, ce qui leur confère un aspect vacuolaire. Cet aspect pourrait être dû à un élargissement de la fente équationnelle, souvent visible sur les bivalents diacinétiques des témoins. Cette « vacuolisation » s'accompagne d'une diminution dans la colorabilité générale du chromosome.

*b. Chromosomes non appariés.* — Dans certains ovocytes, soumis à un traitement de 8 heures ou plus, on trouve 12 chromosomes univalents irrégulièrement répartis dans le noyau. Peut-être faut-il voir dans ce défaut d'appariement l'aboutissement de la « vacuolisation » décrite dans le groupe précédent.

*c. Ovocytes tétraploïdes.* — Dans un petit nombre d'ovocytes, l'examen cytologique révèle la présence de 12 bivalents. La dimension de ces chromosomes diffère peu de celle des bivalents ordinaires. Dans une observation, trois bivalents manifestent la structure quadripartite caractéristique des tétrades. La taille de ces ovocytes est nettement supérieure à la normale. La tétraploïdie paraît bien s'y trouver réalisée.

*d. Ovocytes plurinucléés.* — Dans tous les traitements de durée supérieure à 4 heures, un tiers environ des ovocytes se distingue par un aspect allongé, dépassant parfois $100^{\mu}$ alors que leur taille normale est de $55^{\mu}$. On y trouve plusieurs noyaux, en nombres variant de 2 à 24, dont certains contiennent six bivalents, tandis que d'autres, dans la même cellule, montrent 12 chromosomes univalents. Il a été impossible de déterminer si cette structure résulte de divisions anormales ou, simplement, d'un effacement des limites cellulaires.

Les diverses figures décrites se rencontrent chez un même animal. Elles constituent peut-être les stades successifs d'une même évolution. Mais leur coexistence peut être expliquée aussi en admettant qu'elles répondent à un déterminisme affecté d'une certaine variabilité.

Conclusion. — La réaction des structures méiotiques à la suite d'un choc thermique se manifeste pour des températures dépassant de deux degrés seulement le niveau qui semble autoriser une gamétogénèse entièrement normale. Très discrètes pour des traitements de durée inférieure à 4 heures, les modifications apparaissent, presque simultanément dans toutes les phases de la méiose, lorsque la durée se prolonge. Elles portent avant tout sur la structure chromosomique, comportant des variations dans la teneur en acide nucléique et la condensation du chromosome, ainsi que les manifestations d'un dédoublement irrégulier de ses structures.

D'autres structures cellulaires sont également altérées : ainsi le nucléole et le cytoplasme prennent des proportions anormales. L'absence d'une phase particulièrement sensible, la brièveté de l'intervalle qui sépare les températures normales de celles qui déterminent la production d'aberrations, conduisent à rechercher dans le déséquilibre initial d'un facteur limité la source des altérations observées. Peut-être faut-il invoquer, dans ce sens, le métabolisme des acides nucléiques ? Des analyses plus précises, qui sont actuellement en cours, permettront peut-être de soumettre cette hypothèse à l'épreuve expérimentale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Utilisation de l'hydrogène moléculaire par des souches pures de bactéries sulfato-réductrices d'origine marine*. Note de MM. **Jacques Senez** et **Benjamin E. Volcani**, présentée par M. Maurice Javillier.

Stephenson et Stickland ([1]) ont signalé que les « resting-cells » de bactéries sulfato-réductrices possèdent une hydrogénase leur permettant de réduire activement les sulfates en présence d'hydrogène. Par suite, il a été démontré par Starkey et Wight ([2]) avec des cultures mixtes d'enrichissement, et par Butlin et Adams ([3]) avec des souches pures, que ces germes sont capables de se développer sur milieu purement minéral, en utilisant pour leur croissance l'énergie libérée par l'oxydation de l'hydrogène.

Ce mode de nutrition, qui a fourni une explication biologique à la corrosion du fer en milieu anaérobie ([4]), présente, en outre, un grand intérêt écologique. Les bactéries sulfato-réductrices, en effet, ne peuvent utiliser comme substrats organiques que les lactates et un nombre restreint d'autres composés organiques, qui ne semblent pas pouvoir leur être fournis en grandes quantités par les milieux naturels. Ces considérations, qui s'appliquent notamment au cas de la vase noire océanique, nous ont amenés à rechercher si les souches pures de provenance marine peuvent utiliser l'hydrogène moléculaire et à comparer leur activité en culture autotrophe et hétérotrophe.

Les quatre souches que nous avons étudiées avaient été isolées à partir de la vase de l'étang du Canet et avaient subi de nombreux repiquages sur milieu lactate-sulfates de Starkey ([5]). Leurs caractères morphologiques et physiologiques sont ceux de *Sporovibrio desulfuricans*, var. *æstuari* (van Delden-Baars), Starkey.

On a employé, comme milieu de base, une solution minérale de composition suivante, en grammes pour 100$^{cm^3}$ d'eau distillée : $NH_4Cl$, 0,1 ; $MgSO_4.7H_2O$, 0,2 ; $Na_2SO_4$, 0,05 ; $K_2HPO_4$, 0,1 ; NaCl, 2,0 ; solution standard de rouge de crésol (pour l'ajustement du pH), 15 gouttes. Dans la plupart des expériences on a adjoint 0,1 % d'extrait de levure (Difco) afin d'accélérer la croissance [Butlin et al. ([6])]. D'autre part, pour les milieux contenant du lactate de soude, ce constituant était dissous à la concentration de 0,35 %.

Après la répartition des milieux en ballons Pyrex de 500$^{cm^3}$ (150$^{cm^3}$ par ballon) et stérilisation, on introduit stérilement dans chaque ballon 0$^{cm^3}$,6 d'une solution de bicarbonate de sodium à 5 %, stérilisée séparément à l'autoclave (conc. dans le milieu : 0,02 %), et le pH est ajusté à 7,4, avec une solution stérilisée de HCl 0,5 N. On ajoute enfin un petit cristal flambé de sel de Mohr.

([1]) *Biochem. J.*, 25, 1931, p. 215-220.
([2]) *Tech. Rep. Distrib. Comm.*, n° 1945 ; *Amer. Gas Assoc.*, 1945, p. 108.
([3]) *Nature*, 160, 1947, p. 154-155.
([4]) von Wolzogen-Kühr et van der Vlugt, *Water*, 18, 1934, p. 147-165.
([5]) *J. Amer. Water Works Assoc.*, 40, 1948, p. 1291-8.
([6]) *J. Gen. Microbiol.*, 3, 1949, p. 46-59.

Les ballons sont ensemencés avec $5^{cm^3}$ d'une culture de 48 heures sur milieu lactate-sulfates, enrichi avec 0,1 % d'extrait de levure, et aussitôt bouchés avec des bouchons en caoutchouc stériles, munis d'un tube à dégagement. L'air est évacué, et les ballons sont remplis d'hydrogène à la pression atmosphérique. Les cultures, durant leur incubation à 30°, sont soumises à une agitation mécanique continue et la consommation d'hydrogène est mesurée quotidiennement à l'aide d'une burette à gaz de Hempel.

Dans les conditions expérimentales considérées, la quantité de $H_2S$ pouvant être produite par la réduction totale des sulfates est de 1,16 millimole par $100^{cm^3}$, ce qui correspond théoriquement à la consommation, par ballon, de $155^{cm^3}$,9 d'hydrogène mesurés à 0° et sous la pression atmosphérique.

L'examen du tableau montre que toutes les souches étudiées utilisent activement l'hydrogène. Cette constatation est à rapprocher des faits récemment publiés par Sisler et Zobell (7). Ces auteurs ont observé, en effet, la consommation d'hydrogène et la réduction simultanée des sulfates dans un large pourcentage de cultures impures d'enrichissement directement ensemencées avec des échantillons de vases marines de provenances diverses.

| | | Volume d'hydrogène consommé ($cm^3$). | | | | | | | Concentration finale en $H_2S$ (milli-moles/$100^{cm^3}$). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Milieu. | Souche. | 1er jour. | 2e jour. | 3e jour. | 4e jour. | 5e jour. | 6e et 7e jours. | Total. | |
| Minéral + extrait de levure. | 1.... | + | 1,0 | 23,2 | 87,8 | 39,2 | 13,6 | 164,8 | 0,87 |
| | 2.... | 0,0 | 9,1 | 84,6 | 50,1 | – | 13,0 | 156,8 | 0,95 |
| | 3.... | 0,6 | 1,6 | + | 0,0 | 109,4 | 51,8 | 163,4 | 0,96 |
| | 4.... | + | 2,6 | 5,4 | 69,2 | 57,8 | 21,0 | 156,0 | 0,96 |
| Minéral. | 2.... | 2,0 | 15,2 | 1,0 | 54,0 | 0,0 | 92,2 | 164,4 | – |
| Minéral + lactate. | 1.... | + | 0,2 | 0,0 | 11,0 | 19,4 | 78,8 | 109,4 | 0,82 |
| | 2.... | 3,6 | 3,8 | 4,6 | 3,8 | 2,0 | 2,8 | 20,6 | 0,96 |
| | 3.... | — | — | — | — | — | — | — | 0,0 |
| | 4.... | 5,4 | 0,0 | 0,0 | 36,4 | 1,8 | 0,4 | 44,0 | 0,87 |

*Nota.* — (+), pression positive; (—), absence de développement.

On voit, d'autre part, que la conservation des souches au laboratoire sur milieu organique ne leur a pas fait perdre l'aptitude à utiliser l'hydrogène, et que l'activité des cultures-filles de souches de lignée autotrophe est comparable à celles des cultures-filles de souches de lignée hétérotrophe. Le taux de la réduction des sulfates et la concentration finale en $H_2S$ sont pratiquement identiques sur milieu minéral et sur milieu contenant du lactate de soude.

Soulignons que les souches pures de bactéries sulfato-réductrices utilisent l'hydrogène moléculaire, même en présence d'un substrat organique. Dans ce cas où peut s'exercer une compétition entre les deux modes de nutrition, le rapprochement entre le volume d'hydrogène consommé et la quantité d'$H_2S$ produite révèle que le pourcentage des sulfates réduits par le système hydrogénase varie, suivant la souche, entre 15 et 97 %.

(7) *J. Bact.*, **60**, 1950, p. 749-756.

MICROBIOLOGIE. — *Isolement d'une souche de grippe de type* B (*épidémie de janvier* 1951). Note de M[lle] **Geneviève Cateigne** et M. **Bernard Fauconnier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les divers essais d'isolement de souches que nous avons faits au cours de cette épidémie nous ont permis de mettre en évidence que l'agent infectieux n'est pas partout du type A′ (¹). Nous avons isolé à partir de différents prélèvements reçus de Bretagne une souche que nous rattachons au groupe B.

Nous avons reçu de cette région quatre gargarismes de malades qui furent passés sur œuf embryonné suivant la technique décrite antérieurement. Nous avons obtenu une souche qui s'est adaptée à l'œuf par voie amniotique au troisième passage, et qui très rapidement ensuite a pu être passée par voie allantoïque.

Le premier essai d'identification par l'étude du pouvoir inhibiteur d'immun-sérums A, B et A′ vis à vis de cette nouvelle souche nous a donné les résultats suivants :

| | A. P. R. 8. | B Lee. | A′ Paris 1951. | Nouvelle souche. |
|---|---|---|---|---|
| Immun sérum de furet A standard. | 1/640 | 0 | 1/40 | 0 |
| » » B standard. | 0 | 1/320 | 0 | 1/80 |
| Immun sérum de furet A′ souche Paris 1951 .................... | 1/320 | 0 | 1/2560 | 0 |

Cette première expérience nous incitait à classer cette souche dans le groupe B. L'examen des sérums des malades à partir desquels nous avons isolé cette souche, nous a donné les résultats suivants

| | | P. R. 8. | B Lee. | A′ Paris 1951. | Nouvelle souche Bretagne 1951. |
|---|---|---|---|---|---|
| Sérum Le P. | I ................ | 1/160 | 1/80 | 1/160 | 1/80 |
| | II ................ | 1/160 | 1/2560 | 1/320 | 1/2560 |
| » Le L. | I ................ | 1/80 | 1/80 | 1/160 | 0 |
| | II ................ | 1/160 | 1/640 | 1/160 | 1/640 |
| » G. | I ................ | 1/160 | 1/620 | 1/80 | 1/80 |
| | II ................ | 1/160 | 1/2560 | 1/80 | 1/2560 |
| » M. | I ................ | 1/160 | 1/160 | 1/160 | 1/80 |
| | II ................ | 1/160 | 1/2560 | 1/160 | 1/2560 |

Les sérums ont été prélevés respectivement au 2ᵉ et au 3ᵉ jour de la maladie.

Nous avons alors examiné ces sérums vis-à-vis des souches B Lee, B 1 (souche tchécoslovaque) et la souche bretonne 1951, et nous avons obtenu :

(¹) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 444.

| | | B Lee. | B 1. | Souche bretonne 1951. |
|---|---|---|---|---|
| Immun sérum de furet B Lee.... | | 1/1280 | 1/320 | 1/160 |
| » lapin B 1...... | | 1/2560 | 1/2560 | 1/1280 |
| » furet A' souche Paris 1951... | | 0 | 1/80 | 0 |
| Le P. | I | 1/80 | 1/80 | 1/40 |
| | II | 1/640 | 1/2560 | 1/1280 |
| Le L. | I | 1/80 | 1/40 | 0 |
| | II | 1/640 | 1/320 | 1/320 |
| G. | I | 1/160 | 1/80 | 1/80 |
| | II | 1/2560 | 1/2560 | 1/2560 |
| M. | I | 1/80 | 1/80 | 1/80 |
| | II | 1/640 | 1/1280 | 1/2560 |

L'étude antigénique de cette souche se poursuit par la méthode de fixation de complément et de neutralisation sur œuf et sur souris. Mais ce premier contrôle nous permet de dire que ce virus est antigéniquement différent de celui isolé récemment à Paris. L'expérimentation sur furet, sur souris et sur singe, sera publiée ultérieurement et étudiée parallèlement à la souche A' Paris 1951.

*Conclusion.* — Il n'y a pas eu qu'un seul type de virus grippal en cause durant cette épidémie en France. De nombreux examens sérologiques auxquels nous procédons nous l'avaient déjà prouvé, mais l'isolement d'une souche qui semble être du type B nous le confirme de toute évidence. Ceci pose à nouveau le problème de l'immunisation par vaccination, la diversité des souches ne simplifiant pas la question.

IMMUNOLOGIE. — *Séro-diagnostic de la syphilis par immobilisation du* Treponema Pallidum (*Méthode de Nelson*). Note de MM. **Pierre Durel**, **André Sausse**, **Pierre Collart**, Mme **Véra Roiron** et M. **Louis-Jacques Borel**, présentée par M. Marcel Delépine.

MM. Levaditi, Vaisman et Mlle Hamelin ont, à juste titre, attiré l'attention [1] sur l'épreuve de l'immobilisation des T. P.

Travaillant sur ce sujet depuis plus d'un an, et ayant bénéficié de l'enseignement de R. A. Nelson, nous avons pu nous rendre compte de la nécessité de suivre *scrupuleusement* la technique de ce dernier. Pour faire rendre à l'épreuve tout ce qu'elle peut donner, il nous paraît indispensable d'insister sur les points suivants [2] :

(1) *Comptes rendus*, **232**, 15 janv. 1951, p. 272,

(2) P. Durel, A. Sausse, P. Collart, V. Roiron et L.-J. Borel, *Soc. Fr. Derm. Syph.*, 11 janv. 1951 et *Prophylaxie antivénérienne,* février 1951.

1° *Orchite aiguë précoce.* — Lorsque l'on se sert de « syphilomes », surtout scrotaux, comme source de T. P., il faut une dissection soigneuse et un broyage qui favorisent la contamination et le passage de substances étrangères dans la suspension.

D'autre part et surtout, avec des lésions apparues plus de 10 à 12 jours après l'inoculation, on risque que les T. P., soient « sensibilisés » par les anticorps qui se développent chez le Lapin dès que les lésions apparaissent. D'ailleurs, les auteurs ont trouvé une immobilisation significative avec le sérum de lapins syphilisés depuis seulement un mois; ceci montre que, dès ce moment, l'organisme du lapin est chargé d'anticorps pouvant se fixer sur les T. P. et interférer avec ceux du sérum à tester. *Les expériences suivantes témoignent de cette sensibilisation* :

Un lapin est sacrifié 12 jours après l'inoculation alors que l'orchite évolue déjà depuis 6 jours. *En l'abcence de tout sérum syphilitique*, on a, après 18 heures : sans complément : 84 % de T. P. mobiles; avec complément : 28 % de T. P. mobiles.

Ainsi, les T. P., *sensibilisés*, s'immobilisent dès qu'ils sont en présence du seul complément.

Nelson a fait une expérience du même ordre : il prélève un testicule au 2e jour de l'orchite et l'autre au 8e jour. La survie des T. P. extraits du premier est normale, alors que les T. P. du second s'immobilisent en présence du seul complément.

Il nous paraît donc bien indispensable, pour reproduire les résultats de Nelson, de rechercher *l'orchite aiguë précoce*, lésion à incubation rapide (4 à 8 jours), et d'utiliser cette orchite au 2e ou 3e jour au maximum de son évolution.

2° *Immobilisation spécifique.* — La notation en *différence d'immobilisation* ne rend qu'imparfaitement compte des faits observés : une différence de 80 % veut aussi bien dire 100 % dans le tube-réaction et 20 % dans le tube-témoin que 85 et 5 %.

Il est préférable, avec Nelson, d'exprimer cette différence par rapport au tube-témoin. L'immobilisation spécifique est ainsi :

$$\text{I. S. \%} = \frac{\text{\%}_{00} \text{ T. P. mobiles, t. témoin; } \text{\%}_{00} \text{ mobiles, t. réaction}}{\text{\% mobiles } \textit{in} \text{ tube-témoin}}.$$

Cette expression, donnant des immobilisations de 0 à 100 % est indispensable pour la réaction quantitative; elle permet d'autre part d'être plus exigeant quant à la marge de sécurité entre positif et négatif : positif au-dessus de 50 % d'I. S. et négatif au-dessous de 20 %.

3° *Importance de l'excès de complément.* — Magnuson et Thompson (3), en opposition avec Nelson, avaient d'abord trouvé près de 14 % de réactions

(3) *Am. J. Ven. Dis.*, 30, 1949, p. 309.

(4) *Am. J. of Syph. Gon. et Ven. Dis.*, 35, 1951, p. 21.

négatives dans la syphilis secondaire. Pour Nelson, ces résultats paradoxaux sont dus à la destruction du complément (sérums anti-complémentaires) et, comme il s'agit de sérums de syphilis jeunes, relativement pauvres en anticorps, l'immobilisation ne peut s'accomplir d'une manière significative. Le fait est d'ailleurs reconnu maintenant par Thompson, Magnuson et Hill (4).

Nelson, et nous-mêmes selon ses conseils, contrôlons, après lecture du test, la présence de complément résiduel en faisant hémolyser des hématies de mouton sensibilisées.

4° *Sensibilité.* — La différence d'immobilisation observée par les auteurs, chez les lapins Σ, avec un sérum dilué à 1/10, n'a été que de 40 à 65 %, ce qui laisse à penser que l'immobilisation totale n'a jamais été observée. Nelson et nous-mêmes, avec un mélange de sérums de lapins syphilisés depuis 2-3 mois, obtenons encore, constamment, 100 % d'immobilisation à 1/100 et 40 à 60 % à 1/1000.

La différence d'immobilisation a été plus élevée pour les sérums humains mais ce n'est que par la méthode des dilutions que l'on peut apprécier l'intensité de la réaction. Dans les Σ anciennes, nous avons souvent constaté l'immobilisation totale jusqu'à 1/1000.

5° *Réaction quantitative.* — Pour profiter pleinement de la méthode, il faut en effet *mesurer* l'intensité de la réaction : ceci est indispensable pour suivre l'influence du traitement et pour distinguer une récidive d'une réinfection. Le titre de la réaction est l'inverse mathématique de la dilution qui donne 50 % d'immobilisation.

6° *Influence du temps.* — L'expérience a fixé le temps de mise à l'étuve, pour la réaction, à 18 heures; Nelson nous a montré que l'initiation de la réaction était inversement proportionnelle à la concentration en anticorps. Avec les sérums faiblement actifs, la réaction, non encore significative à 15 heures, le devient à 18 heures.

Les différentes variables de la réaction ayant été étudiées avec grand soin, par Nelson, et rien n'ayant été laissé au hasard dans la technique qu'il nous a apprise, nous pensons qu'il faut la reproduire d'abord très fidèlement; ce qui ne veut pas dire, qu'*à partir de cette base indispensable,* on ne puisse rechercher des simplifications ou des améliorations dont certaines peuvent être espérées.

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

R. C.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.


## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse thermoélastique des transformations des bronzes.* Note (*) de MM. **Robert Cabarat, Pierre Gence, Léon Guillet** et **Albert Portevin.**

A l'aide de l'appareil précédement décrit ([1]), qui permet de déterminer le module d'élasticité E et le décrement logarithmique $\delta$ des alliages métalliques, ainsi que leurs variations en fonction de la température $\Theta$, nous avons étudié les transformations à l'état solide que peuvent subir les alliages de cuivre et d'étain dont la teneur en étain est comprise entre 20 et 32 %.

Un alliage titrant 24,9 % d'étain (très voisin de l'eutectoïde) refroidi à la vitesse de 1° par minute contient deux phases : $\alpha$ (cubique à faces centrées titrant 7 % d'étain) et $\delta$ (maille cubique géante titrant 32 % d'étain) ([2]). Il subit quand on le chauffe une transformation isotherme et au-dessus de 520° il est formé d'une solution solide cubique centrée. La disparition de la phase $\delta$ très rigide dont le module est égal à 14 000 kg/mm² à 20° entraîne une diminution très importante du module d'élasticité. Le décrement prend des valeurs notables dès 400° et passe par un maximum relatif pendant la transformation (*fig.* 1).

Des phénomènes analogues se retrouvent dans le cas d'un alliage hypoeutectoïde titrant 20,2 % d'étain; à l'état recuit celui-ci contient les mêmes phases que l'alliage précédent mais à 20° la phase $\alpha$ est en excès. Les anomalies

(*) Séance du 5 mars 1951.

([1]) R. Cabarat, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 229.

([2]) La phase $\delta$ n'est pas stable au-dessous de 350°, mais sa décomposition est extrêmement lente et on ne la constate pratiquement pas.

des propriétés au voisinage de la température de transformation sont moins marquées car au-dessus de 520° cet alliage contient encore une proportion notable (38 %) de phase α, moins riche en étain que la phase β cubique centrée, donc plus rigide.

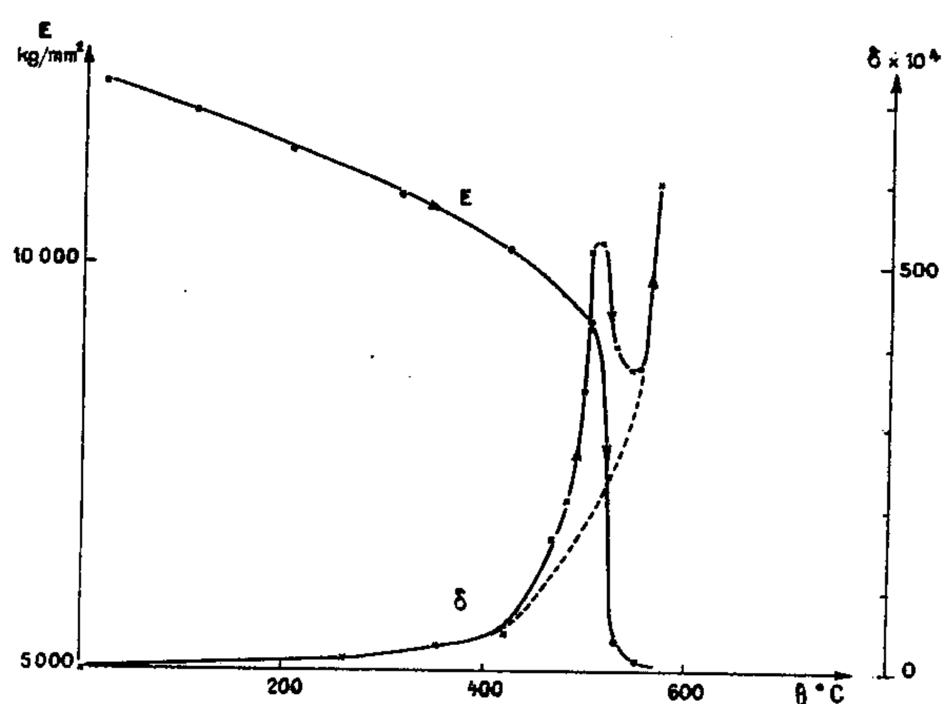



Fig. 1.

Un alliage contenant 32 % d'étain correspond à la phase δ ($Cu_{31}Sn_8$), Celle-ci se décompose à 590° en un mélange de deux phases dont les mailles sont hexagonales (contenant 26 atomes) et cubique centrée. Les variations des

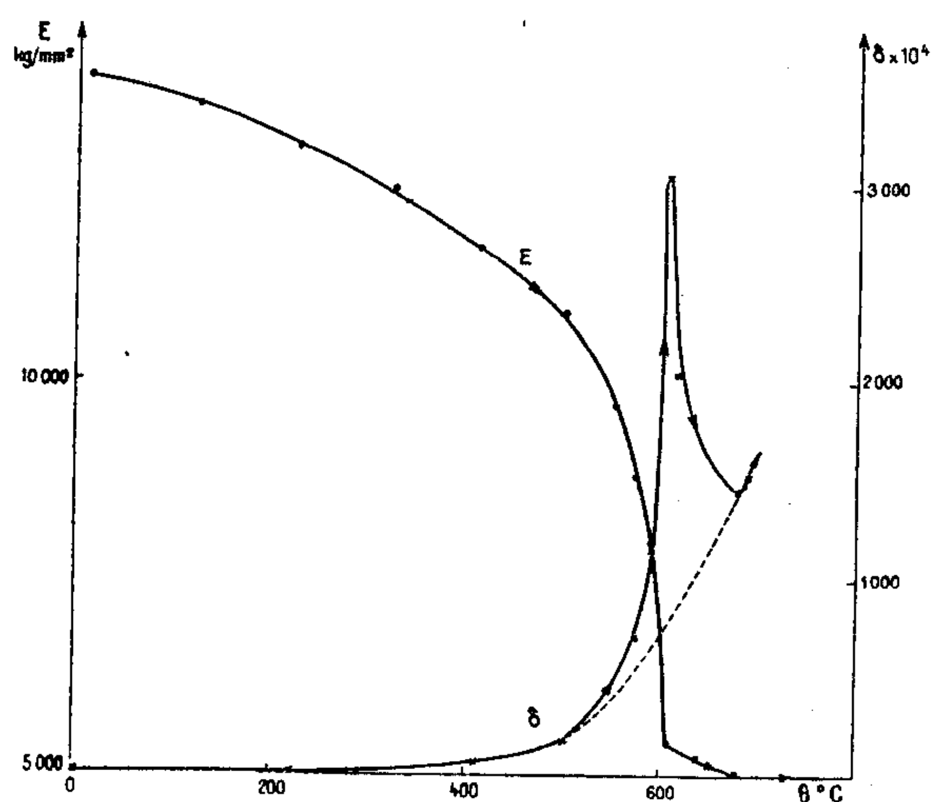



Fig. 2.

propriétés sont analogues à celles des alliages précédents et il est intéressant de noter que, bien avant la température de transformation, le décrément prend des valeurs considérables (*fig.* 2).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Colorants acétyléniques.*

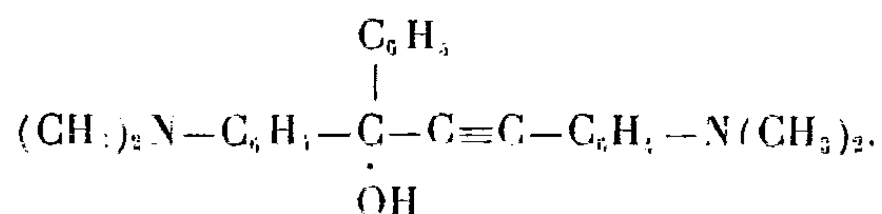
Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Pierre Barbieri.**

L'introduction d'une liaison acétylénique au cœur du système résonant du vert malachite approfondit considérablement la couleur (1160 Å); hors du système l'effet est moins intense (700 Å). On généralise aux structures types violet cristallisé et fuchsonimonium simple. Il est ainsi établi que la triple liaison acétylénique résonne énergiquement avec les systèmes chromophores et développe un effet bathochrome considérable.

Nous avons fait connaître antérieurement ([1]) un colorant, I, contenant un enchaînement acétylénique, dans lequel la triple liaison exerçait une influence bathochrome notable. C'était une sorte de vert malachite, II, dans lequel le phényle, $C_6H_5—$, était remplacé par le phényléthynyle, $C_6H_5—C{\equiv}C—$.

*a*. Dans ce colorant l'enchaînement acétylénique restait extérieur à l'enchaînement chromophorique proprement dit; nous nous sommes préoccupés de rechercher l'effet produit par l'insertion au cœur même du système coloré.

A cette fin nous avons introduit la paire de carbone triplement liés, $—C{\equiv}C—$, entre le carbone méthanique du vert malachite, II, et l'un de ses noyaux aminés, de manière à obtenir le colorant, IV, qui est un sel de l'alcool triarylpropargylique diaminé :



$$(CH_3)_2N—C_6H_4—\underset{OH}{\overset{C_6H_5}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}—C{\equiv}C—C_6H_4—N(CH_3)_2.$$

L'opération revient à écarter l'un de l'autre les deux centres de polarité positive que forment les deux azotes aminés, en implantant entre les deux un fragment de molécule. Quand la constitution de l'implant le rend apte à s'intégrer dans la résonance de l'ensemble, il a été constaté dans d'autres séries que le résultat est toujours un fort effet bathochrome. Ainsi en est-il dans les colorants comportant une chaîne éthylénique conjuguée centrale, comme dans les cyanines et les colorants apparentés : l'introduction d'un vinylène supplémentaire, $—CH{=}CH—$, détermine un déplacement de la bande d'absorption principale qui peut atteindre l'ordre de 1000 Å.

Dans le cas présent rien ne permettait de prévoir la répercussion sur la couleur faute d'informations sur les tendances de la liaison acétylénique à participer à une résonance; tout au plus la triple liaison avait-elle la réputation

(*) Séance du 5 mars 1951.

([1]) Ch. Dufraisse, J. Lefrancq et P. Barbieri, *Rec. Trav. Chim. P. B.*, 69, 1950, p. 380.

d'être un groupe médiocrement chromophore et, en tout cas, très inférieur de ce point de vue à la liaison éthylénique.

En fait le pouvoir chromophorique de la triple liaison ainsi disposée s'est révélé considérable. Il se traduit par 1160 Å de déplacement vers l'infrarouge du sommet de la première bande d'absorption [comparer II et IV, (*fig.* 1)], de sorte que la couleur des solutions, qui était bleue avec le colorant improprement dénommé « vert malachite », II, est devenue verte avec le nouveau colorant, IV; on pourrait même dire que le vert est dépassé, puisque cette première bande d'absorption déborde sur l'infrarouge et que l'avance de la deuxième bande se fait sentir sur la teinte par un ton jaunâtre surajouté au fond vert.

La triple liaison exerce ainsi une action bien plus grande sur l'approfondissement de la couleur quand elle est partie intégrante du groupement chromophore, comme dans IV, que quand elle le renforce par l'extérieur en chaîne latérale, comme dans I : l'écart, mesuré toujours par le déplacement du sommet de la première bande, est de 450 Å [comparer I et IV, (*fig.* 1)].

Il est donc maintenant bien établi que la liaison acétylénique est capable de résonner énergiquement avec un système aromatique approprié, qui lui est conjugué. Les schémas IV explicitent cette résonance dans le cas de nos colorants acétyléniques; ils sont caractérisés par l'enchaînement cumulénique figurant dans l'une des deux formules limites.

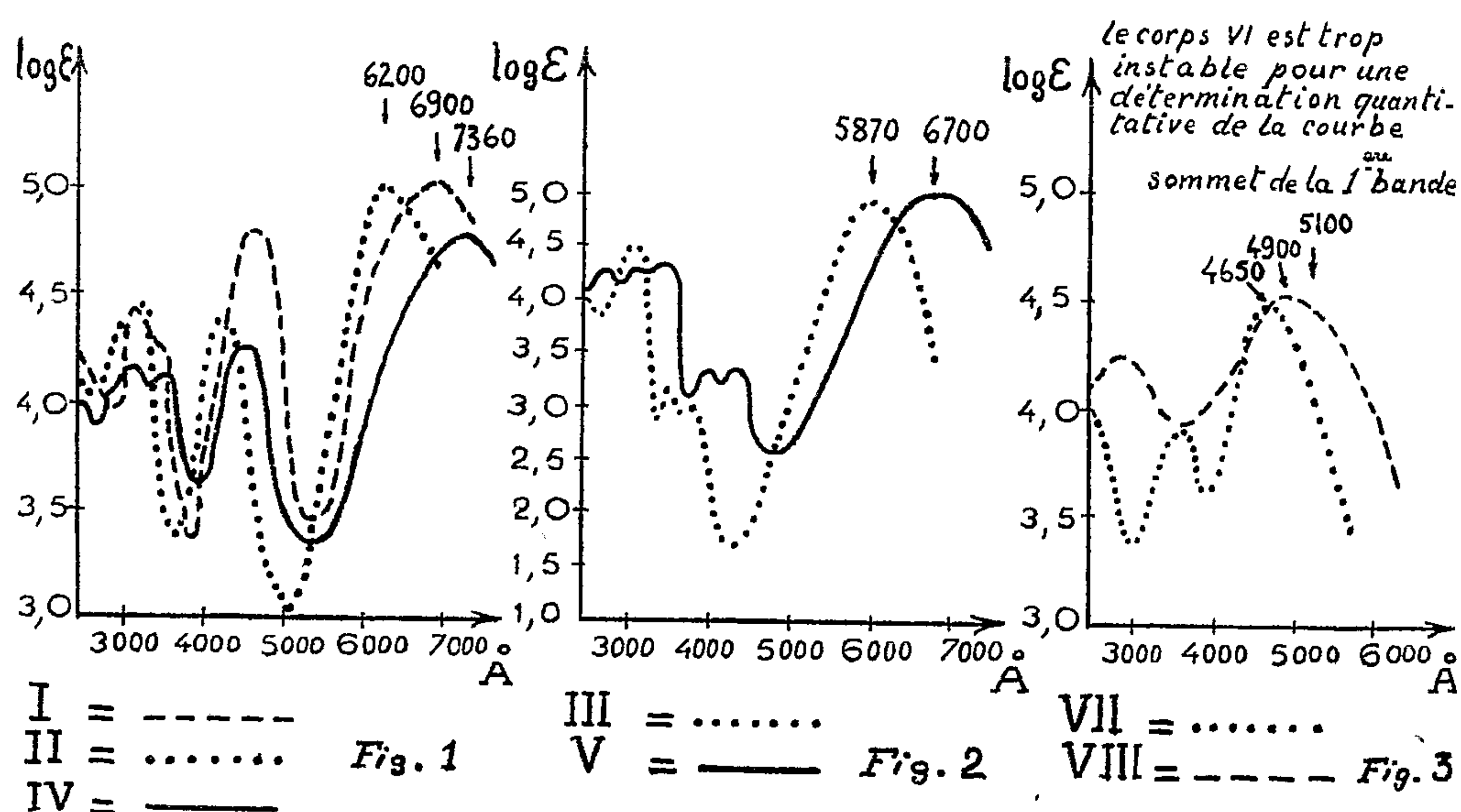
*b*. Nous n'avons pas manqué de préparer l'analogue acétylénique, V, du violet cristallisé, III.

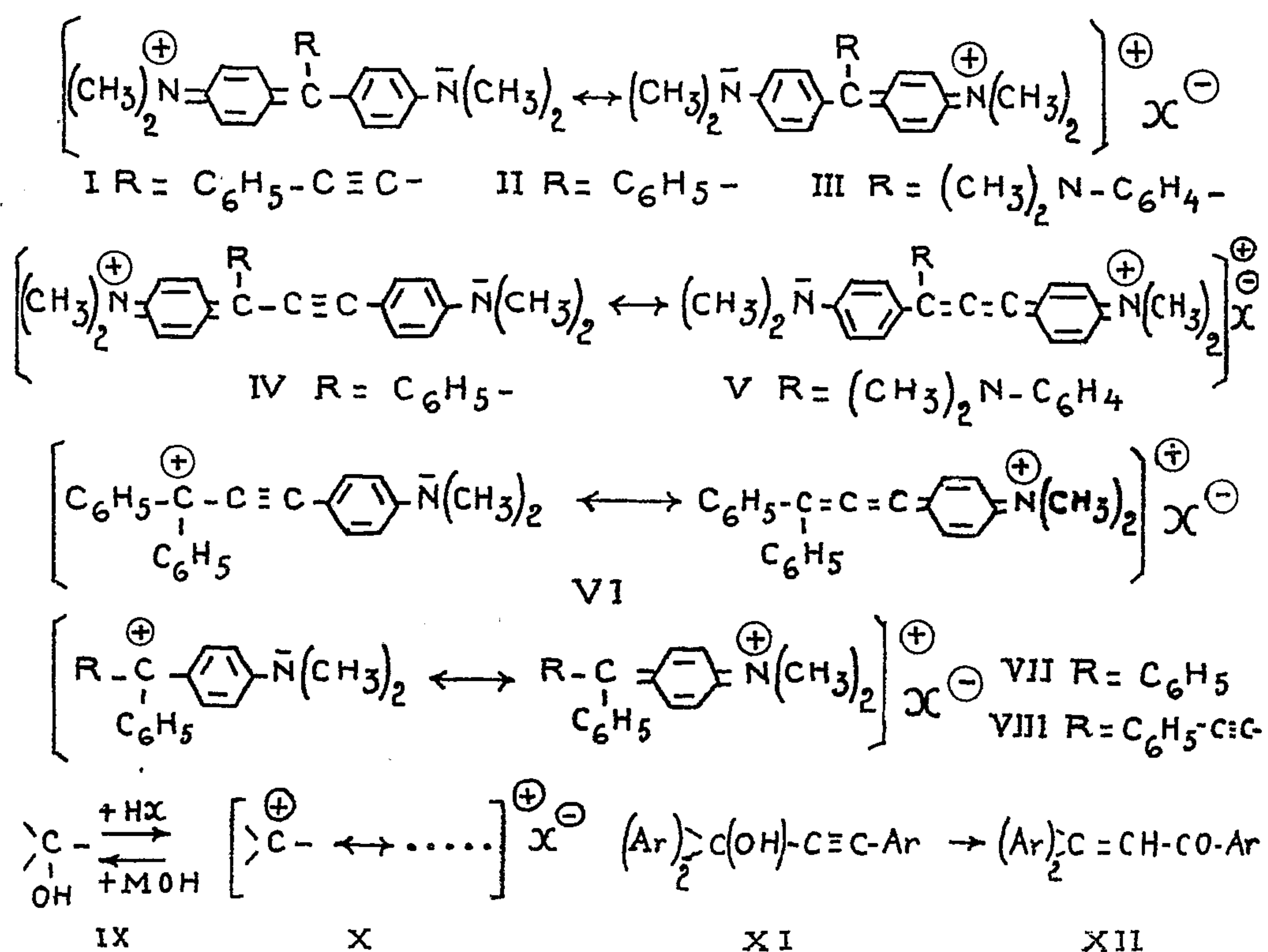
On sait que la conjugaison croisée de trois centres de polarité exerce une forte action hypsochrome; l'introduction d'un troisième groupement aminé sur le vert malachite, II → III, a pour effet d'abaisser la teinte au violet (rétrogradation du sommet de la première bande : 330 Å).

La même particularité s'est retrouvée chez les colorants acétyléniques : l'introduction du troisième reste aminé, IV → V, a rétrogradé la bande de 660 Å. Malgré tout, la triple liaison y garde son haut pouvoir chromophorique, comme en témoigne déjà la comparaison des teintes, bleue pour le nouveau colorant, V, contre violette pour l'ancien, III, et comme le montre de façon plus précise l'écart des positions des bandes, marquant un saut de 830 Å vers l'infrarouge au profit du colorant acétylénique [comparer III et V (*fig.* 2)].

La liaison acétylénique manifeste également son activité quand elle est en conjugaison directe avec un groupe imonium simple, VI, colorant dont le sommet principal devance de 450 Å celui du corps à structure fuchsonimonium ordinaire [comparer VI et VII, (*fig.* 3)]. Si elle est mise hors du système imonium, comme dans VIII, elle reste encore active, mais, tout comme dans le cas du colorant vert I, elle l'est notablement moins : l'avance n'est plus que de 250 Å seulement [comparer VII et VIII, (*fig.* 3)].

Il résulte de cet ensemble que la triple liaison, contrairement à ce que l'on




aurait pu supposer antérieurement, est douée d'une activité chromophorique considérable, quand elle est intégrée dans un colorant.

c. Devant ce fait inattendu et connaissant la réactivité de la triple liaison, on a lieu de se demander si cette dernière subsiste bien dans le processus chromogène qui fait passer la base carbinolique incolore, IX, aux sels colorés, X, sous l'influence des acides; autrement dit, le groupe actif ne serait-il pas, au lieu de la triple liaison, un terme d'addition ?

Aucun doute ne règne à cet égard, en raison des deux arguments qui suivent. D'une part, les bases agissant sur les colorants proprement dits régénèrent les carbinols acétyléniques incolores dans leur état primitif, ce qui exclut l'éventualité de toute addition transitoire sur la triple liaison. D'autre part, même en milieu acide faible, en acide acétique par exemple, le colorant se transforme irréversiblement, justement par addition sur la triple liaison, et alors la couleur disparaît sans que les bases puissent désormais régénérer le corps initial : le colorant VI est particulièrement instable. Il se fait ainsi la cétone éthylénique, XII, conformément à une propriété générale ([2]) des alcools triarylpropargyliques, XI. Cette propriété risque d'ailleurs de gêner beaucoup les applications pratiques, ce qui, toutefois, n'enlève rien à l'intérêt théorique de ces colorants.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Une proposition de la géométrie élémentaire équivalente à l'hypothèse du continu.* Note (*) de M. **Waclaw Sierpiński.**

L'hypothèse du continu ($2^{\aleph_0} = \aleph_1$) équivaut à la proposition P suivante :

P. Un cube solide, dont les trois côtés ayant un sommet commun sont $a_1$, $a_2$ et $a_3$, est une somme de trois ensembles de points $E_1$, $E_2$ et $E_3$ tels que, pour $i = 1, 2, 3$, l'ensemble $E_i$ a un nombre fini de points communs avec toute droite parallèle au côté $a_i$.

La démonstration d'équivalence de l'hypothèse du continu à la proposition P paraîtra dans le journal *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* dont on reprend la publication.

Ainsi on peut exprimer l'hypothèse du continu en termes de la géométrie élémentaire sans utiliser la notion de l'infini.

Il est à remarquer aussi que l'hypothèse $2^{\aleph_0} \leq \aleph_2$ peut être exprimée sans utiliser la notion de l'infini, puisqu'on peut démontrer qu'elle est équivalente à la proposition :

Q. L'espace euclidien E à quatre dimensions est une somme de quatre ensembles $E_i (i = 1, 2, 3, 4)$ tels que si l'on désigne par $OX_i (i = 1, 2, 3, 4)$ les

---

([2]) Kurt H. Meyer et K. Schuster, *D. Ch. G.*, 55, 1922, p. 815; Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Marckall, *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1923, p. 934 et nombreux exemples ultérieurs en relation avec les études sur la formation des rubrènes.

(*) Séance du 5 mars 1951.

quatre axes de coordonnées de l'espace E, l'ensemble $E_i$ est fini sur toute droite de E parallèle à l'axe $OX_i$, pour $i = 1, 2, 3, 4$.

La démonstration de cette équivalence et d'autres de ce genre paraîtra dans le tome 38 des *Fundamenta Mathematicæ*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques considérations sur les écoulements transsoniques*. Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Écoulements transsoniques dans les tuyaux de section variable. Quelques propriétés fondamentales distinguant les écoulements supersoniques des écoulements subsoniques et soniques. Extension de la théorie de la *vena contracta* aux fluides compressibles. Théorie approchée de la résistance aux vitesses balistiques.

1. Nous avons démontré ([1]) que la théorie des écoulements presque uniformes se prête à l'étude des mouvements subsoniques, soniques et supersoniques, mais non pas à celle des écoulements transsoniques proprements dits. Nous discuterons maintenant un cas particulier de ces derniers avec l'approximation admise par Reynolds et Hugoniot. Nous supposerons, pour préciser les idées, que l'écoulement, plan ou troisdimensionnel, est symétrique par rapport à l'axe $Ox$ et qu'il s'effectue par tranches parallèles le long d'un tuyau dont l'aire S des sections droites est une fonction de $x$, en général quelconque, pourvu que la variation $(dS/dx)$ soit suffisamment lente pour qu'on puisse considérer les composantes $v$ et $w$ de la vitesse $q$ comme négligeables par rapport à la composante $u$, $q = u$. Ce mouvement est irrotationnel et nous admettrons qu'il est aussi permanent et isentropique.

Avec ces simplifications, les équations de la conservation de la masse et de l'énergie, nous conduisent aux équations

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{S}{S_1} = \frac{M_1}{M}\left(\frac{\frac{\gamma-1}{2}M^2+1}{\frac{\gamma-1}{2}M_1^2+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}, \qquad \frac{\rho}{\rho_1} = \left(\frac{\frac{\gamma-1}{2}M^2+1}{\frac{\gamma-1}{2}M_1^2+1}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}, \\ &\frac{q}{q_1} = \frac{M}{M_1}\left(\frac{\frac{\gamma-1}{2}M^2+1}{\frac{\gamma-1}{2}M_1^2+1}\right)^{-\frac{1}{2}}. \end{aligned}\right.$$

$M_1$ est le nombre de Mach en un point où la vitesse est $q_1$, la célérité du son $c_1$ et la section du tuyau $S_1$, et M le nombre local de Mach en un point quelconque du courant. En posant $M = M_1 f(x/\lambda)$, où $\lambda$ est un paramètre ayant la dimension d'une ligne, on peut calculer, en raison des équations (1), la forme corres-

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 280-283.

pondante du tuyau, ainsi que la répartition des densités, pressions, vitesses et célérités du son en tout point du courant.

En posant, par exemple,

$$M = 0,5 + 0,2 \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \quad \text{ou} \quad M = 1,5 + 0,2 \sin 2\pi \frac{x}{\lambda},$$

on obtient respectivement un écoulement purement subsonique ou purement supersonique et en posant $M = 1 + 0,2 \sin 2\pi (x/\lambda)$ un écoulement transsonique. Dans le premier de ces écoulements les valeurs maxima et minima de S correspondent respectivement aux valeurs minima et maxima de $q$, dans le deuxième cette correspondance est inversée et, dans l'écoulement transsonique, les valeurs maxima de S correspondent, à tour de rôle, aux valeurs maxima et minima de $q$ et les valeurs minima de S aux vitesses soniques $q = c^*$.

2. Tchaplyguine a démontré ([2]) que, de même que dans les écoulements d'un fluide parfait incompressible, dans les écoulements permanents plans subsoniques la vitesse $q$ et l'angle $\theta$ qu'elle forme avec une direction fixe ne peuvent pas prendre des valeurs maxima, ni, en ce qui concerne $\theta$, minima, à l'intérieur du fluide. J'ai démontré ([3]) qu'il en est de même pour les mouvements soniques, tandis que dans les mouvements supersoniques $\theta$ et $q$ peuvent, en général, prendre à l'intérieur du fluide des valeurs maxima et minima. Cette démonstration peut être étendue aux écoulements troisdimensionnels, car elle est basée sur la remarque que, dans le voisinage immédiat de tous les points du courant, les équations générales ([4]) des mouvements subsoniques, soniques et supersoniques presque uniformes sont applicables.

Les écoulements déterminés par les équations (1) ne contredisent pas ces théorèmes, car la vitesse, conservant une même valeur en tout point d'une section droite du tuyau ne saurait devenir, en aucun point du courant, supérieure ou inférieure à celle de *tous les points* qui l'entourent.

3. Reynolds et Hugoniot ont mis en évidence qu'un jet gazeux, qui s'écoule, par un orifice d'aire $S_1$ d'un réservoir où les pressions et densité du gaz sont $p_0$ et $\rho_0$, vers l'extérieur, où elles sont $p_1$ et $\rho_1$, tend à devenir convergent-divergent, lorsque le rapport $(p_0 : p_1)$ devient, dans les conditions usuelles, supérieur à 1,9. La vitesse $q_m$ dans la section contractée $S_m$ est égale à la célérité locale du son $c_m$ et le débit $\rho_m c_m$ ne dépend pas de la pression extérieure $p_1$, mais le coefficient de contraction $(S_m : S_1)$ en dépend. Hugoniot ([5]) s'est exprimé à ce propos (j'emploie mes notations) comme suit : « Soit $S_1$ l'aire de l'orifice; le calcul du débit repose uniquement sur la connaissance du coefficient $(S_m : S_1)$.

---

([2]) *Annales Sc. de l'Université de Moscou. Cl. Phys.-Math.*, **21**, 1904, p. 1-121.

([3]) *Public. Sc. et Tech. du Ministère de l'Air*, **108**, 1937, p. 22-27.

([4]) *Public. Sc. et Tech. du Ministère de l'Air*, **157**, 1939, p. 17.

([5]) *Comptes rendus*, **103**, 1886, p. 1253-1255.

Il faudra généralement, pour déterminer ce coefficient, recourir à l'expérience. Rien n'autorise d'ailleurs, à le regarder comme indépendant de la pression $p_1$ qui règne dans le milieu d'aval. »

Pour étendre la théorie de la *vena contracta* aux fluides compressibles, j'ai appliqué le raisonnement suivant. On peut écrire en première approximation, en raison du théorème des projections de la quantité de mouvement,

$$\text{(2)} \qquad \frac{R}{S_1 D q_1} = \frac{p_0 - p_1}{D q_1} = \frac{S_m}{S_1} = f(M_1), \qquad M_1 = \frac{q_1}{c_1}.$$

R est la réaction exercée sur le réservoir par le jet gazeux issu de ce dernier, en supposant qu'une détente progressive complète du gaz, de la pression $p_0$ à la pression $p_1$, a effectivement lieu. Le débit D est égal à $(\rho_1 q_1)$ on a $(\rho_m c_m)$ selon que $M_1 \lessgtr 1$. En substituant à $(p_0 : p_1)$, $(\rho_m : \rho_1)$, $(c_m : c_1)$ leur expression en fonction de $M_1$, il vient

$$f(M_1) = \frac{1}{\gamma M_1^2}\left[\left(\frac{\gamma-1}{2}M_1^2+1\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} - 1\right], \qquad M_1 < 1,$$

$$f(M_1) = \left(\frac{\gamma^2-1}{4\gamma^2}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(1+\frac{2}{\gamma-1}\,\frac{1}{M_1^2}\right)^{\frac{1}{2}}\left[1-\left(\frac{\gamma-1}{2}M_1^2+1\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}\right], \qquad M_1 > 1.$$

La fonction (2) et sa première dérivée sont continues pour $M_1 = 1$, mais la dérivée seconde subit une discontinuité en ce point.

4. Comme on pouvait s'y attendre, en raison du principe de l'égalité de l'action et de la réaction, le tracé de la courbe (2) rappelle celui de la variation du coefficient de résistance des projectiles en fonction du nombre de Mach $M_1$ et j'ai pu développer une théorie approchée de la résistance aux vitesses balistiques basée sur cette remarque ([6]).

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Révision des pouvoirs rotatoires magnétiques des principaux gaz*. Note (*) de MM. **René de Mallemann**, **François Suhner** et **Jean Grange**.

Les pouvoirs rotatoires magnétiques de $O_2$, $N_2$, $CO_2$ avaient été mesurés d'abord par H. Becquerel (1880), au voisinage de la pression et de la température normales. A peu près en même temps, Kundt et Röntgen étudièrent

([6]) J'ai publié cette théorie en septembre 1916 dans un travail autographié (en russe) intitulé *Sur la résistance de l'air*. Ce travail a été présenté à l'Académie et résumé par Paul Appell (*Comptes rendus*, **164**, 1917, p. 163). Cette théorie a été ensuite exposée dans le *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino* (VI, 1920, p. 39-45, Paris) et dans le *Mémorial de l'Artillerie française* (II, 1923, p. 706-712). Elle est mentionnée dans le *Lehrbuch der Ballistik*, de C. Cranz (I, 1927, p. 544, Berlin).

(*) Séance du 5 mars 1951.

les rotations de $O_2$, $N_2$, $H_2$. CO, sous des pressions de plusieurs dizaines d'atmosphères; Siertsema (1898-1903) reprit plus tard leur méthode en la perfectionnant, atteignant 100 kg/cm². Il y a une vingtaine d'années, l'un de nous entreprit, (avec P. Gabiano), des mesures sous de faibles pressions à l'aide d'un dispositif assez puissant pour n'exiger qu'un seul passage dans la bobine magnétisante (alors que Becquerel avait dû multiplier les passages par réflexions successives à chacune des extrémités); ce procédé d'observation permit, en particulier, d'étudier un assez grand nombre de *vapeurs*. L'appareil ayant subi depuis divers perfectionnements, il nous a semblé utile de contrôler nos précédentes mesures sur les gaz et de dresser un tableau comparatif des résultats obtenus par les différentes méthodes [1].

Suivant les notations choisies une fois pour toutes, nous désignons par $\Lambda_t^p$ la valeur de la constante de Verdet, en minutes, gauss, centimètres, pour la pression $p$ et la température $t$, et par $[\Lambda]$ le pouvoir rotatoire *spécifique*, obtenu en divisant $\Lambda_t^p$ par la masse spécifique $d_t^p$ correspondante.

Les constantes de Verdet $\Lambda_0^{760}$ rapportées aux conditions normales sont calculées en admettant *l'invariance de* $[\Lambda]$. Théoriquement, ceci ne serait pas exact, mais avec des gaz tels que $H_2$, $O_2$, $N_2$, Ar, l'écart resterait nettement inférieur aux erreurs d'expériences, pour des pressions ne dépassant pas quelques centaines d'atmosphères, au voisinage de 0° (la valeur du pouvoir rotatoire spécifique devant alors se confondre pratiquement avec celle de la *rotativité*).

La réduction des nombres de Siertsema aux conditions normales ont été faites en calculant les rapports $d_t^p/d_0^{760}$ à l'aide des tables d'Amagat. Dans nos propres expériences, les pressions n'ayant pas dépassé $4^{atm}$, ces corrections sont négligeables; (sauf pour $CO_2$, dont la densité a été extraite des nombres de Leduc).

Les valeurs ci-dessous se rapportent à la radiation *jaune* du Hg : $\lambda = 578^{m\mu}$.

| | Siertsema. | | | | | M. S. et G. | | | | Becquerel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gaz. | $p$ (atm). | $t$ °C. | $\Lambda_t^p$ $10^6$. | $[\Lambda]$. | $\Lambda_0^{760}$ $10^6$. | $p$ (mm). | $t$ °C. | $[\Lambda]$. | $\Lambda_0^{760}$ $10^6$. | $\Lambda_0^{760}$ $10^6$. |
| $H_2$ ........ | 83,5 | 9,5 | 424 | 0,0700 | 6,29 | 3100 | 7 | $0,070^0$ | $6,2^9$ | – |
| $O_2$ ........ | 96,8 | 7 | 572 | 0,00395 | 5,65 | 3102 | 7,5 | $0,0039^7$ | $5,6^9$ | 6,6 |
| $N_2$......... | 96,8 | 14 | 570 | 0,00492 | 6,15 | 2715 | 6 | $0,0051^6$ | $6,4^6$ | 7,3 |
| Air (atm)... | 96,8 | 13 | 570,5 | 0,00462 | 5,97 | 3020 | 7 | $0,0048^5$ | $6,2^7$ | 7,1 |
| $CO_2$....... | 1 | 6 | 8,94 | 0,00463 | 9,15 | 2850 | 6 | $0,0047^5$ | $9,3^9$ | 13,7 |
| Argon ..... | – | – | – | – | – | 2920 | 6 | $0,0052^5$ | $9,3^6$ | – |

[1] Les nombres que l'on trouve actuellement dans la plupart des tables de Constantes ne sont généralement pas rapportés à des conditions correspondantes; en outre, on relève des erreurs manifestes, reproduites dans des Recueils différents, même parmi les plus récemment publiés.

On remarquera d'abord que, pour $H_2$ et $O_2$, nos résultats sont en excellent accord avec les nombres déduits des observations de Siertsema sous des pressions considérables, alors que, pour $N_2$ et $CO_2$, nous trouvons des nombres légèrement supérieurs (de 3 à 4 %). Par contre, nos mesures sous faibles pressions conduisent à des résultats qui sont tous très notablement inférieurs à ceux de Becquerel. Ainsi, en moyenne, nos nombres tendraient à se placer entre ceux de Becquerel et ceux de Siertsema, mais beaucoup plus près de ces derniers; les premiers paraissent nettement trop grands.

D'autre part, les compressibilités relatives des gaz interviennent; dans les conditions où opérait Siertsema, la Constante de Verdet de l'oxygène est supérieure à celle de l'azote, alors que l'ordre se trouve *renversé* pour des pressions relativement faibles, et ceci est en accord qualitatif avec les observations de Becquerel. On notera aussi que la Constante de Verdet *normale* de l'*azote* $\Lambda_0^{760} = 6,46.10^{-6}$ est *un peu supérieure à celle de l'hydrogène*, tandis que la conversion du nombre de Siertsema conduit à la conclusion *inverse*.

Si l'on calcule le pouvoir rotatoire spécifique de *l'air* atmosphérique à partir des rotations *spécifiques* de $O_2$ et de $N_2$ (règles des mélanges), on trouve

$$0,23 \times 0,0039^7 + 0,77 \times 0,0051^6 = 0,0048^8$$

et la mesure directe nous a donné $0,0048^5$.

Voici quelques indications complémentaires sur les expériences. Différence de potentiel magnétique utilisée : $Hl = 61\,1364$ C. G. S. Nous désignons par $2\rho$ les rotations doubles observées pour $\lambda = 578^{m\mu}$, par $[\Lambda]_M$ les pouvoirs rotatoires *moléculaires* (rotativités) correspondants.

1. $H_2$. — Produit électrolytique commercial :

$$2\rho = 0^\circ,507, \qquad \frac{546}{678} \sim 1,13, \qquad \frac{436}{578} \sim 1,83,$$
$$[\Lambda]_M = 14,0^4.10^{-2}\,(\text{min}) = 4,0^7.10^{-5}\,(\text{rad}).$$

2. $O_2$. — Produit commercial de l'Air liquide : 97,5 % (analysé par le pyrogallate de K et l'hydrosulfite de Na) (²).

$$2\rho = 0^\circ,460, \qquad \frac{546}{578} \sim 1,08, \qquad \frac{436}{578} \sim 1,50,$$
$$[\Lambda]_M = 12,7^0.10^{-2}\,(\text{min}) = 3,7^0.10^{-5}\,(\text{rad}).$$

3. $N_2$. — Produit commercial de l'Air liquide : 99,2 % : (analyse : $N_2$ 99,2; $O_2$ 0,6; $CO_2$ 0,2).

$$2\rho = 0^\circ,460, \qquad \frac{546}{578} \sim 1,12, \qquad \frac{436}{578} \sim 1,80,$$
$$[\Lambda]_M = 14,4^7.10^{-2}\,(\text{min}) = 4,2^1.10^{-5}\,(\text{rad}).$$

---

(²) Les gaz ont été analysés par M. Malaprade, Professeur à l'École Supérieure des Industries Chimiques.

4. $CO_2$. — Produit commercial liquéfié : le gaz est complètement absorbable par KOH.

$$2\rho = 0^\circ,715, \qquad \frac{546}{578} \sim 1,13, \qquad \frac{436}{578} \sim 1,85.$$

$$[\Lambda]_M = 20,9.10^{-2}\ (\text{min}) = 6,0^8.10^{-5}\ (\text{rad}).$$

5. Argon. — (de la Société l'Air Liquide).

$$2\rho = 0^\circ,720, \qquad \frac{546}{578} \sim 1,125, \qquad \frac{436}{578} \sim 1,81.$$

$$[\Lambda]_M = 21,0.10^{-2}\ (\text{min}) = 6,1^1.10^{-5}\ (\text{rad}).$$

Les dispersions ne diffèrent pas sensiblement des valeurs indiquées par Siertsema. En particulier, *la dispersion de* $O_2$ *est anomale* et pratiquement indépendante de la pression (au moins dans le visible). La rotation *spécifique* de ce corps semble d'ailleurs plus grande à basse température. Mentionnons à ce propos une mesure que nous avons faite à 64° qui donnerait un $\Lambda_0^{760}$ inférieur de 1 % au nombre du tableau; la différence est trop faible pour permettre de conclure avec certitude. Néanmoins, d'après les données actuellement disponibles, la *rotativité de* $O_2$ *liquide* (au voisinage de sa température normale d'ébullition) serait nettement supérieure à la rotation moléculaire du gaz (0° et 760mm). Or, on sait que le spectre d'absorption du *liquide* présente des bandes dans tout le visible, et ce fait suffirait à suggérer que les propriétés magnéto-optiques de l'oxygène peuvent s'écarter beaucoup des règles simples suivies par la plupart des substances diamagnétiques.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 226 (janvier-juin 1948) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Georges Mouriquand** adresse à l'Académie son Ouvrage intitulé : *Pneumonie et pneumopathies aiguës de l'enfant. Étude clinique et radiologique*, en collaboration avec M. Jacques Savoye, et une collection de tirages à part constituant l'ensemble de ses travaux de médecine.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Emmanuel de Margerie** :

Hans Cloos. *Gespräch mit der Erde. Geologische Welt-und Lebensfahrt.*

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de médecine expérimentale, créée au Collège de France par arrêté du 18 décembre 1950.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. **Maurice Loeper** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *Hyacinthe Vincent*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Académie des Sciences d'Esthonie. *Nõukogude teaduse arengust Eesti NSV-S*. 1940-1950 (Le développement de la science soviétique en Esthonie.)

ALGÈBRE. — *Sur des familles de matrices auxquelles est applicable une méthode d'itération*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

M. Plunkett (¹) a montré qu'étant donné l'équation matricielle

$$u = u_0 + Qu,$$

où $u$ et $u_0$ sont des matrices unicolonnes comportant $n$ éléments et $Q = (a_{ij})$ une matrice d'ordre $n$ à éléments réels, on pouvait la résoudre, $u_0$ et $Q$ étant supposés connus, dans le cas où les valeurs caractéristiques de $Q$ ne sont pas, en module, inférieures à l'unité, par un procédé dont il a donné le principe.

Ce procédé n'est applicable que s'il est possible de trouver un nombre $\theta$ tel que les valeurs caractéristiques de la matrice d'ordre $n$,

$$I\theta + (1-\theta)Q,$$

I étant la matrice unité, se trouvent toutes à l'intérieur du cercle unité.

Nous nous proposons de donner des conditions suffisantes qui caractérisent des familles de matrices $Q = (a_{ij})$ auxquelles cette méthode d'itération est applicable.

Pour que les valeurs caractéristiques de $I\theta + (1-\theta)Q$ soient toutes dans le cercle unité il suffit que l'on ait

$$(1) \qquad |(1-\theta)a_{ii} + \theta| + |1-\theta| \sum_{j\neq i} |a_{ij}| < 1 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

Une matrice Q étant donnée, il faut donc examiner dans quelles circonstances il est possible de trouver une valeur de $\theta$ qui permette de satisfaire simultanément aux $n$ inégalités précédentes.

Des calculs simples que nous ne pensons pas utile de reproduire dans cette Note, nous ont conduit aux résultats suivants :

1° Si la matrice $Q = (a_{ij})$ est telle que

$$a_{ii} > 1,$$
$$\sum_{j\neq i} |a_{ij}| < a_{ii} - 1 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$

en prenant

$$\frac{(a_{ii})_{\max}}{1+(a_{ii})_{\max}} > \theta > 1,$$

les inégalités (1) sont simultanément satisfaites et l'on pourra utiliser la méthode de Plunkett.

2° Si la matrice $Q=(a_{ij})$ est telle que

$$a_{ii} < 0,$$
$$\sum_{j \neq i} |a_{ij}| < 1 + |a_{ii}| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$

en prenant

$$\frac{|a_{ii}|_{\max}}{1+|a_{ii}|_{\max}} < \theta < 1,$$

les inégalités (1) pourront être satisfaites et la méthode envisagée conduira à un résultat satisfaisant.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes d'approximation et problèmes des moments*. Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On indique des conditions portant sur la fonction $F(u)$ et l'ensemble E pour que toute fonction continue s'annulant à l'infini puisse être approchée sur E par $F(u)P(u)$ où $P(u)$ est un polynome. On donne aussi la solution du problème d'unicité des moments lorsque le spectre de la distribution est supposé situé sur un ensemble donné (fermé) quelconque.

Rappelons d'abord quelques notations de notre Note précédente [1] : $L\{M_n\}$ désigne l'ensemble des fonctions $f$, indéfiniment dérivables sur la droite R, telles que $\|f^{(n)}\| \leq M_n$ ($\|\varphi\|$ est la norme de $\varphi$ dans L). $S(f)$ désigne la transformée de Fourier de $f$. E étant un ensemble sur la droite R, on désigne par $E_h$ son recouvrement ($h$), c'est-à-dire l'ensemble $\bigcup_{x\in E}[x-h, x+h]$. $\tau(f)$ désigne l'ensemble des fonctions limites dans L des combinaisons linéaires translatées de $f$, c'est-à-dire l'ensemble des limites, dans L, des expressions $\sum_1^N a_n f(x+\xi_n)$. Les résultats de la Note citée conduisent facilement au théorème suivant :

Théorème I. — *Soit* $F=S(f)$, *où* $f\in L\{M_n\}$, *et soit* $\Psi = S(\psi)$, *où* $\psi\in\tau(f)$.

(1) *Quart. applied Math.*, 4, 1950, p. 419.

(1) S. Mandelbrojt, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 284.

*Soit* E *un ensemble fermé sur* R, *et soit* $h$ *une quantité positive. Posons*

$$\text{(1)}\qquad C(\sigma) = \overline{\underset{n \geq 0}{\text{Borne}}}(n\sigma - \log M_n).$$

*Si*

$$\int_0^{\infty} C(\sigma)\, e^{-\int_0^{\sigma} \frac{d\tau}{u(e^{\tau}) - u(-e^{\tau})}} d\sigma = \infty,$$

*où* $u(x)$ *est une fonction continue et bornée sur* R, *bornée inférieurement par un nombre positif, et possédant les propriétés suivantes :*

1° $u(x) \leqq \frac{1}{2}$ si $x \in E_h$, $u(x) \leqq \frac{3}{2}$ si $x \notin E_h$ et $-x \in E_h$,

2° *ou bien* $u(x)$ *est à variation bornée, ou bien* $u(x)$ *admet une dérivée continue telle que* $x\,u'(x)$ *est à variation bornée et telle que*

$$\int_{-\infty}^{\infty} x[u'(x)]^2\, dx < \infty,$$

*alors à tout* $\varepsilon > 0$ *correspond un polynome* $P(u)$ *tel qu'on ait sur* E

$$|\Psi(u) - F(u)\,P(u)| < \varepsilon.$$

On peut, d'autre part, démontrer le lemme suivant :

Lemme. — *Soit* $F(u)$ *une fonction positive et paire sur* R, $-\log F(u)$ *étant une fonction convexe de* $\log u\,(u > 0)$, *et telle que* $\lim_{|u|=\infty} F(u)\,u^n = 0$ *quel que soit* $n$. *Il existe alors une fonction paire* $F_1(u)$ *satisfaisant aux conditions suivantes :* $F(u) \leqq F_1(u)$, $-\log F_1(u)$ *est une fonction convexe de* $\log u\,(u > 0)$, $F_1 = S(f_1)$ *où* $f_1 \in L\{M_n\}$, *les* $M_n$ *étant tels qu'avec la notation* (1) *on ait*

$$-\frac{1}{2}\log F_1(\sigma) \leqq C(\sigma + \gamma_1) + \gamma_2\sigma,$$

*où* $\gamma_1$ *et* $\gamma_2$ *sont des constantes. Si, en plus,* $|F'(u)| = O(u^{\alpha})$, *où* $\alpha$ *est une constante, on peut poser dans cet énoncé* $F(u) = F_1(u)$.

Le théorème I conduit alors facilement au théorème suivant :

Théorème II. — *Soit* $F(u)$ *une fonction positive, paire, telle que pour tout* $n$ : $\lim_{u=\infty} F(u)\,u^n = 0$, $-\log F(u)$ *étant une fonction convexe de* $\log u\,(u > 0)$. *Soit* E *un ensemble fermé et soit* $h$ *une quantité positive.*

*S'il existe une fonction* $u(x)$ *continue et bornée sur* R, *bornée inférieurement par un nombre positif, possédant les propriétés* 1° *et* 2° *du théorème* I *et telle que*

$$-\int^{\infty} \log F(e^{\sigma})\, e^{-\int^{\sigma} \frac{d\tau}{u(e^{\tau}) + u(-e^{\tau})}} d\sigma = \infty,$$

*alors à toute fonction* $H(u)$ *continue sur* R, *avec* $\lim_{|u|=\infty} H(u) = 0$, *et à tout* $\varepsilon > 0$ *correspond un polynome* $P(u)$ *tel que*

$$|H(u) - F(u)\,P(u)| < \varepsilon.$$

(1) Pour la terminologie concernant le problème des moments, *voir* Shohat and Tamarkin; *The problem of moments.* (*Mathematical Surveys*, n° 1, 1945, New-York).

A partir de ce théorème on peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME III. — *Soit* $\{m_n\}$ *une suite réelle, et soit* E *un ensemble fermé sur* R. *Supposons qu'il existe une fonction de distribution d'ensembles* $V(e)$ *dont le spectre est situé sur* E *et satisfaisant aux relations* (1)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} u^n \, dV = m_n \qquad (n \geqq 0).$$

*Posons* $\Phi(u) = \Sigma u^{2n} m_{2n}^{-1}$, *si* E *contient un point d'abscisse négative, et* $\Phi(u) = \Sigma u^{2n} m_n^{-1}$ *dans le cas contraire.* $h$ *étant une quantité positive, supposons qu'il existe une fonction* $u(x)$, *continue et bornée sur* R, *bornée inférieurement par un nombre positif, possédant les propriétés* 1° *et* 2° *du théorème* I, *et telle que*

$$\int^{\infty} \log \Phi(e^{\sigma}) \, e^{-\int^{\sigma} \frac{d\tau}{u(e^{\tau}) + u(-e^{\tau})}} \, d\sigma = \infty.$$

*Dans ces conditions deux fonctions de distribution d'ensembles quelconques, dont les spectres sont situés sur* E *et qui satisfont à* (2) *sont substantiellement égales.*

Le théorème II contient comme cas très particulier un théorème classique de S. Bernstein. Celui-ci correspond au cas E = R. Le théorème III contient le théorème connu de Carleman fournissant la solution du problème d'unicité de Stieltjes; il suffit de poser

$$u(x) = \frac{1}{2} \quad (x \geqq 1), \qquad u(x) = \frac{3}{2} \quad (x \leqq -1), \qquad u(x) = 1 - \frac{x}{2} \quad (|x| \leqq 1),$$

étant E la demi-droite positive; ainsi que le théorème de Carleman donnant la solution du problème d'unicité de Hamburger : on posera $u \equiv 1/2$, E = R.

TOPOLOGIE. — *Compactification des espaces séparés.*

Note (*) de Mlle **Annamaria Gerolini**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Je donne une condition nécessaire et suffisante de compactificabilité pour un espace topologique ainsi qu'un procédé donnant toute compactification possible. La condition est exprimée en termes ne portant que directement sur la topologie de l'espace donné; aucun appel n'est fait à l'axiome du choix (1). Ce résultat comprend celui d'Alexandroff, pour le cas des espaces localement compacts.

J'introduis d'abord quelques notions, sur les ensembles ordonnés et sur le filtres dans un espace topologique (2).

---

(*) Séance du 5 février 1951.

(1) Après le résultat classique de A. Tychonoff (*Math. Ann.*, **102**, 1930, p. 544-561), des solutions du problème à l'aide de l'axiome du choix ont été données par M. H. Stone (*Trans. A. S. M.*, **41**, 1937, p. 375-481) et par E. Čech [*Ann. of Math.* (2), **38**, 1937, p. 823-844] indépendamment, et, plus récemment, par P. Samuel (*Trans. A. M. S.*, **64**, 1948, p. 100-132).

(2) Pour les autres notions, *voir* N. Bourbaki, *Topologie générale*, Chap. I, II, IX.

Dans un ensemble ordonné $\Omega$ on dira *central* tout sous-ensemble $C \subset \Omega$ tel que : (1) pour $x, y \in C$, $x < y$ entraîne $x = y$, (2) pour tout $x \in \Omega$, il existe $x' \in \Omega$ et $c \in C$ tels que $x < x'$, $c < x'$.

Dans un espace topologique E : on dira qu'un filtre $\mathcal{F}$ est *lié* avec un ensemble I, si pour tout $F \in \mathcal{F}$ on a $F \cap I \neq 0$; on dira *filtre-voisinage* de $\mathcal{F}$ le filtre $\mathcal{F}'$ ayant pour base les voisinages des ensembles de $\mathcal{F}$; on dira *filtre ouvert divergent* tout filtre possédant une base d'ensembles ouverts et n'ayant pas de points adhérents. Si $\Phi$ est la famille des filtres ouverts divergents dans E, ordonnée par inclusion (« $\mathcal{F}_1$ moins fin que $\mathcal{F}_2$ » équivalant à « $\mathcal{F}_1 \subset \mathcal{F}_2$ »), on dira qu'un sous-ensemble central $\Gamma \subset \Phi$ est une *famille centrale régulière* (f. c. r.) si : (3) pour $\mathfrak{C}_1$, $\mathfrak{C}_2 \in \Gamma$ il existe $C_1 \in \mathfrak{C}_1$, $C_2 \in \mathfrak{C}_2$ tels que $C_1 \cap C_2 = \emptyset$, (4) pour tout C d'un filtre $\mathfrak{C} \in \Gamma$ il existe dans $\mathfrak{C}$ un ensemble fermé $G \subset C$ tel que C appartient à tout filtre de $\Gamma$ qui est lié avec G.

On démontre sans peine le *lemme* suivant : *Dans un espace régulier, tout filtre a les mêmes points adhérents que son filtre-voisinage.*

Théorème. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace* E *soit sous-espace d'un espace compact est que :* ($\alpha$) E *soit régulier;* ($\beta$) *dans la famille* $\Phi$ (*qu'on supposera non vide*) *des filtres ouverts divergents dans* E *il existe une f. c. r.* $\Gamma$ *telle que pour tout* $x \in E$ *et dans tout voisinage* $A_x$ *de* $x$ *il existe un voisinage fermé* $B_x (\subset A_x)$ *de* $x$ *tel que pour tout* $\mathfrak{C}$ *de* $\Gamma$ *qui est lié avec* $B_x$ *on ait* $A_x \in \mathfrak{C}$.

Voici le procédé suivi pour démontrer le théorème.

1. Si $E \subset E'$ avec E' compact, on sait que E est régulier. On considère : l'ensemble $E^*$ des points de $E' \cap \complement(E)$ adhérents à E; la famille $\Delta$ des filtres des voisinages des points de $E^*$; la famille $\Gamma$ des traces de ces filtres sur E. On voit que $\Gamma$ est une f. c. r. dans E, et qu'elle satisfait à ($\beta$).

2. Supposant vérifiées ($\alpha$) et ($\beta$), désignons par P l'ensemble des filtres de $\Gamma$ (qu'on va concevoir comme des points « ajoutés » à E). Dans $E' = E + P$, nous disons « ouvert » tout ensemble-réunion d'ensembles du type $A + P_A$, où A est un ensemble ouvert de E et $P_A$ est l'ensemble des « points ajoutés » en correspondance des filtres $\mathfrak{C}$ de $\Gamma$ tels que $A \in \mathfrak{C}$. La structure dont on vient de munir E' est une topologie, qui donne dans le sous-espace E la topologie initiale. L'espace E' est régulier : on le démontre en remarquant que si un point $p \in P$ est adhérent à un ensemble $I \subset E$, le filtre $\mathfrak{C} \in \Gamma$ correspondant à $p$ est lié avec I; après quoi, le fait que E est régulier, la (4) et la ($\beta$) amènent à la thèse. Il s'agit enfin de démontrer que tout filtre $\mathcal{F}'$ sur E' possède au moins un point adhérent (compacité de E'). Disons $\mathcal{F}''$ le filtre-voisinage de $\mathcal{F}'$; $\mathcal{F}$ le filtre trace de $\mathcal{F}''$ sur E; $\mathcal{F}'''$ le filtre sur E' ayant pour base $\mathcal{F}$. On a $\mathcal{F}'' \subset \mathcal{F}'''$. $\mathcal{F}$ a une base d'ensembles ouverts (dans E). Alors : *a*. si $\mathcal{F}$ a des points adhérents dans E, ceux-ci le sont à $\mathcal{F}'''$, donc à $\mathcal{F}''(\subset \mathcal{F}''')$; et, d'après le Lemme, à $\mathcal{F}'$ aussi; *b*. si $\mathcal{F}$ est un filtre (ouvert) divergent

dans E il existe, d'après (2), un filtre $\mathfrak{C} \in \Gamma$ et un filtre $\mathfrak{M} \in \Phi$ tels que $\mathfrak{C} \subset \mathfrak{M}$, $\mathfrak{F} \subset \mathfrak{M}$. Si $p$ est le point « ajouté » en correspondance du filtre $\mathfrak{C}$, tout voisinage de $p$ contient un ensemble de $\mathfrak{C}$. Puisque $\mathfrak{C} \subset \mathfrak{M}$, tout voisinage de $p$ rencontre tout ensemble de $\mathfrak{M}$; puisque $\mathfrak{F} \subset \mathfrak{M}$, tout voisinage de $p$ rencontre tout ensemble de $\mathfrak{F}$. C'est-à-dire, $p$ est adhérent à $\mathfrak{F}$ (base du filtre, dans E'), donc à $\mathfrak{F}'''$; et du fait que $\mathfrak{F}'' \subset \mathfrak{F}'''$, $p$ est adhérent à $\mathfrak{F}''$; d'après le lemme on a enfin que $p$ est adhérent à $\mathfrak{F}'$.

On remarquera que, si l'on donne un compactifié E' quelconque de E (tel que $\overline{\mathrm{E}} = \mathrm{E}'$), on trouve E' à partir de E en choisissant la famille $\Gamma$ comme il est indiqué dans 1.

Le procédé de compactification d'un espace localement compact par l'adjonction d'*un* point, donné par Alexandroff, rentre dans le procédé plus général qu'on vient d'indiquer. En effet, on a dans ce cas une f. c. r. $\Gamma$ d'un seul filtre, à savoir le filtre des voisinages du point ajouté. On peut remarquer encore que le procédé de Alexandroff est caractéristique pour les espaces localement compacts; en effet, si un espace peut être compactifié par l'adjonction d'*un* point il est nécessairement localement compact.

Du fait que la *compactificabilité* est, pour les espaces séparés, équivalente à l'*uniformisabilité*, on tire du théorème donné une *condition nécessaire et suffisante d'uniformisabilité pour les espaces séparés*, ainsi qu'un *procédé général pour l'uniformisation des espaces séparés* [3].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de M. S. Colombo.* Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Nouvelles relations et expressions relatives aux fonctions

$$\int_0^\infty \frac{k^x}{\Gamma(1+x)} \frac{x^{s-1}}{\Gamma(s)} dx = \mu(k, s)$$

et preuve que par rapport à $s$ la fonction $\mu(k, s)$ est entière. Relations avec la fonction $\mathrm{A}(x)$ de Touchard.

En vue d'homogénéiser les notations avec les conventions généralement admises pour la transformation de Mellin nous poserons

$$(1) \qquad \int_0^\infty \frac{k^x}{\Gamma(1+x)} \frac{x^{s-1}}{\Gamma(s)} dx = \mu(k, s)$$

et l'on a alors

$$(2) \qquad \mu(k, s) = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{e^{kz}\, dz}{z \log^s z} \qquad (c > 0)$$

(3) Du théorème donné, on résout sans peine le même problème pour le cas des espaces non séparés, s'appuyant sur une propriété, presque immédiate, des espaces non séparés uniformisables (*voir*, N. Bourbaki, *op. cit.*, Chap. II).

et

(3) $$\frac{k^x}{\Gamma(1+x)} = \frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \mu(k, s)\,\Gamma(s)\,x^{-s}\,ds \qquad (c > +1)$$

comme, par rapport à la variable $x$, la fonction $k^x/\Gamma(1+x)$ est entière en déplaçant l'axe d'intégration sur la gauche on déduit aisément par le calcul des résidus

$$\frac{k^x}{\Gamma(1+x)} = \sum_0 \mu(k, -n)\frac{(-x)^n}{n!}$$

et par conséquent $\mu(k, s)$ est holomorphe à gauche de l'axe d'intégration de (3); $c$ pouvant être arbitrairement grand il s'en suit que, $s$ étant pris pour variable, $\mu(k, s)$ est une fonction entière

Appliquons le théorème de Parseval-Mellin à (1) nous trouvons

$$\int_0^\infty \frac{k^{2x}}{\Gamma^2(1+x)}\,dx = \frac{1}{2\pi i}\int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{\pi}{\sin \pi s}\,\mu(k, s)\,\mu(k, 1-s)\,ds \qquad (0 < a < 1)$$

et par suite

(4) $$\int_0^\infty \frac{k^{2x}}{\Gamma^2(1+x)}\,dx = \int_0^\infty \frac{\left|\mu\left(k, \frac{1}{2}+it\right)\right|^2}{\operatorname{ch}\pi t}\,dt.$$

D'autre part de

(5) $$\mu(t, 1) = \nu(t) = e^t - \int_0^\infty \frac{e^{-ty}}{y(\pi^2 + \log^2 y)}\,dy$$

on déduit aisément

(6) $$\int_0^\infty \frac{k^{2x}}{\Gamma^2(1+x)}\,dx = \mathrm{I}_0(2k) - \int_0^\infty \frac{\mathrm{J}_0(2k\sqrt{y})\,dy}{y(\pi^2 + \log^2 y)}.$$

Posons

$$\int_0^\infty \frac{k^x}{\Gamma(1+x)}\,\frac{\sin \pi\alpha x}{\pi\alpha}\,dx = \mathbf{Ts}(k, \alpha)$$

nous avons

(7) $$\int_0^\infty e^{-tx}\,\mathbf{Ts}(x, \alpha)\,dx = \frac{1}{t(\pi^2\alpha^2 + \log^2 t)},$$

d'où

(8) $$\nu(t) = e^t - \int_0^\infty \frac{\mathbf{Ts}(x, 1)}{t+x}\,dx$$

et

(9) $$\mathrm{I}_0(2\sqrt{t}) - \int_0^\infty \frac{t^x}{\Gamma^2(1+x)}\,dx = \int_0^\infty e^{-tx}\,\mathbf{Ts}\left(\frac{1}{x}, 1\right)\frac{dx}{x}.$$

Si l'on pose

$$\int_0^\infty \frac{e^{-tx}}{1+x^2}\,dx = \int_0^\infty \frac{\sin x}{t+x}\,dx = \mathrm{A}(t),$$

et comme

$$\nu(t) = e^t - \int_0^1 \frac{e^{-ty}\,dy}{y(\pi^2 + \log^2 y)} - \int_1^\infty \frac{e^{-ty}}{y[\pi^2 + \log^2 y]}\,dy,$$

il est aisé de voir que la première de ces intégrales est la fonction entière

$$\Phi_1(t)=\sum_0^\infty \frac{A(\pi n)}{\pi}\frac{(-x)^n}{n!},$$

quant à

$$\Phi_2(t)=\int_1^\infty \frac{e^{-ty}}{y(\pi^2+\log^2 y)}dy=e^{-t}\int_0^\infty \frac{e^{-ty}\,dy}{(1+y)[\pi^2+\log^2(1+y)]},$$

en partant de

$$\int_1^\infty \frac{x^{-s-1}}{\pi^2+\log^2 x}dx=\frac{A(\pi s)}{\pi},$$

on en déduit aisément

$$(10)\qquad \Phi_2(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}\Gamma(s)\frac{A(\pi s)}{\pi}t^{-s}\,ds \qquad (c>0),$$

soit

$$\int_0^\infty \Phi_2(x)x^{s-1}\,dx=\Gamma(s)\frac{A(\pi s)}{\pi}, \qquad \mathcal{R}(s)>0.$$

On a aussi

$$(11)\qquad \Phi_2(t)=e^{-t}\int_0^\infty \frac{e^{-x}\mathbf{Ts}(x,1)}{t+x}dx.$$

Ainsi on a

$$\nu(t)=e^{+t}-\sum_0^\infty \frac{A(\pi n)}{\pi}\frac{(-t)^n}{n!}-\Phi_2(t),$$

La fonction $\Phi_2(t)$ étant négligeable quand $t$ est grand puisque

$$\Phi_2(t)=O(e^{-t}t^{-1}).$$

MÉCANIQUE. — *Sur une équation différentielle de la physique.*
Note de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Henri Beghin.

En appliquant le calcul des perturbations à l'équation différentielle

$$\ddot{x}+b\dot{x}+x+(a-\varepsilon x^2)x\cos 2t+ex^3=0,$$

on étudie l'existence de solutions périodiques stables. Les conclusions sont établies pour le cas général ainsi que pour les 14 cas particuliers.

Dans la théorie des oscillations non linéaires on rencontre une équation différentielle (é. d., pour abréger) de la forme

$$(A)\qquad \ddot{x}+b\dot{x}+x+(a-\varepsilon x^2)x\cos 2t+ex^3=0,$$

où $b$, $a$, $\varepsilon$ et $e$ sont des petites constantes du même ordre de grandeur. Si

(*) Séance du 18 décembre 1950.

$\varepsilon = e = 0$, l'é. d. (A) se réduit à l'équation de Mathieu par le changement de variable $x = u \exp.(-bt/2)$.

Nous nous proposons de rechercher si (A) possède des solutions périodiques stables (s. p. s., pour abréger). En procédant comme il a été indiqué dans la Note précédente ([1]) et en utilisant des séries ordonnées suivant les puissances du paramètre $\varepsilon$, on aboutit aux é. d. de la première approximation suivantes

$$\text{(B)}\qquad \frac{d\rho}{dt} = \frac{1}{4}\rho[(\rho - 2A)\sin 2\varphi - 4B]; \qquad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{4}\left[(\rho - A)\cos 2\varphi - \frac{3E\rho}{2}\right],$$

où les variables $\rho$ et $\varphi$ sont définies de la même façon que dans la Note précédente et où $A = a/\varepsilon$, $B = b/\varepsilon$ et $E = e/\varepsilon$.

Le régime stationnaire $(\rho_0, \varphi_0)$ est donné par le point singulier de (B), ce qui détermine la phase par les relations

$$\sin 2\varphi_0 = \frac{4B}{(\rho_0 - 2A)}; \qquad \cos 2\varphi_0 = \frac{3E\rho_0}{2(\rho_0 - A)}.$$

L'amplitude stationnaire $\rho_0$ s'obtient de l'équation

$$\text{(C)}\qquad 4(\rho_0 - A)^2(\rho_0 - 2A)^2 - 64B^2(\rho_0 - A)^2 - 9E^2\rho_0^2(\rho_0 - 2A)^2 = 0.$$

Comme $\rho_2$ est une quantité positive, ce ne sont que des racines réelles et positives de (C) qui nous intéressent ici.

Pour étudier la stabilité du régime stationnaire, on forme les équations aux variations du système (B), ce qui conduit à une équation en S

$$S^2 + BS - \frac{1}{4}F = 0,$$

où la quantité F est donnée par la formule

$$\text{(D)}\qquad F = \Big[(\rho_0 - A)^2\sin^2 2\varphi_0 - 2B(\rho_0 - A)\sin 2\varphi_0 + \frac{1}{2}\rho_0(\rho_0 - 2A\cos^2 2\varphi_0 - \frac{3}{4}E\rho_0(\rho_6 - 2A)\cos 2\Phi\Big].$$

Comme $B > 0$, la condition de stabilité exige $F < 0$. Le problème ne présente pas de difficulté si l'on connaît les valeurs numériques des paramètres, mais la discussion algébrique est compliquée pour des raisons évidentes.

Il est possible toutefois de discuter une série de cas particuliers intéressants pour les applications en envisageant un espace paramétrique à trois dimensions (A, B, E) et en étudiant les é. d. qui correspondent aux plans qui limitent les différents octants de cet espace. Les quatre octants qui correspondent à $B < 0$ ne présentent pas d'intérêt car les points de ces octants correspondent aux points singuliers instables.

Pour les quatre octants ($B \geq 0$), on a les cas particuliers suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| (1), (2) | $B=0$, | $A>0$, | $E \gtrless 0$; |
| (3), (4) | $B=0$, | $A<0$, | $E \gtrless 0$; |
| (5), (6) | $A=0$, | $B>0$, | $E \gtrless 0$; |
| (7), (8) | $E=0$, | $A \gtrless 0$, | $B>0$; |
| (9), (10) | $E=B=0$, | $A \gtrless 0$; | |
| (11) | $A=E=0$, | $B>0$; | |
| (12), (13) | $A=B=0$, | $E \gtrless 0$; | |
| (14) | $A=B=E=0$. | | |

On identifie les é. d. correspondantes à cette classification de (A) ainsi que de la définition de A, B et E où l'on suppose $\varepsilon \neq 0$.

On trouve que les cas (5), (6), (8), (10), (11), (12) et (13) ne donnent pas lieu aux s. p. s. Dans le cas (1), il y a deux s. p. s.; une avec $\rho_0 = A/(1+3E/2)$ dans l'intervalle $0 < E < \infty$ et l'autre $\rho_0 = A/(1-3E/2)$ dans l'intervalle $0 < E < 2/3$. Le cas (2) donne le même résultat compte tenu du signe de E. Dans le cas (3), la s. p. s. existe dans l'intervalle $2/3 < E < \infty$ avec $\rho_0 = |A|/(3E/2-1)$. Le même résultat subsiste dans le cas (4) compte tenu du signe de E. Dans le cas (7), il y a deux s. p. s. dans l'intervalle $4B < A < 6B$. Une de ces s. p. s. existe avec $\rho_0 = A$ et $\sin 2\varphi_0 = -(4B/A)$ et l'autre avec $\rho_0 = 2A - 4B$ et $\sin 2\varphi_0 = -1$. Pour $A > 6B$, ce n'est que la première de ces deux s. p. s. qui subsiste. Dans le cas (9), il existe une s. p. s. avec $\rho_0 = A$ et l'une des deux phases définies par $\cos 2\varphi_0 = \pm 1$.

On peut montrer que $\rho = 0$ est une position d'équilibre instable. En effet, on trouve pour $\rho \cong 0$ que $d\rho/dt > 0$ si la phase $2\varphi$ se trouve dans un secteur (S) défini par la relation $3\pi/2 \pm \alpha$, où $\alpha = \arccos(2B/A)$; en dehors de (S), $d\rho/dt < 0$. D'autre part, la deuxième équation (B) montre que la phase devient stable pour une valeur $3\pi/2 - \eta$, où $\eta$ est du même ordre que $\rho \cong 0$. Il en résulte que la phase stable $2\varphi'$ se trouve toujours dans (S), à moins que $2B \cong A$, ce qui entraîne $\alpha \cong 0$ et, dès lors, la possibilité que $2\varphi'$ se trouve en dehors de (S). On voit ainsi que normalement (si $2B < A$), le système oscillatoire régi par (B) s'amorce toujours et que le point $\rho = 0$ se comporte comme un foyer instable.

ÉLASTICITÉ. — *Remarques au sujet du théorème de Castigliano.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

L'Auteur étend le théorème de Castigliano au cas où les charges sont réparties d'une façon continue, et applique le théorème ainsi étendu aux vibrations d'une poutre droite, d'une tige rigide.

1. Rappelons les résultats classiques suivants :

Si l'on exprime le potentiel interne $\varpi$ d'un système élastique en fonction des charges $Q_i (i = 1, 2, \ldots, n)$, appliquées aux points $P_i$, le déplacement $u_i$ du point $P_i$, compté dans la direction de $Q_i$, est donné par le théorème de Castigliano : $u_i = \partial\varpi/\partial Q_i$.

Si l'on exprime le potentiel interne en fonction des $u_i$, déplacements des points $P_i$, et si $Q_i$ représente la projection sur la direction de $u_i$ de la charge correspondante, on a $Q_i = \partial\varpi/\partial u_i$.

2. Ces résultats s'étendent au cas de charges réparties, grâce au calcul fonctionnel. Si l'on exprime le potentiel interne, soit $\mathcal{F}(x, y, z)$, au moyen de X, Y, Z, composantes rectangulaires de la charge locale en P, et si $u$, $v$, $w$, sont les composantes du déplacement obtenu en P par l'application de ces charges, on a, avec des dérivées fonctionnelles

$$(1) \qquad u = \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial X}, \qquad v = \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Y}, \qquad w = \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Z}.$$

Et corrélativement, si le potentiel interne est exprimé en fonction des déplacements $u$, $v$, $w$, soit $\mathcal{G}(u, v, w)$, les charges X, Y, Z qui produisent ces déplacements ont les valeurs

$$(2) \qquad X = \frac{\partial\mathcal{G}}{\partial u}, \qquad Y = \frac{\partial\mathcal{G}}{\partial v}, \qquad Z = \frac{\partial\mathcal{G}}{\partial w}.$$

Dans le premier cas, le déplacement est une fonctionnelle des charges; dans le second cas, la charge est une fonctionnelle des déplacements. Dans le second cas, il n'est nullement nécessaire de prendre des composantes rectangulaires pour le déplacement, on peut introduire des fonctions-paramètres (1) pour évaluer le déplacement local du système matériel.

3. La démonstration classique du théorème de Castigliano fait intervenir des états d'équilibre se succédant très lentement pendant un temps très long, puis une application du théorème des forces vives : d'où une difficulté pour étendre les propriétés 1 et 2 au cas de la dynamique. Pour éviter cette difficulté, il suffit d'appliquer le principe du travail virtuel à chaque instant, en faisant figurer les forces d'inertie parmi les forces appliquées. Les procédés indiqués aux paragraphes 1 et 2 permettent la mise en équation des problèmes de dynamique par la méthode étendue des équations de Lagrange ([1]).

4. La corrélation indiquée au paragraphe 2, dans le cas de forces isolées, et qui s'établit directement, peut aussi être considérée comme une conséquence de la théorie des formes quadratiques adjointes. Dans le cas de charges réparties, cette corrélation peut être présentée ainsi : $\mathcal{F}(X, Y, Z)$ étant le

---

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1136.

potentiel interne exprimé en fonction des charges, on en déduit le déplacement par les formules (1); supposant ces formules résolubles par rapport à X, Y, Z, nous portons les valeurs obtenues dans le potentiel $\mathcal{F}$; il devient une fonctionnelle $\mathcal{G}(u, v, w)$, on vérifie alors que les forces X, Y, Z, peuvent être obtenues en prenant les dérivées fonctionnelles de $\mathcal{G}$ par rapport à $u, v, w$. Ce résultat peut s'établir directement. On a ainsi un moyen théorique de résoudre certains systèmes fonctionnels. Le procédé peut être étendu à une fonctionnelle $\mathcal{F}$ homogène en X, Y, Z, de degré quelconque, avec certaines précautions. On obtient ainsi des formules qui sont l'extension naturelle des formules permettant de passer de l'équation ponctuelle à l'équation tangentielle d'une variété, et vice versa.

5. *Applications.* — A titre de vérification, on retrouve les résultats bien connus de l'équilibre d'une poutre droite chargée, ou de ses vibrations longitudinales ou transversales.

Le problème plus difficile de la vibration dans son plan d'une tige rigide, courbe, encastrée à une extrémité, libre à l'autre, peut être mis en équation de la manière suivante. Soient $x(\alpha)$, $y(\alpha)$ les coordonnées d'un point de la courbe au repos, $\alpha$ représentant l'angle de la tangente avec $Ox$, et $x+\xi$, $y+\eta$ les coordonnées du même point matériel pendant le mouvement : nous supposons que $\xi$ et $\eta$ restent petits, et que la tige est inextensible, ce qui est le cas des tiges métalliques. On montre que $\xi$ et $\eta$ s'expriment au moyen d'une fonction arbitraire $\varphi(\alpha, t)$, qui sera la fonction-paramètre, par les formules

$$\xi = \varphi \cos\alpha - \varphi'_\alpha \sin\alpha, \qquad \eta = \varphi \sin\alpha + \varphi'_\alpha \cos\alpha.$$

Après avoir évalué le potentiel interne en fonction de $\varphi$, on écrit l'équation de Lagrange, qui est ici une équation aux dérivées partielles linéaire et homogène. On peut rechercher les vibrations propres de la forme

$$\varphi(\alpha, t) = e^{i\omega t}\psi(\alpha) :$$

$\psi$ satisfait à une équation différentielle linéaire et homogène du sixième ordre, dont les coefficients dépendent de $\alpha$. D'après les conditions aux limites, au nombre de trois pour chaque extrémité, la solution est identiquement nulle, sauf si $\omega$ vérifie une certaine condition, savoir l'équation aux pulsations propres. La formation de cette équation se ramène à un calcul d'élimination quand on suppose constants la densité linéaire, la section et le rayon de courbure.

On peut traiter de même le cas de la vibration d'une tige élastique, de forme et de section quelconques, dans l'espace. Le problème est beaucoup plus difficile, et comporte la recherche de trois équations pour les trois fonctions arbitraires dont dépend la position de la tige.

ASTRONOMIE. — *Sur le raccord d'une zone adiabatique et d'une zone radiative dans l'atmosphère des étoiles*. Note de Mme **Charlotte Pecker**, présentée par M. A. Danjon.

On a montré dans une précédente Note (1) qu'il était possible de raccorder une zone convective profonde en équilibre adiabatique à une zone radiative superficielle d'épaisseur optique $\tau_0$. On étudie ici ce raccordement de façon exacte pour savoir quelles sont les équations et conditions à satisfaire, afin de permettre le raccord avec une adiabatique déterminée.

A. *Équations et conditions.* — 1. Il faut exprimer que l'atmosphère stellaire est en équilibre hydrostatique, ce qui donne la première équation

$$dP = -g\rho\, dz, \tag{1}$$

qui, jointe à l'équation de définition de la profondeur optique, conduit à

$$d\tau = \frac{\varkappa}{g}\, dP. \tag{2}$$

2. Dans la zone convective, l'équilibre adiabatique est réalisé, l'entropie est donc constante,

$$S = \text{const.} \tag{3}$$

3. Dans la zone radiative, l'équation de transfert du rayonnement est

$$\mu \frac{dI}{d\tau} = I - B, \tag{4}$$

il faut de plus exprimer la constante du flux

$$\frac{dF}{d\tau} = 0 \tag{5}$$

et le fait que l'intensité du rayonnement envoyé vers l'intérieur de l'étoile est nul à la surface

$$I_-(\tau = 0) = 0. \tag{6}$$

Pour le calcul de cette zone, il faudra toujours vérifier (2) et montrer de plus que si $\tau_0$ est la profondeur optique du point de raccord, on a

$$\tau_0 = \int_0^{P_0} \frac{\varkappa\, dP}{g}. \tag{7}$$

4. Les conditions à satisfaire pour le raccordement des deux zones sont de plus :

le raccord des intensités

$$I_{+\text{rad}}(\tau = \tau_0) = \int_{\tau_0}^{\infty} B(t)\, e^{-\frac{t-\tau_0}{\mu}} \frac{dt}{\mu}; \tag{8}$$

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 932.

la continuité de la température

$$B_R(\tau = \tau_0) = B_C(\tau = \tau_0). \tag{9}$$

la vérification de l'équation de Schwarzschild qui (9) étant satisfaite entraîne

$$\frac{dB_R}{d\tau}(\tau = \tau_0) = \frac{dB_C}{d\tau}(\tau = \tau_0). \tag{10}$$

B. Pour faciliter la discussion on a pris comme solution approchée de l'équation de transfert, celle donnée par la méthode de Chandrasekhar, qui a l'avantage d'assurer automatiquement la constance du flux; (5) se trouve donc satisfaite.

Il faut déterminer en plus des $2n$ paramètres introduits par l'emploi de l'approximation de degré $n$, les trois paramètres servant à déterminer le modèle d'atmosphère, c'est-à-dire la gravité $g$, la température $T_0$ et la profondeur optique $\tau_0$ du point de raccord. Soit au total $2n+3$ paramètres qui pourront être déterminés à l'aide des équations précédentes [(6) et (8) donnent $n$ équations chacune, (9), (10) et (7), une chacune], soit également $2n+3$ équations.

Le problème est donc entièrement déterminé. Il existe sur une adiabatique donnée un ou plusieurs systèmes de valeurs des paramètres permettant le raccord.

ASTROPHYSIQUE. — *Détermination de la pression atmosphérique sur la planète Mars.* Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. Bernard Lyot.

La sensibilité des mesures de polarisation de la lumière jointe à la qualité des images télescopiques au Pic du Midi permettent une détermination assez précise de la pression atmosphérique sur la planète Mars, encore mal connue. En l'absence de voiles atmosphériques, les variations de la polarisation, du centre au bord, pour diverses phases, sur diverses taches du sol, en diverses couleurs, fournissent le rapport des brillances de l'atmosphère et du sol 0,037, et la pression 83 millibars.

La planète Mars est entourée d'une atmosphère dont la pression est mal connue : Par l'indice de couleur, D. Menzel [1] obtint en 1926, comme limite supérieure, $25^{mb}$. En 1929, par la courbe de polarisation, B. Lyot [2] trouva la même limite. Par la photométrie du disque, Barabasheff et Semeykine [3] obtinrent $49^{mb}$, W. Scharonow [4] $120^{mb}$, N. Sytinskaya [5]

(1) *Aph. J.*, **63**, 1926, p. 48.
(2) *Thèse* et *Ann. Obs. Meudon*, **8**, 1929.
(3) *Zeits. f. Aph.*, **8**, 1934, p. 44.
(4) *Poulkovo Obs. Circ.*, **32**, 1941, p. 62.
(5) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, **43**, 1944, p. 147.

$107^{mb}$, de Vaucouleurs [6] environ $53^{mb}$. Par l'altitude des nuages, Hess [7] trouva $80^{mb}$. J'ai tenté une détermination plus précise :

*Recherches préliminaires.* — Le 18 janvier 1946, j'ai observé, avec une lunette de $60^{cm}$, l'occultation d'une étoile de magnitude 9,2 par le disque de Mars phénomène très rare. L'étoile s'affaiblit progressivement pendant 6 secondes environ et disparut avant d'avoir atteint le bord du limbe, prouvant une atmosphère [8] dont la pression au sol est plusieurs dizaines de millibars. En 1948 [9], l'étude polarimétrique de la lumière des bords du disque m'a fourni un critère sensible pour déterminer la pression. Les mesures avaient défini $80^{mb}$. La méthode pouvait être grandement développée.

En 1950, des mesures de la brillance des taches à des distances croissantes du centre du disque [10] ont donné une pression de $95^{mb}$, probablement un peu forte en raison des impuretés de l'atmosphère.

Nouvelles recherches. — *La proportion de lumière polarisée que l'on observe en un point de la planète est la combinaison de celles du sol et de l'atmosphère. Ses variations avec la distance au centre, la phase, la couleur, l'albedo déterminent la contribution de l'atmosphère et par suite la brillance de celle-ci,* $B_a$, rapportée à celle $B_s$ des régions claires du sol, en lumière orangée ($\lambda = 0^{\mu},61$) à l'opposition, au centre du disque.

J'ai mesuré les polarisations à 1 ‰ près avec le polarimètre de Lyot, et les brillances à 3 % près avec un photomètre visuel qui sera décrit ultérieurement.

Il faut que l'atmosphère terrestre soit très homogène : à l'observatoire d'altitude du Pic du Midi, avec la lunette de $60^{cm}$, la turbulence, presque toujours faible, permet de mesurer très près du bord ($\theta = 65^{\circ}$). Il faut, de plus que l'atmosphère de la planète soit bien pure : les bords du disque sont généralement couverts par une légère brume ultra-violette, invisible sans filtre bleu, mais qui altère la polarisation. Elle se déchire quelquefois, on doit profiter de telles circonstances.

Pour la phase V et la distance $\theta$ au centre du disque, les régions claires du sol et l'atmosphère ont respectivement pour brillance : $B_s\varphi(V)\psi(\theta)$ et $B_a(1+\cos^2 V/(2\cos\theta)\ (\lambda_0/\lambda)^4$. Pour polarisation : $P_s(V)+\Delta(\theta)$ et $\sin^2 V/(1+\cos^2 V)$. On observe sensiblement la polarisation résultante :

$$P(V\ \lambda\ \theta) \# P_s(V) + \Delta(\theta) + \frac{B_a}{B_s}\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4 \frac{\sin^2 V}{2\varphi(V)}\,\frac{1}{\psi(\theta)\cos\theta}.$$

*Première méthode :* La différence entre la polarisation au centre et au bord

---

(6) *Ciel et Terre*, 61, 1945.
(7) *P. A. S. P.*, 60, 1948, p. 289.
(8) *Annuaire Bureau Longitudes*, 1938.
(9) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 383.
(10) Résultats non encore publiés.

du disque est

$$\Delta(\theta) - \frac{B_a}{B_s}\frac{\sin^2 V}{2\varphi(V)}\left[1 - \frac{1}{\psi(\theta)\cos\theta}\right].$$

Sa variation avec la phase détermine $\Delta(\theta)$ et $B_a/B_s$ ([9]). Sur environ 50 nuits de bonnes images, la planète n'a montré qu'à 7 reprises l'un de ses bords suffisamment dégagé de voiles. Entre $V = 6°,2$ et $34°,4$, les 7 mesures déterminent $\Delta(60°) = -4\,°/_{oo}$ et $B_a/B_s = 0{,}040$.

*Deuxième méthode :* La différence entre des mesures précédentes effectuées en deux couleurs fournit :

$$\frac{B_a}{B_s}\frac{\sin^2 V}{2\varphi(V)}\left[1 - \frac{1}{\psi(\theta)\cos\theta}\right]\left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4 - 1\right].$$

Une seule nuit d'observation suffit, elle peut être choisie très favorable. Le 16 avril 1950, avec $V = 19°,3$, toute trace de voile était absente du côté du terminateur sur la grande région claire de Amazonis qui offrait un fond particulièrement uniforme. Les mesures en vert ($0{,}51\,\mu$) et en orangé ($0{,}62\,\mu$) donnèrent $B_a/B_s = 0{,}035$.

*Troisième méthode :* La comparaison des courbes de polarisation des taches du sol de brillance $a.B_s$ en vert et en rouge fournit encore :

$$\frac{B_a}{B_s}\frac{\sin^2 V}{2\varphi(V)}\left[\frac{1}{a}\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4 - \frac{1}{a}\right].$$

L'angle de vision $V = 26°$ correspond à l'annulation de la polarisation des voiles et donne, pour l'ensemble des taches : $B_a/B_s = 0{,}034$.

Autre procédé. — *L'atmosphère se manifeste également par la variation de la polarisation de la lumière globale avec la longueur d'onde* selon d'expression

$$P(V, \lambda) = \frac{P_s(V) + \dfrac{B'_a}{B'_s}\dfrac{\sin^2 V}{2\varphi(V)}\left(\dfrac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4}{1 + \dfrac{B'_a}{B'_s}\dfrac{1+\cos^2 V}{2\varphi(V)}\left(\dfrac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4}.$$

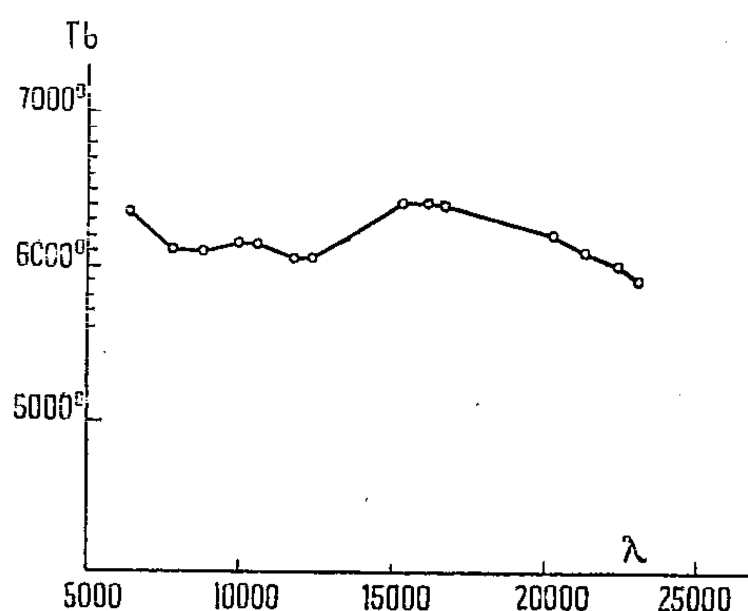
A l'aide d'un polarimètre photographique nouveau, j'ai mesuré la polarisation entre 3900 et 8400 Å, à travers sept filtres de sélectivité 300 Å et avec cinq émulsions, pour les trois angles de vision $V = 12°$, $25°$, $35°$ correspondant au minimum, à l'inversion et au maximum observable de la polarisation en lumière orangée. Pour 25°, la polarisation des voiles est annulée, on trouve pour l'atmosphère globale : $(B'_a/B'_s) = 0{,}07$. Pour 12° et 35°, les mesures dans le bleu s'écartent de la valeur calculée, de quelques millièmes, chacunes dans un sens, en raison de la polarisation des voiles. Au centre du disque, $B_a/B_s = 0{,}037$.

*Conclusion.* — Les quatre mesures s'accordent à définir la valeur ci-dessus La magnitude globale $M = -1{,}85$ fournit la brillance du sol $B_s = 0{,}26$ stilb, et par suite celle de l'atmosphère à la distance unité du Soleil $B_a = 0{,}022$ stilb. *Si l'atmosphère possède même pouvoir diffusant que l'air pur, son épaisseur sera* 0,22 *fois celle de la Terre et la pression au sol* 83 *millibars.*

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la température de brillance du centre du disque solaire entre* 6700 *et* 23000 Å *déduite des observations récentes*. Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

Dans un article récent ([1]), Chalonge, Mlle Divan et Kourganoff ont montré qu'on pouvait déterminer la position du maximum et du minimum d'absorption dans la photosphère solaire en calculant la température de brillance pour diverses longueurs d'onde; le maximum de température de brillance correspondant au minimum d'absorption.

Nous avons fait ce calcul en utilisant nos résultats publiés récemment ([2]). Nous constatons sur la figure 1 que le maximum est situé à 16500 Å à l'endroit où Chandrasekhar a trouvé le minimum d'absorption de l'ion négatif hydrogène.




A la précision des mesures nous trouvons un minimum très plat entre 8000 et 12000 Å qui correspondrait au maximum d'absorption de $H^-$. Il semble, par conséquent, que le potentiel d'ionisation de $H^-$ fixé par Chandrasekhar à 0,75 eV soit correct et que les divergences signalées par Chalonge, Mlle Divan et Kourganoff et par l'auteur ([3]) soient dues au fait que la courbe donnée par Mulders serait erronée à partir de 1μ,5.

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) *Ann. d'Astroph.*, 13, n° 4, 1950.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 517.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'analyse harmonique des fonctions aléatoires stationnaires, laplaciennes.* Note (*) de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Louis de Broglie.

En utilisant la représentation de Poincaré, on précise les propriétés d'une composante monochromatique ou quasimonochromatique d'une fonction aléatoire stationnaire laplacienne. Application aux propriétés statistiques d'une radiation de polarisation quelconque.

1. Je précise certains résultats d'une Note antérieure ([1]) à laquelle je renvoie pour les notations. J'aurai à utiliser la représentation de Poincaré des vibrations elliptiques. J'en rappelle l'essentiel ([2]). Une vibration elliptique

$$(1) \qquad \mathcal{E}(t) = \mathrm{F}\, e^{2\pi i\mu t} + \mathrm{G}\, e^{-2\pi i\mu t}$$

sera représentée par le point E de coordonnées sphériques

$$\rho = \big|\,|\mathrm{F}| + i|\mathrm{G}|\,\big|; \quad \text{longitude } 2\alpha = \text{Argument de } \{\mathrm{F}.\mathrm{G}\},$$

$$(2) \qquad \text{latitude } 2\beta = \frac{\pi}{2} - 2\lambda = \frac{\pi}{2} - 2 \text{ Argument de } \{|\mathrm{F}| + i|\mathrm{G}|\}.$$

A toute demi-direction $\Delta(2\alpha, 2\beta)$, associons une vibration $\mathcal{E}_1$ [vibration de base de $(\Delta)$] définie par

$$(3) \qquad \mathcal{E}_1[2\alpha, 2\beta, t] = \cos\lambda\, e^{2\pi i\mu t + i\alpha} + \sin\lambda\, e^{-2\pi i\mu t + i\alpha} \qquad \text{où} \quad 2\lambda + 2\beta = \frac{\pi}{2}.$$

$\alpha$ et $\beta$ étant fixés, une vibration $\mathcal{E}(t)$ peut toujours, et d'une seule façon, être mise sous la forme

$$(4) \qquad \mathcal{E}(t) = \rho\cos\varphi\,\mathcal{E}_1(2\alpha, 2\beta, t - t_0) + \rho\sin\varphi\,\mathcal{E}_1(2\alpha + \pi, -2\beta, t + \tau - t_0),$$

où $\varphi$ est compris entre o et $\pi/2$.

2. Transformations $\mathcal{T}$. — J'appellerai transformation $\mathcal{T}$ une transformation à cinq paramètres $(\alpha, \beta, \eta_1, \eta_2, \Delta\tau)$ qui transforme $\mathcal{E}(t)$ en $\mathcal{T}\{\mathcal{E}(t)\}$ tel que

$$(5) \quad \mathcal{T}\{\mathcal{E}(t)\} = \rho\eta_1\cos\varphi\,\mathcal{E}_1(2\alpha, 2\beta, t - t_0) + \rho\eta_2\sin\varphi\,\mathcal{E}_1(2\alpha + \pi, -2\beta, t + \Delta\tau + \tau - t_0).$$

Les transformations $\mathcal{T}$ ont une interprétation évidente dans l'étude de la lumière polarisée.

3. Fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes ([1]). — 1° Soit $dz(\mu, t)$ une composante monochromatique d'une telle fonction $\mathrm{X}(t)$

$$(6) \qquad dz(\mu, t) = dx_+(\mu)\, e^{2\pi i\mu t} + dx_-(\mu)\, e^{-2\pi i\mu t}.$$

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 934.

([2]) On trouvera des renseignements détaillés dans la thèse de Chaumont, Paris, 1913.

Une transformation $\mathfrak{T}_\mu$, fonction de $\mu$, la transforme en $\mathfrak{T}_\mu\{dz(\mu, t)\}$. En définissant, pour chaque $\mu$, une telle transformation, on définit une transformation de $X(t)$. Nous l'appellerons aussi une transformation $\mathfrak{T}$.

THÉORÈME. — *Les transformations $\mathfrak{T}$ conservent le caractère stationnaire laplacien. La transformée de la somme de deux vibrations est égale à la somme des transformées de chaque vibration.*

*Si $\eta_1 = \eta_2 = 1$, elles conservent la puissance moyenne de chaque composante monochromatique. Si $X_1(t)$ et $X_2(t)$ sont indépendants, il en est de même de $\mathfrak{T}[X_1(t)]$ et $\mathfrak{T}[X_2(t)]$.*

2° *Étude monochromatique.* — On peut toujours, par une transformation $\mathfrak{T}[\eta_1 = \eta_2 = 1]$, se ramener au cas où la composante elliptique $dz_1$ de $dz$ [*voir* (1)] est circulaire gauche. Nous supposerons donc qu'il en est ainsi. Soit $p^2$ la puissance moyenne de cette composante circulaire et $n^2$ celle de la composante non polarisée. Soit $\eta$ le quotient de $p^2$ par la puissance moyenne totale $dP(\mu) = p^2 + n^2$.

THÉORÈME (3). — *a. Si $\eta = 0$, la probabilité $d\mathfrak{P}$ pour que E soit intérieur à un élément de volume $dV$ entourant un point M est*

$$d\mathfrak{P} = f(M)\,dV = \left[\frac{2\rho}{\pi(dP)^2}\right] e^{-\frac{2\rho^2}{dP}}\,dV. \tag{7}$$

*b. Si $\eta = 1$, E reste sur la demi-droite $2\beta = \pi/2$; si $d\rho$ est un élément de cette demi-droite, on a*

$$d\mathfrak{P} = f[\rho]\,d\rho = \left[\frac{2\rho}{dP}\right] e^{-\frac{\rho^2}{dP}}\,d\rho. \tag{8}$$

*c. Dans le cas général, on a*

$$d\mathfrak{P} = f(M)\,dV = \left[\frac{2\rho}{\pi(1-\eta^2)(dP)^2}\right] e^{-\frac{2\rho^2(1-\eta\cos\theta)}{dP(1-\eta^2)}}\,dV, \tag{9}$$

*en posant $\theta = 2\lambda$.*

3° *Étude quasimonochromatique.* — Soit maintenant une fonction aléatoire stationnaire laplacienne $X(t)$ dont le spectre ne comporte que des fréquences $\nu$ de module compris entre $\mu - \Delta\mu$ et $\mu + \Delta\mu [\Delta\mu < \mu]$. Supposons qu'à $dF_-(\mu)$, $dF_-(\mu)$, $dV(\mu)$ correspondent des dérivées en $\mu$ (premières et secondes) continues et bornées. Alors $X(t)$ représentera une ellipse se déformant lentement au cours du temps et E se déplacera lentement.

THÉORÈME. — *Soit D un domaine de l'espace où évolue E, $\mathfrak{P}(D)$ la probabilité de trouver E dans D à un instant t quelconque. Désignons par $2\Delta T$ la mesure de l'ensemble des instants compris entre $-T$ et $+T$ pour lesquels E est intérieur*

(3) Dans le cas particulier de la lumière non polarisée, les résultats donnés ici ont été antérieurement établis, par une méthode différente de celle que j'utilise, par H. Hurwitz dans un intéressant article qui m'a été fort utile (*Journal of the Optical Society of America*, 35, 1945, p. 525).

à D. *Alors, on a, presque sûrement*

$$\lim_{T \to \infty} \frac{2\Delta T}{2T} = \mathfrak{L}(D). \tag{10}$$

4. Les résultats qui précèdent contiennent une description des propriétés statistiques du vecteur de Fresnel correspondant à une radiation lumineuse dont l'état de polarisation est quelconque (tout au moins quand on reste dans le domaine de validité de la théorie classique de la lumière).

## RELATIVITÉ. — *Relativité conforme.*

Note (*) de M. **Richard Ingraham**, présentée par M. Joseph Pérès.

Cette Note fait suite à une Note précédente ([1]). La construction de la théorie unitaire annoncée est achevée.

Dans la Note précédente ont été données les équations qui résultent d'un formalisme généralisé de Palatini qui permet de fixer les deux connexions $\Gamma^{\mu}{}_{\rho\tau}$ et $L^{A}{}_{B\rho}$ par un principe de variations.

Pour parvenir maintenant à la relativité conforme on particularise :

$$A^{M}_{N} = \frac{\partial x'^{m}}{\partial x^{n}}, \qquad A^{A}_{0} = \delta^{A}_{0}, \qquad A^{0}_{A} = \delta^{0}_{A}, \qquad A^{A}_{5} = \delta^{A}_{5}, \qquad A^{5}_{A} = \delta^{5}_{A}; \tag{8}$$

$A^{B}_{A} B^{C}_{B} = \delta^{C}_{A}$ donne $B^{C}_{B}$ et $U^{\tau}_{\sigma}$ $T^{\tau}_{\sigma}$ sont tels que O. Veblen les a donnés ([1]), à savoir :

$$U^{\tau}_{\sigma} = \begin{cases} \rho, & \rho\, \partial'_{n} \log\rho, & \frac{1}{2} g'^{RS} \rho (\partial'_{r} \log\rho)(\partial'_{s} \log\rho); \\ 0, & \rho \dfrac{\partial x^{m}}{\partial x'_{n}}, & g'^{RS} \rho \dfrac{\partial x^{m}}{\partial x'^{r}} (\partial'_{s} \log\rho); \\ 0, & 0, & \dfrac{1}{\rho}; \end{cases} \tag{9}$$

où $\sigma$ indique la colonne et $U^{\tau}_{\sigma} V^{\rho}_{\tau} = \delta^{\rho}_{\sigma}$ définit $V^{\rho}_{\tau}$, où $g^{RS}$ est la métrique affine, comme l'indiquent les indices, et $\rho = \rho(x^{1} \ldots x^{4})$ un invariant. Posons de plus $h_{MN} = g_{MN}$, $h_{00} = h_{55} = 1$, les autres $h_{AB}$ zéro, et $D^{M}_{\rho} = e^{M}_{\rho}$. On fait maintenant les importantes restrictions suivantes ([2]).

$$e^{M}_{0} = 0; \qquad e_{0}(5) = 0; \qquad e^{5}_{M} = 0; \qquad e^{5}(0) = 0; \qquad e_{0}(0) e^{m}_{R} = \delta^{M}_{R} \quad ([3]), \tag{10}$$

d'où vient

$$\begin{cases} e^{\rho}(0) = \dfrac{\delta^{\rho}_{0}}{e_{0}(0)}, \qquad e_{\rho}(5) = \dfrac{\delta^{5}_{\rho}}{e^{5}(5)}, \qquad e^{0}_{M} = -\varphi_{n} e^{n}_{M}, \\ e^{M}_{5} = -\xi^{n} \dfrac{e^{M}_{n}}{e^{5}(5)^{2}}, \qquad D^{M}_{\rho} \equiv e^{M}_{\rho} = e_{0}(0)\, G^{m}_{\rho} \end{cases} \tag{11}$$

---

(*) Séance du 5 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 938.

([1]) *Proc. Acad. Sc. Nat'l.*, **19**, 1933, p. 462, 503.

([2]) Ces conditions sont, bien entendu, covariantes par rapport à (9).

([3]) Le signe ( ) indique un indice de l'alphabet A, B, C, ..., où la confusion pourrait exister. Nous posons $e_{\rho}(0) \equiv e^{(0)}_{\rho} = e_{\rho(0)}$, $e^{\rho}(5) \equiv e^{\rho}_{(5)} = e^{\rho(5)}$ puisque $h_{00} = h_{55} = 1$, etc.

où l'on a défini

$$\varphi_\rho \equiv \frac{e_\rho(0)}{e_0(0)}, \qquad \xi^\rho \equiv e^\rho(5)\,e^5(5), \qquad G_{\rho\sigma} \equiv e^{M}_{\rho}\,e_{\sigma M}.$$

En effet, on a

$$g_{mn} \equiv \frac{G_{mn}}{e_0(0)^2} = g_{MN}, \qquad g^{mn} \equiv e_0(0)^2\,G^{mn} = g^{MN}$$

et l'on va identifier $g_{mn}$ avec la métrique relativiste, $\varphi_m$ et $\xi^m$ avec les potentiels électromagnétiques et « mesonique » respectivement puisque ces quantités se transforment par rapport au groupe conforme (9) comme :

$$(12) \qquad g'_{mn} = g_{rs}\frac{\partial x^r}{\partial x'^m}\,\frac{\partial x^s}{\partial x'^n}, \qquad \varphi'_m = \varphi_r\frac{\partial x^r}{\partial x'^m} + \partial'_m \log\rho, \qquad \xi'_m = \xi^r\frac{\partial x'^m}{\partial x^r} - \frac{1}{2}\partial'_r(\rho^2)\,g'^{rm}$$

de sorte que les combinaisons

$$\varphi_{mn} \equiv \partial_m\varphi_n - \partial_n\varphi_m, \qquad \xi_{mn} \equiv \partial_m\xi_{\underline{n}} - \partial_n\xi_{\underline{m}} \quad (^4) \qquad \text{et} \quad g_{mn}$$

sont des tenseurs affines.

On est maintenant en état de postuler les équations de champs, dans la forme où les $G^{\rho\sigma}$, $e_0(0)$, et $e^5(5)$ sont à varier, et $\Gamma$ et L sont déterminés (partiellement) comme auparavant. En effet d'après $e^{\xi\,*}_{\Lambda;\,\lambda} = 0$, on tire de (4)

$$(13) \qquad G^{\mu\rho}\underline{R}_{\mu\rho} \equiv G^{\mu\rho}R^{\lambda}{}_{\mu\rho\tau}\,G^{\tau}_{\lambda} = g^{MN}\,T^{P}{}_{M\xi\rho}\,e^{\xi}_{N}\,e^{\rho}_{P}$$

et *le dernier membre est un invariant* comme il résulte du calcul ([5]), compte tenu de (3) et (12). Ainsi, j'ai postulé

$$(14) \qquad \delta\int G^{\mu\rho}\underline{R}_{\mu\rho}\sqrt{g}\,(dx) = 0, \qquad g \equiv \operatorname{Det}\; g_{mn}.$$

Les équations $h_{AB;\,C}^{\;*} \equiv h_{AB;\,\Lambda}^{\;*}\,e^{\Lambda}_{C} = 0$ et les hypothèses supplémentaires

$$L^{M}{}_{\underset{\vee}{PN}} = 0 \quad (^6), \qquad L_{(0)\underline{MN}} = L_{(5)\underline{MN}} = 0, \qquad L_{(0)\underset{\vee}{MN}} = C_1\,\varphi_{mn},$$
$$L_{(5)\underset{\vee}{MN}} = d_1\,\xi_{mn}, \qquad L_{MN(0)} = C_2\,\varphi_{mn}$$

(les autres $L_{ABC}$ arbitraires) déterminent les L. Il est plus facile, d'après (13), de faire varier $g^{mn}(= g^{MN})$, $\xi_n$, $\varphi_n$, $e_0(0)$, et $e_5(5)$ dans

$$\int g^{MN}\,T^{P}{}_{M\xi\rho}\,e^{\xi}_{N}\,e^{\rho}_{P}\sqrt{g}\,(dx).$$

---

(4) Le signe — sous *un* indice signifie qu'il a été déplacé à l'aide des $g_{mn}$, $g^{mn}$. Ainsi on a $\xi_{\underline{n}} \equiv \xi^m g_{mn} = \xi_n = 0$.

(5) Au contraire, on ne peut pas former un tel invariant avec $S^{\mu\rho}$ et $S^{\Lambda}_{\rho}(=\delta^{\Lambda}_{\rho})$ au lieu des $G^{\mu\rho}$ et $G^{\Lambda}_{\rho}(=\delta^{\Lambda}_{\rho})$.

(6) Cette condition-ci garantit que $L^{P}{}_{MN} = \left\{ {P \atop MN} \right\}_g$ (symboles de Christoffel des $g_{MN}$).

On obtient ainsi

$$(15)\quad \begin{cases} a.\ G_{mn}+2(c_1^2-c_2)\left\{\varphi_m{}^{\underline{p}}\varphi_{np}-\frac{1}{4}g_{mn}\varphi^{\underline{r}\underline{s}}\varphi_{rs}\right\}+2d_1^2\left\{\xi_m{}^{\underline{p}}\xi_{np}-\frac{1}{4}g_{mn}\xi^{\underline{r}\underline{s}}\xi_{rs}\right\}=0; \\ b.\ \varphi^{\underline{n}\underline{p}}{}_{\underset{(g)}{;}p}=0; \qquad c.\ \xi^{\underline{n}\underline{p}}{}_{\underset{(g)}{;}p}=0; \end{cases}$$

et les équations correspondants à $\delta e_0(0)$, $\delta e^5(5)$ sont satisfaites identiquement en vertu de $b$ et $c$ respectivement. Ici $G_{mn}$ est égal au tenseur d'énergie einsteinien formé avec les symboles de Christoffel $\left\{ {p \atop qr} \right\}_g$ des $g_{mn}$; $\underset{(g)}{;}$ désigne la dérivation covariante avec les $\left\{ {p \atop qr} \right\}_g$; $\underline{p}$ ou $\underline{p}$ indique comme toujours que l'indice est déplacé avec $g_{mn}$ ou $g^{mn}$; et $c_1$, $c_2$ et $d_1$ sont des nombres à choisir convenablement.

A remarquer l'absence d'un terme de « masse » dans (15 $c$). Étant donné que les L ne sont pas complètement déterminés par nos équations lagrangiennes, cette équation admettra peut-être des modifications.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la largeur des raies* $K\alpha_1$. Note (*) de M. S. **Kichenassamy**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre que, conformément aux résultats de M. B. G. Gokhale les largeurs des raies $K\alpha_1$ doivent, dans un intervalle d'environ 15 éléments (probablement de $Z=36$ à $Z=50$), suivre en raison de l'effet Auger non une loi en $Z^4$ mais une loi en $Z^3$.

M. B. G. Gokhale (¹) nous donne dans sa thèse des valeurs très précises des largeurs des raies $K\alpha_1$ des éléments 37 R à 50 Sn. Il remarque que, contrairements aux résultats de Margenau (²) qui prévoyait pour ces largeurs une loi en $Z^4$, ses valeurs correspondent à une loi en $Z^3$ (*fig.* 1). Nous pensons, comme l'avait suggéré le professeur F. Perrin lors de la soutenance, que ce désaccord doit pouvoir être attribué aux transitions Auger.

La théorie de l'effet Auger a été faite par Burhop (³) dans le cas non relativiste suivant une méthode indiquée par Mott et Massey (⁴). Elle se rapproche beaucoup de la théorie de la conversion interne sauf que dans le cas actuel, ayant à faire à un problème de deux électrons, l'on doit tenir compte des propriétés antisymétriques des fonctions d'onde de l'électron. Burhop indique alors que le nombre de transitions Auger est indépendant de Z à condition d'admettre que le moment cinétique du photoélectron Auger est proportionnel à Z, ce qui est pratiquement vrai sauf pour les éléments très légers.

---

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Thèse*, Paris, 1950, (à paraître dans *Annales de Physique*).

(2) *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 89.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, A 148, 1935, p. 272.

(4) *Atomic collisions*, p. 264.

Nous pouvons donc définir avec lui, à un terme très petit $e^2/h_c$ près, un taux de conversion interne $\omega_A = N_A/(N_R+N_A)$ et un taux de fluorescence $\omega_R + N_R/(N_R \equiv N_A)$. ($N_R$, nombre de transitions de radiation; $N_A$, nombre de transitions Auger.) Comme d'autre part $N_R \sim Z^4$, il vient

$$\omega_A = \frac{1}{1+KZ^4} \qquad \text{et} \qquad \omega_R = \frac{KZ^4}{1+KZ^4}.$$

La constante K peut se déterminer à partir des valeurs connues des taux de fluorescence. Nous nous sommes servis pour ce calcul du tableau figurant dans Allison et Compton (5) :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Z............. | 30 | 35 | 36 | 42 | 47 |
| K............. | $10^{-6}$ | $0{,}89.10^{-6}$ | $0{,}75.10^{-6}$ | $0{,}98.10^{-6}$ | $0{,}64.10^{-6}$ |

Nous prendrons donc en moyenne $K = 0{,}85.10^{-6}$.

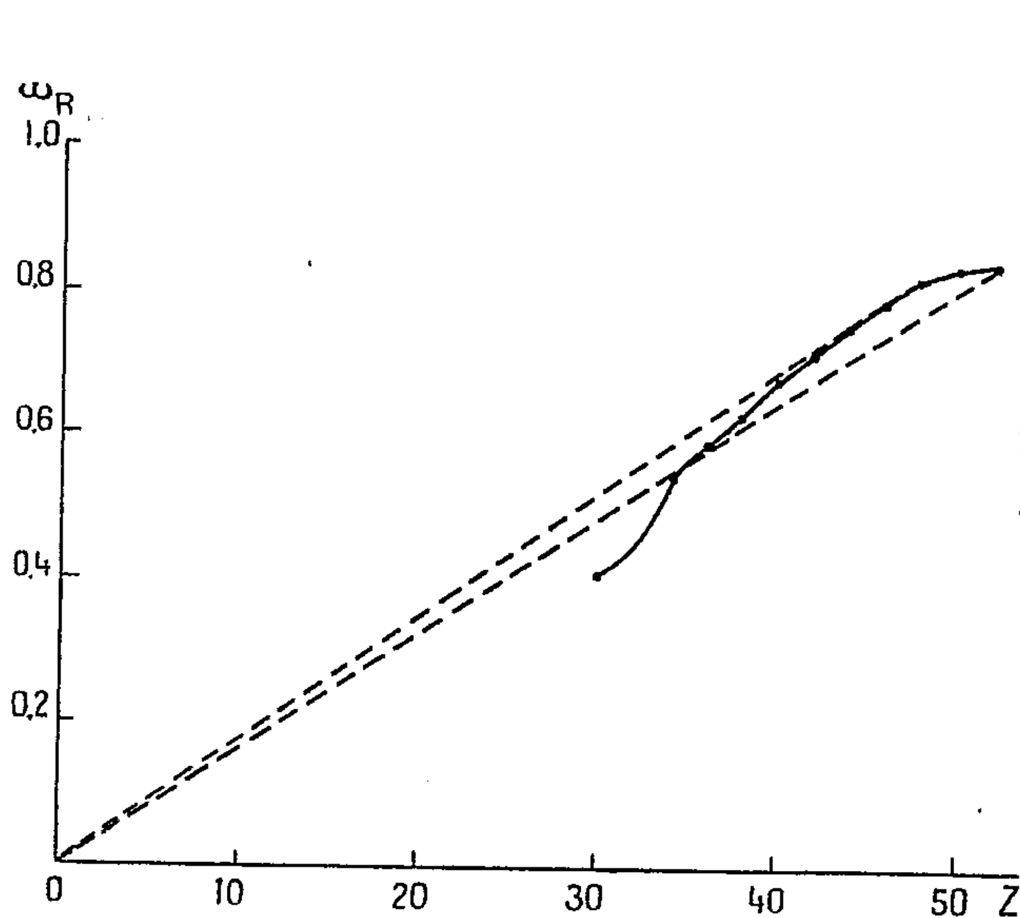


Fig. 1.

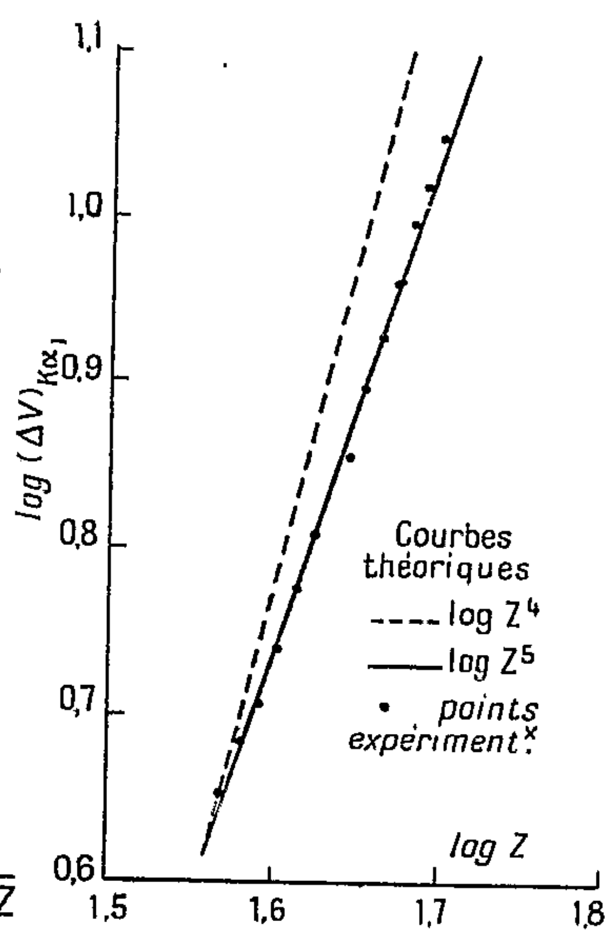


Fig. 2

D'autre part Burhop et Massey (6) ont montré que le traitement relativiste du problème n'amène aucune modification tant qu'on ne s'occupe que du niveau K. Donc la largeur du niveau K, celle qui contribue d'une façon importante à la largeur des raies $K\alpha_1$ est proportionnelle à $(1+KZ^4)$.

On a donc

$$\Delta_K \sim \frac{KZ^4}{\omega_R}.$$

(5) *X-rays in theory and experiment*, p. 489.

(6) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 1936, p. 461.

Étudions maintenant la variation de $\omega_R$ lorsque Z varie dans l'intervalle $(30 \leqq Z \leqq 52)$ en prenant pour K la valeur ci-dessous admise.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z..... | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | 52 |
| $KZ^4$... | 0,685 | 0,87 | 1,14 | 1,44 | 1,77 | 2,18 | 2,60 | 3,21 | 3,80 | 4,48 | 5,30 | 6,20 |
| $\omega_R$.... | 0,41 | 0,45 | 0,54 | 0,59 | 0,63 | 0,68 | 0,72 | 0,76 | 0,79 | 0,83 | 0,84 | 0,843 |

Nous constatons que la courbe peut être, en pratique assimilée à une droite dans l'intervalle $37 \leqq Z \leqq 50$. Cet intervalle d'ailleurs se déplace, on le voit sur les $KZ^4$, vers les Z croissant lorsque K diminue.

On peut donc poser $\omega_R \backsim aZ = 1,7 \cdot 10^{-2} Z$ à 3 % près, entre $Z = 37$ et $Z = 50$.

On a donc dans l'intervalle considéré

$$\Delta_K \sim \frac{KZ^4}{\omega_R} \sim \frac{K}{a} Z^3,$$

comme l'indiquent les résultats de M. Gokhale.

*Remarque.* — Cette apparence de variation linéaire peut permettre dans l'intervalle considéré, la mesure du taux de fluorescence.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Quelques conséquences de la notion d'essaims dans les liquides.* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons essayé d'interpréter certains phénomènes d'Hydrodynamique et de Biologie à l'aide de la notion d'essaims de molécules dans les liquides [1]. Nous avons admis que ces essaims étaient constitués par des chaînes de résonance, pouvant se superposer, selon les principes de la Mécanique ondulatoire [2]. Cherchons quelques conséquences de ces hypothèses. Remarquons, tout d'abord, qu'il est impossible d'estimer, *a priori*, la longueur de ces chaînes. Cette notion n'a d'ailleurs plus en Mécanique quantique un sens précis. Il ne peut s'agir que d'une longueur moyenne dépendant de trop de causes perturbatrices pour pouvoir être calculée (fluctuations thermiques, état hydrodynamique, forme et nature des parois, impuretés chimiques). Il est possible que le nombre des degrés de liberté pour les mouvements moléculaires dans une masse liquide soit trop élevé pour que cette notion soit utilisable en l'absence d'une influence extérieure restreignant le nombre de ces mouvements possibles, telle que :

---

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 859-861; **226**, 1948, p. 704-706; **230**, 1950, p. 626-628.

(2) Cette notion de chaîne de résonance a déjà été indiquée par M. P. Jordan (*Physik. Z.*, **39**, 1938, p. 711; *Z. Physik*, **113**, 1939, p. 431), mais il en a fait une application tout à fait différente, en la prenant pour élément de liaison à l'intérieur des virus et des gènes.

voisinage d'une paroi de forme fixe, distribution d'un champ de vitesses stable. Le modèle que nous avons introduit pour justifier l'existence des chaînes (ordre dans un alliage solide) ne pourra s'appliquer que dans ces cas particuliers, qualitativement. La condition de validité sera sans doute trop optimiste et il faudra admettre des énergies de résonance nettement plus fortes que $kT$.

S'il est vrai que des macromolécules, ou des gènes peuvent exercer une action dans un milieu liquide, la réciproque doit aussi être vraie. Si une modification dans une macromolécule peut augmenter ou créer des essaims, le milieu liquide contribuera à la faciliter, en libérant une énergie qui, en raison de l'étendue de l'essaim, peut être considérable. Si, par exemple, les macromolécules des gènes créent des essaims dans le plasma de leur cellule biologique, et si la division des gènes et l'éloignement des fragments permettent d'augmenter le champ des essaims, le plasma pourra, de cette manière, fournir l'énergie nécessaire à la division du gène. Des raisonnements analogues s'appliquent, sans doute, à la division des virus; et l'on pourrait alors comprendre qu'une modification chimique du milieu liquide, en diminuant l'énergie libérable par la formation de nouveaux essaims, puisse arrêter la division de ces virus, ou encore leur croissance. Une indication générale suffit; la discussion de chaque cas particulier étant du domaine de l'expérimentation biologique.

Comment peut s'effectuer ce transfert d'énergie du milieu liquide à une macromolécule qui, pour se scinder, nécessiterait un apport de l'ordre des centaines d'électrons-volts? Nous avons déjà souligné l'utilité qu'il y a, à considérer des transitions quantiques globales de tout un essaim, c'est-à-dire de plusieurs centaines de milliers de molécules. Pour de telles transitions, la présence d'une barrière de potentiel ne constitue pas une barrière infranchissable. Néanmoins, il est nécessaire de considérer cette transition comme une chaîne de transitions élémentaires très rapprochées; car il ne saurait être question de faire intervenir un quantum de plusieurs milliers d'électrons-volts; chacune de ces transitions romprait une liaison dans la macromolécule et établirait une ou plusieurs chaînes de résonance. Il est encore nécessaire d'admettre qu'une de ces transitions élémentaires diminue la barrière de potentiel opposée aux autres.

Si les idées exposées dans ces Notes sont exactes, il y a une origine commune (chaînes de résonance de vibrations) à certains phénomènes hydrodynamiques (écoulement laminaire, viscosité), ainsi qu'aux phénomènes de catalyse dans les systèmes protéiques (³) et à certains phénomènes biologiques (attraction à grande distance, division spontanée); cette cause commune devant être, elle-même, très sensible à la température, la compo-

---

(³) Mme A. Goudot, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 704.

sition chimique, les vibrations radioélectriques ou ultrasonores de mêmes fréquences; ceci devrait pouvoir être confirmé ou infirmé par l'observation des corrélations entre ces phénomènes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Autocatalyse dans les systèmes protéiques et catalyse négative.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les schémas usuels de l'autocatalyse et ceux de la catalyse négative sont trop sommaires, on doit faire intervenir les molécules du liquide ambiant et l'effet Jacques Winter. Application aux gênes et aux virus.

1. L'autocatalyse s'explique sommairement de la même façon que la catalyse ordinaire par résonance quantique, mais par un schéma assez différent, l'identité de nature du catalyseur et d'un des produits de la réaction faisant intervenir des résonances particulières; un schéma quantique assez détaillé de ce phénomène a été donné par M. F. Pasquier (1) à la suite de M. P. Jordan (2). Mais ici encore, comme dans le cas de l'action enzymatique (3), on ne peut se borner à considérer les molécules réagissantes et le catalyseur; il est nécessaire de tenir compte des molécules du liquide ambiant et de l'effet Jacques Winter (4) : des résonances par chaînes d'essaims s'établissent entre la molécule catalysante (déjà formée) $\mathfrak{M}$ et les parties $\mu'_1$, $\mu'_2$, ... qui formeront la molécule $\mathfrak{M}'$ semblable à $\mathfrak{M}$. L'identité de nature entre $\mu'_i$ et une partie $\mu_i$ de $\mathfrak{M}$ facilite la formation de chaînes d'essaims à structure influencée et augmente les résonances par dégénérescence d'échange. S'il y a, pas trop loin de $\mathfrak{M}$, des macromolécules $\mu_1$, $\mu_2$, ... dont la structure est telle qu'en réagissant elles puissent former une molécule $\mathfrak{M}'$, alors la structure de $\mathfrak{M}$ se faisant sentir à distance grâce aux essaims, pourra provoquer la formation d'une molécule $\mathfrak{M}'$ semblable à $\mathfrak{M}$, au moyen d'une transition du spectre continu au spectre discontinu par effet tunnel.

L'hamiltonien à considérer sera

$$H = H(\mathfrak{M}) + H(\mathfrak{M}') + H(L) + V(\mathfrak{M}, L) + V(\mathfrak{M}', L) + V(\mathfrak{M}, \mathfrak{M}'),$$

où $H(\mathfrak{M})$ est l'hamiltonien de la molécule catalysante $\mathfrak{M}$, $H(\mathfrak{M}')$ l'hamiltonien de $\mathfrak{M}'$ identique de forme à $H(\mathfrak{M})$, $H(L)$ l'hamiltonien du liquide ambiant, $V(\mathfrak{M}, L)$ le terme d'interaction entre $\mathfrak{M}$ et le liquide, $V(\mathfrak{M}', L)$ est de la même forme, enfin $V(\mathfrak{M}, \mathfrak{M}')$ est l'interaction directe entre $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{M}'$.

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1070 et 226, 1948, p.

(2) *Naturwiss.*, 32, 1944, p. 20-26.

(3) A. Goudot, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 704.

(4) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 859 et p. 1286; 226, 1948, p. 704; 230, 1950, p. 62.

*Exposé au séminaire de Physique théorique* 13 mars 1951.

M. Pasquier ne tenait compte que de $V(\mathcal{M}, \mathcal{M}')$ et négligeait

$$V(\mathcal{M}, L) + V(\mathcal{M}', L),$$

or ce sont ces deux termes qui sont essentiels en raison de l'effet Winter; mais en première approximation on peut remplacer l'hamiltonien H par

$$H_0 = H(\mathcal{M}) + H(\mathcal{M}') + V_0(\mathcal{M}, \mathcal{M}'),$$

où $V_0(\mathcal{M}, \mathcal{M}')$ s'obtient par un processus de moyenne; $H_0$ *à la forme de l'hamiltonien considéré par M. Pasquier, d'où la validité de ses résultats qualitatifs :* ceux-ci se maintiennent quand on tient compte des molécules du liquide, mais $V_0$ n'est pas un véritable potentiel et provient de résonances.

2. De telles considérations semblent capables d'expliquer en partie la reproduction autocatalytique des gènes et des virus. Mais il faut préciser davantage le schéma. On admet actuellement qu'un gène est constitué par une seule molécule de désoxyribonucléo-protéine. Les différentes parties d'une telle macromolécule doivent orienter en leur voisinage les essaims liquides chacune selon sa structure. Ces différents essaims privilégiés se superposent comme des ondes et transmettent à distance des influences des diverses parties de la longue molécule. Des molécules $\mu'_i$ semblables à des parties $\mu$ de $\mathcal{M}$ peuvent alors être liées par des chaînes d'essaims de telle façon qu'une force attractive en résulte. Une molécule $\mu'_i$ peut ainsi s'approcher de la partie semblable $\mu_i$ de $\mathcal{M}$ jusqu'au moment où les forces de valence se font sentir directement et où l'effet d'emboîtement vient jouer. La jonction des parties $\mu_i$ s'effectuerait alors au voisinage même de la molécule modèle catalysante et ainsi jusqu'à la formation de $\mathcal{M}'$ semblable à $\mathcal{M}$ et disposée parallèlement à $\mathcal{M}$. La formation de $\mathcal{M}'$ vient modifier les essaims liquides en son voisinage d'une part, et peut provoquer, en raison des effets d'échange, une force répulsive venant éloigner $\mathcal{M}$ de $\mathcal{M}'$, force pouvant se transmettre au loin par des chaînes d'essaims, d'où l'apparence d'un ruban qui se fend et se dédouble.

3. M. L. Brillouin ([5]) a insisté sur l'importance des catalyses négatives en biologie. Certaines catalyses négatives s'expliquent par l'intervention de réactions se substituant aux réactions normales et qui, par suite, les empêchent, d'autres par un schéma quantique au moyen de transferts d'activation lors des chocs thermiques. Mais ni l'un ni l'autre de ces processus ne suffisent à expliquer les faits biologiques. Un autre processus peut intervenir lié à l'effet J. Winter : l'introduction d'une macromolécule convenable dans un milieu liquide contenant déjà des macromolécules, vient perturber les essaims et peut détruire ou gêner la formation de certaines chaînes résonantes d'essaims, d'où l'empêchement de certaines réactions et au contraire la réalisation d'autres réactions. Une macromolécule peut jouer ainsi à la fois le rôle d'un catalyseur

([5]) *Amer. Scientist.*, 37, 1949, p. 554.

négatif pour certaines réactions et d'un catalyseur positif pour d'autres. Un virus introduit dans une cellule agirait de cette façon, imposant sa structure aux essaims du liquide cytoplasmique et par suite à la totalité de la cellule au lieu de la structure imposée par les éléments normaux, d'où les phénomènes pathologiques (mosaïque du tabac, cancérisation, transmission héréditaire de certains caractères). Une substance cancérigène agirait par une modification des essaims du liquide ambiant permettant des chaînes résonnantes. La théorie d'Otto Schmidt, qui ne fait pas intervenir les molécules liquides, semble insuffisante.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Sur le séchage par évaporation dans le vide.* Note (*) de M. **Louis Donoyer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les problèmes de séchage par évaporation dans le vide ont pris depuis quelques années une importance croissante pour la production de produits précieux comme les antibiotiques, les vitamines, etc., qui ne supportent pas d'élévation notable de la température au-dessus de la température ordinaire et que la nature fournit sous forme extrêmement diluée, ou bien qui ne se conservent sans altération qu'à l'état sec. Quoique la vitesse d'évaporation de ces solutions puisse différer, pour diverses raisons, de celle de l'eau pure, il paraît convenable d'étudier d'abord les conditions de l'évaporation de celle-ci dans le vide en fonction des divers paramètres qui peuvent l'influencer.

Soit C un coefficient défini par la formule

$$C = \frac{M}{2R}\frac{B}{L}\frac{1}{K_0\Sigma}, \tag{1}$$

en désignant par R la constante des gaz, par M la masse moléculaire de la vapeur, par $K_0$ le rapport de la conductibilité calorifique de la paroi à son épaisseur, par $\Sigma$ la surface de contact de l'eau à évaporer et de la paroi, par L la longueur de la canalisation, par B la fonction $\pi D^4/128\eta$ de son diamètre D et du coefficient de viscosité $\eta$ de la vapeur. Le coefficient C est donc proportionnel à la conductance de la canalisation. Soit d'autre part T la température absolue, supposée constante, du milieu dans lequel est baignée l'ampoule contenant l'eau à évaporer, $T'_0$ la température absolue initiale de cette eau, et $T'$ sa température à l'instant $t$ où le rapport de la masse restant à évaporer à la masse initiale $\mu_0$ est $x$, enfin $\lambda$ la chaleur latente d'évaporation et $p'$ la tension de vapeur de l'eau à la température $T'$. Sous certaines hypothèses qui seront exposées ailleurs, et notamment en supposant que l'eau à évaporer est

(*) Séance du 5 mars 1951.

constamment liquide ou constamment congelée pendant l'évaporation, on a

(2) $$\operatorname{Log} x = \int_{T'_0}^{T'} \frac{C\,dT'}{C\lambda - \dfrac{T'(T-T')}{p'^2}},$$

(3) $$\frac{t}{\mu_0} = -\frac{1}{CK_0\Sigma}\int_1^x \frac{T'}{p'^2}\,dx.$$

L'étude analytique de ces formules montre que :

1° La température de l'eau tend vers une limite $T'_1$ donnée par l'équation

(4) $$C\lambda_1 - \frac{T'_1(T-T'_1)}{p'^2_1} = 0,$$

en désignant par $\lambda_1$ et par $p'_1$ la chaleur latente et la pression à la température $T'_1$. Cette température limite est donc indépendante de la température initiale $T'_0$ ; elle ne dépend que de C et de T.

2° Lorsque la température initiale est égale à $T'_1$, l'évaporation s'effectue à température constante. La courbe de $t/\mu_0$ en fonction de $x$ est une droite de pente

(5) $$\frac{d}{dx}\left(\frac{t}{\mu_0}\right) = -\frac{1}{K_0\Sigma}\,\frac{\lambda_1}{T-T'_1}.$$

3° Quand la température initiale est différente de $T'_1$, la température de l'eau décroît ou croît constamment en tendant vers $T'_1$, suivant que la température initiale est supérieure ou inférieure à $T'_1$. La pente de la courbe de $t/\mu_0$ en fonction de $x$ tend vers la valeur donnée par la formule (5) quand $x$ tend vers zéro.

L'étude numérique des formules (2) et (3), faite pour des températures du milieu ambiant comprises entre 0°C et 35°C, et des températures initiales de l'eau comprises entre — 20°C et + 35°C, montre en outre que :

4° La température limite est atteinte à 0°,1 près avant que la proportion $x$ d'eau restante ait baissé de plus de quelques centièmes au-dessous de 1. L'évaporation se produit donc, pour la plus grande part de beaucoup, à une température pratiquement égale à la température limite.

5° Ceci revient à dire que la courbe de $t/\mu_0$ en fonction de $x$ n'est incurvée que sur un très petit intervalle de $x$ au voisinage de $x = 1$. Il s'ensuit que la formule (5) donne la durée totale d'évaporation $t_0/\mu_0$ avec une bonne approximation (5 % dans le cas le plus défavorable étudié, $T'_0 = T = 273 + 35$). L'approximation est par excès quand $T'_0 = T$, par défaut quand $T'_0 < T$.

6° Prenons pour canalisation type, de coefficient C conventionnellement égal à 1, une canalisation telle que, partant d'eau à 25°C dans un bain à 25°C, la température limite soit 0°C. Prenons également comme égale à 1 la durée totale d'évaporation correspondante ($t_0/\mu_0 = 1$). Le Tableau suivant donne une idée de la manière dont varient la température limite et la durée d'évaporation en fonction de C (notamment de la conductance).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | 38 | 2 | 1 | 0,46 | 0,1 | 0,046 | 0,01 |
| $T'_1 - 273$ | $-20^\circ$ C | $-3^\circ,42$ C | $0^\circ$ C | $4^\circ 27$ C | $12^\circ 23$ C | $15^\circ 78$ C | $21^\circ 17$ C |
| $t_0/\mu_0$ | 0,5 | 0,88 | 1 | 1,2 | 1,97 | 2,73 | 6,66 |

On voit qu'avec des canalisations de dimensions acceptables, la température limite n'est jamais très basse et que la conductance peut varier notablement sans que la durée d'évaporation diminue beaucoup.

7° La température initiale de l'eau n'a que peu d'influence sur la durée d'évaporation. Que l'on parte de glace à 0° C dans un bain à 0° C ou de glace à — 20° C dans un bain à 0° C, la durée d'évaporation n'est dans le premier cas que de 1 % moindre que dans le second.

8° Le facteur qui, pratiquement, influe le plus sur la durée d'évaporation est la température du bain. Elle est réduite à peu près dans la proportion de 5 à 1 quand la température du bain passe de 0° C à + 35° C.

ÉLECTRONIQUE. — *Compteur binaire, à processus additif et soustractif commandé par impulsion.* Note (*) de M. **André Peuteman**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Un compteur binaire est constitué de plusieurs échelles de deux, ou bascules, montées en série; chaque échelle comporte deux tubes à vide interconnectés de façon que, si l'un est conducteur, l'autre ne conduise pas le courant. La bascule a deux états stables A et B, correspondant à la conduction de l'un ou l'autre des deux tubes. Dans le processus additif habituel, on couple chaque bascule à la suivante, de façon que le passage de l'état A à l'état B d'une bascule entraîne le changement d'état de la suivante, qui reste au contraire indifférente au passage de B en A; ce couplage unilatéral est obtenu en mettant à profit la faculté que possède une bascule de discriminer, sous certaines conditions, le signe des impulsions de commande. Si l'on affecte aux bascules successives les coefficients 1, 2, 4, ..., $2^{p-1}$, ..., $p$ étant le numéro d'ordre de la bascule, compté à partir de l'entrée du compteur, et que l'on convienne de ne tenir compte d'un coefficient $2^{p-1}$ que si la bascule correspondante est dans l'état A, le nombre d'impulsions qui ont pénétré dans le compteur est égal à la somme des coefficients des bascules qui sont dans l'état A.

Supposons que, sans changer ce mode de décompte, on fasse en sorte que ce soit, au contraire, le passage de l'état B à l'état A d'une bascule qui provoque le basculement de la suivante, le passage de A en B la laissant indifférente; on aura obtenu le processus soustractif : si la bascule de rang $n$ est la première rencontrée dans l'état A et si $\sum_{n+1}^{N}$ est la somme des coefficients des bascules

(*) Séance du 5 mars 1951.

suivantes dans l'état A, le compte est

$$N = 2^{n-1} + \sum_{n+1}^{N}.$$

Une impulsion supplémentaire à l'entrée du compteur provoque le passage de l'état B à l'état A de la première bascule : ce basculement provoque celui de la deuxième, et ainsi de suite, jusqu'à la $n^{\text{ième}}$ inclusivement, qui passe de A en B, ce qui laisse toutes les suivantes indifférentes; $\sum_{n+1}^{N}$ reste inchangé et l'on a le nouveau compte :

$$N' = \sum_{1}^{n-1} 2^{p-1} + 0 + \sum_{n+1}^{N}$$

Comme

$$\sum_{n-1}^{1} 2^{p-1} = 2^{n-1} - 1,$$

on voit que

$$N' = N - 1.$$

L'impulsion a été retranchée; il en sera de même des suivantes, le cas ci-dessus étant général.

En pratique, on emploiera, pour le processus additif, des bascules sensibles aux impulsions négatives et non aux impulsions positives, et les connexions entre échelles seront établies de façon que le passage de A en B d'une bascule se traduise par l'envoi d'une impulsion négative à l'échelle suivante (*fig.* 1 *a*).

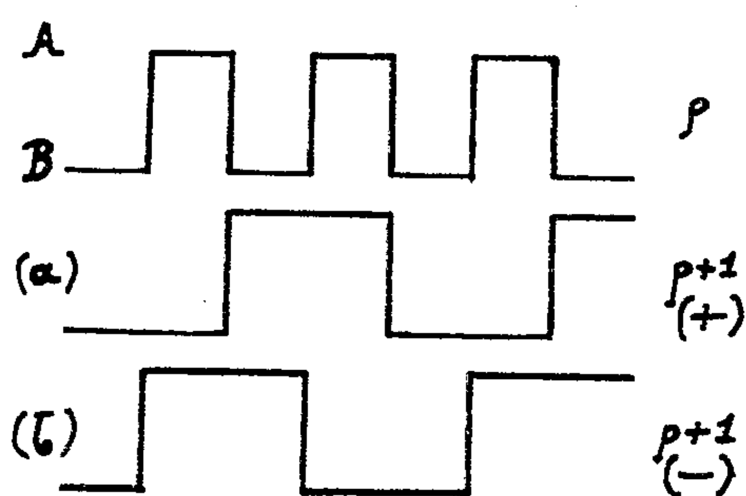



Fig. 1.

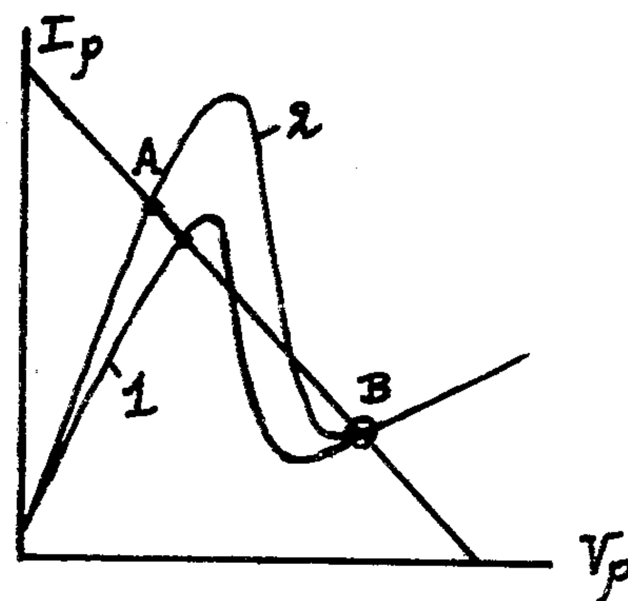



Fig. 2.

On passera au processus soustractif en sensibilisant toutes les bascules, sauf la première, aux impulsions positives et non aux impulsions négatives; de cette façon, c'est le passage de B en A d'une bascule qui produira le basculement de la suivante (*fig.* 1 *b*).

La sensibilisation au signe d'impulsion désiré s'obtient en polarisant plus ou moins les grilles de la bascule : les états stables d'une bascule sont à l'intersection de la droite de charge $E = V_p + RI_p$ (R, résistance de charge), avec la courbe en S du dipôle actif que constitue une bascule (*fig.* 2). Avec une polarisation élevée (courbe 1) la bascule sera plus sensible aux impulsions négatives, celles-ci faisant passer le maximum de la courbe en S au-dessous de la droite de charge : on a le processus additif. Avec une polarisation faible (courbe 2), la bascule sera plus sensible aux impulsions positives, et l'on aura le processus soustractif. La commande addition-soustraction se ramène donc à celle d'une tension continue, qui peut s'effectuer par une impulsion brève de signe donné appliquée à une bascule auxiliaire.

Cette commande évite l'inversion mécanique de circuits employée habituellement et accroît la cadence de fonctionnement possible sans perte d'impulsion. Elle pourrait être utilisée avantageusement dans les machines à calculer arithmétiques.

OPTIQUE. — *Diffusion de la lumière par les solutions étendues d'électrolytes forts : influence de la variation du coefficient d'activité avec la concentration.* Note (*) de M. **Robert Lochet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. *Considérations théoriques.* — On peut étendre aux solutions étendues d'électrolytes la formule de Debye qui relie la constante de Lord Rayleigh $R_c$, relative aux fluctuations de concentration $c$ du soluté, à la pression osmotique P de la solution (1),

$$R_c = \frac{H_c}{\frac{d}{dc}\left(\frac{P}{R_1 T}\right)}.$$

Introduisons le coefficient osmotique pratique $\Phi$ du solvant défini par

$$\frac{P}{R_1 T} = 10^{-3} m \Phi \nu$$

($\nu$, nombre d'ions; $m$, molalité, qui pour une solution aqueuse étendue peut être confondue avec la molarité $10^3$ c/M; il vient

$$R_c = \frac{M^2 H}{1000\nu} \frac{m}{\frac{d(\Phi m)}{dm}}.$$

Pour la plupart des électrolytes, la mesure des f. é. m. conduit directement à la valeur du coefficient pratique d'activité $\gamma_\pm$ relié à la molalité moyenne $m_\pm$ et à l'activité moyenne $a_\pm$ des ions par la relation $a_\pm = m_\pm . \gamma_\pm$. La formule de

(*) Séance du 5 mars 1951.

Gibbs-Duhem permet de relier l'activité $a_1$ du solvant (ou son coefficient osmotique $\Phi$) à l'activité $a_2$ du soluté. Pour une solution étendue, si $x$ est la fraction moléculaire du soluté,

$$d(\ln a_1) + x\,d(\ln a_2) = 0.$$

Mais, par définition,

$$\ln a_1 = -\nu\Phi x; \qquad a_2 = (a_\pm)^\nu,$$

d'où

$$\frac{d(\Phi x)}{x} = \frac{d(\Phi m)}{m} = d(\log m_\pm \gamma_\pm)$$

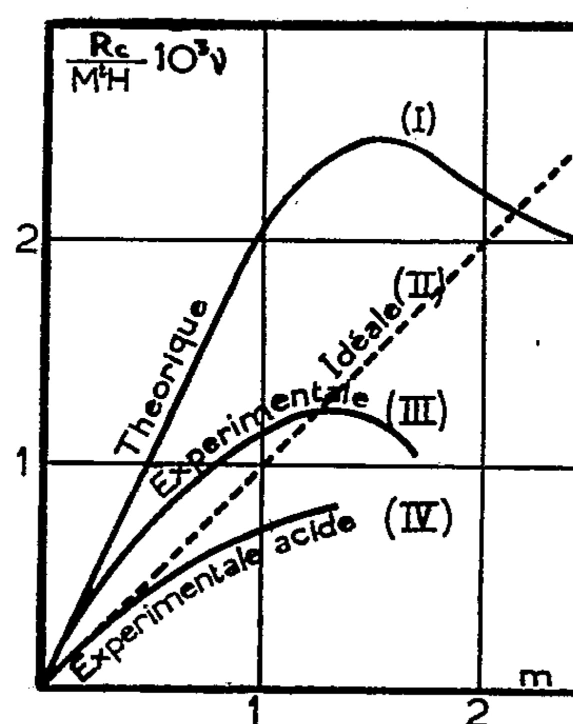
et

$$\frac{d(\Phi m)}{dm} = \frac{m}{dm}\left(\frac{dm_\pm}{m_\pm} + \frac{d\gamma_\pm}{\gamma_\pm}\right) = 1 + \frac{m}{\gamma_\pm}\frac{d\gamma_\pm}{dm} = 1 + \frac{d(\log\gamma_\pm)}{d(\log m)}$$

et enfin

$$R_c = \frac{M^2 H}{1000\nu}\,\frac{m}{1 + \dfrac{d(\log\gamma_\pm)}{d(\log m)}}.$$

2. *Vérifications expérimentales.* — Pour la plupart des électrolytes forts, nous avons mesuré $R_c$ pour différentes valeurs de $m$. Rapportons ici le cas typique des solutions de sulfate de zinc, caractérisées par des valeurs *très faibles* de $\gamma_\pm$ et *très rapidement décroissantes avec* $m$ : pour $m$ compris entre 0 et 1, $d(\log\gamma_\pm)/d(\log m)$ reste sensiblement constant et égal à $-0{,}54$. La courbe I représente les variations de $m/\{1 + [d(\log\gamma_\pm)/d(\log m)]\}$ avec $m$. C'est aussi la variation théorique de $10^3\nu R_c/M^2H$ en fonction de $m$. Pour une solution idéale, elle coïnciderait avec la bissectrice (II). Si la molalité reste inférieure à 2, l'*intensité calculée est plus grande que dans le cas d'une solution idéale.*




Les mesures de $R_c$ sont traduites par la courbe expérimentale III : d'abord confondue avec la courbe théorique (donc au-dessus de la bissectrice), elle s'en écarte au fur et à mesure que $m$ augmente.

Si nous prenons pour solvant une solution décinormale d'acide sulfurique, la diffusion diminue fortement (courbe IV) et se rapproche de la solution idéale : en effet, dans les solutions fortement acides, la force ionique, et par conséquent l'activité des ions $SO_4^{--}$ et $Zn^{++}$, ne varient sensiblement plus avec la concentration en sulfate de zinc. Sur les deux courbes expérimentales III et IV, nous retrouvons la forte diminution, par rapport aux intensités théoriques, qui caractérise les solutions de cations petits et fortement chargés et que nous avons déjà signalée dans le cas des chlorures ([1]). Nous l'avons expliquée par l'hypothèse d'un certain ordre dans la répartition de ces cations fortement solvatés dans le réseau quasi-cristallin de l'eau.

RAYONS X. — *Sur un spectrographe à cristal courbe de grand pouvoir de résolution.* Note de M. **Bhaskar Gangadhar Gokhale**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai donné les largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ de 42 Mo obtenues au moyen d'un spectrographe type Cauchois à cristal courbe. Ces largeurs étaient sensiblement plus petites que celles obtenues par Allison et Williams ([2]) avec un spectromètre à double cristal. Poursuivant ce travail j'ai mesuré les largeurs des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ des éléments compris entre 37 Rb et 50 Sn.

Je me propose ici, de discuter les moyens qui m'ont permis de réduire au minimum les différentes causes d'élargissement, augmentant ainsi le pouvoir de résolution.

Dans un spectrographe à cristal courbe les causes d'élargissement des raies sont, d'une part, de nature physique (réflexion cristalline, défauts de structure et de courbure de la lame cristalline) et d'autre part, de nature purement géométrique (influence de la hauteur et de l'ouverture du cristal, etc.). Ces derniers facteurs d'élargissement pouvant être rendus négligeables par un choix convenable des dimensions du spectrographe, c'est essentiellement l'élargissement dû à la réflexion cristalline qui conditionne le pouvoir de résolution du spectrographe. Le choix du cristal et du système des plans réflecteurs devient donc prépondérant.

Le cristal que j'ai utilisé est un mica d'environ $0^{mm},2$ d'épaisseur, courbé cylindriquement sur un rayon (R) de $1^{m}$. La hauteur utile ($h$) du cristal est de $3^{mm}$ et son ouverture utile linéaire (o) de $10^{mm},5$. J'ai utilisé la réflexion dans le premier ordre sur les plans (331) dont la distance réticulaire est de

(1) R. Lochet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2275-2277.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 169.

(2) *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1476.

1,498 Å et le facteur de structure égal à 65 par molécule de la maille primitive ([3]).

La théorie de Darwin ([4]) et Ewald ([5]) conduit, pour la largeur angulaire, à demi-hauteur de la « figure de diffraction » des rayons X monochromatiques donnée par un monocristal parfait, à l'expression

$$\Delta\theta = 4\,\delta\left(\frac{F}{Z}\right)\operatorname{coséc} 2\,\theta_0.$$

Dans cette expression, F est le facteur de structure (pouvoir réflecteur équivalent des Z électrons de la maille élémentaire du cristal); $\theta_0$ est l'angle de Bragg corrigé de l'indice de réfraction $\mu$, et $\delta$ est donné par l'expression

$$(2)\qquad \delta = 1 - \mu = \frac{n e^2 \lambda^2}{2 m c^2},$$

où $e$, $\lambda$, $m$ et $c$ ont la signification habituelle et $n$ est le nombre d'électrons par centimètre cube dans le cristal.

Comme la maille élémentaire du mica ([3]) comprend $4^{\text{mol}}$ de $KH_2Al_3(SiO_4)_3$ et possède un volume de $932 . 10^{-24}$ cm³ on a

$$n = \frac{4 . 198}{932}\, 10^{24}.$$

En portant les valeurs de $n$, $e$, $\lambda$, $m$ et $c$ dans l'équation (2) on obtient, pour $MoK\alpha_1$, $\delta = 1{,}910 . 10^{-6}$; et la largeur à demi-hauteur de la figure de diffraction pour le premier ordre de $MoK\alpha_1$ avec les plans (331) se calcule à partir de l'équation (1) : $\Delta\theta = 1'',127$. Or, Allison ([6]) a montré que le maximum de pouvoir de résolution susceptible d'être obtenu avec un cristal unique ou un double cristal est donné respectivement par

$$(3)\qquad \left(\frac{\lambda}{d\lambda}\right)_{\max} = \frac{\operatorname{tg}\theta}{2\,\omega_c}$$

et

$$(4)\qquad \left(\frac{\lambda}{d\lambda}\right)_{\max} = \frac{\sqrt{2}\,\operatorname{tg}\theta}{2\,\omega_c},$$

$\omega_c$ étant la demi-largeur à demi-hauteur de la figure de diffraction.

En substituant la valeur de $\Delta\theta$ trouvée ci-dessus à $2\,\omega_c$ dans l'équation (3) on trouve que le maximum du pouvoir de résolution théoriquement accessible avec le spectrographe que j'ai utilisé doit être environ 45 000. Un raisonnement analogue pour la réflexion de premier ordre sur les plans de clivage de

---

([3]) JACKSON et WEST, *Z. Kristal.*, 76, 1931, p. 211.
([4]) *Phil. Mag.*, 27, 1914, p. 325-675,
([5]) *Phys. Z.*, 26, 1925, p. 29.
([6]) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 203.

la calcite donne $\Delta\theta = 3''$ pour $MoK\alpha_1$; cette valeur, substituée à $2\omega_c$ dans la formule (4), donne 11 400 comme maximum de pouvoir de résolution que l'on peut obtenir avec un spectromètre à double cristal de calcite dans la position (1,1).

L'appareil que j'ai utilisé présente donc, quant au pouvoir de résolution, une supériorité nette sur le spectromètre à double cristal de Allison et Williams.

On peut calculer, pour un spectromètre à cristal courbe, l'ordre de grandeur des élargissements linéaires sur la plaque photographique pour une raie strictement monochromatique, à partir d'une formule donnée par Mademoiselle Cauchois ([7]).

Bien que l'effet de ces élargissements géométriques soit de réduire le pouvoir de résolution, j'ai calculé ([8]), qu'avec les valeurs données ci-dessus, le pouvoir de résolution n'est inférieur à sa valeur théorique que de 10 % environ. Il reste donc encore de beaucoup supérieur à celui de l'appareil à double cristal de Allison et Williams.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détermination de l'épaisseur d'une lame mince obtenue par condensation de radioéléments artificiels.* Note de M. **Marcel Devienne**, présentée par M. Gustave Ribaud.

De nombreuses méthodes sont utilisées pour mesurer l'épaisseur des lames minces obtenues par condensation d'atomes ou de molécules sur un support. Pour mesurer l'épaisseur des dépôts obtenus par condensation de jets moléculaires d'antimoine radioactif, nous utilisons la technique suivante : La condensation de jets moléculaires d'antimoine sur un support déterminé est effectuée de façon telle que l'épaisseur du dépôt soit la même en tous les points et que sa surface ait une valeur déterminée. Dans ce but, la plaque de condensation est protégée par une plaque dans laquelle a été découpée une ouverture de diamètre donné; cette ouverture est centrée sur l'axe de symétrie du jet moléculaire qui sort de l'orifice du four et placée à une distance de cet orifice suffisante pour obtenir une répartition uniforme.

Après condensation, on mesure l'activité de la lame et on la compare à celle d'étalons réalisés sur des surfaces et des supports identiques. Il est nécessaire, en effet, pour éliminer l'influence du backscattering, que le support soit de même nature, et qu'il ait même épaisseur. D'autre part, pour pouvoir écrire la proportionnalité entre les masses de radioéléments et l'activité du dépôt, il importe que, dans le comptage, la géométrie soit

([7]) *J. Phys.*, 3, 1932, p. 320 et *Ann. Phys.*, **11**, 1933, p. 483.

([8]) B. G. Gokhale, *Thèse*, Paris 1950.

rigoureusement la même, ce qui amène à effectuer les étalons sur une surface égale placée au centre de la plaque-étalon.

Dans le cas de l'antimoine, les étalons ont été obtenus par évaporation d'une solution de chlorure d'antimoine obtenue en attaquant, à l'eau régale, une masse connue d'antimoine activé, identique à celui utilisé dans le four et en diluant, dans un volume d'eau connu. On évapore ensuite une goutte de cette solution sur la plaque à étalonner.

Pour que cette goutte de solution évaporée ne s'étale pas sur la plaque d'une façon irrégulière, l'expérience a montré qu'il était nécessaire de limiter, par une très légère couche de paraffine, la surface que l'on désire activer. Dans ces conditions, les étalons sont reproductibles avec une erreur inférieure à 2 % (pour des masses d'une dizaine de microgrammes, et pour une surface de $13^{mm^2},85$).

Si l'on ne prend pas ces précautions, la proportionnalité entre l'activité et la masse de la solution évaporée n'est pas rigoureuse. Il peut y avoir des écarts qui sont de l'ordre de 10 %. Cela est dû à ce que la goutte ne s'étale pas d'une façon uniforme et ne donne pas un dépôt circulaire.

Connaissant alors la masse d'antimoine étalon évaporée sur un support donné, une simple règle de trois donne la masse déposée sur un même support par condensation du jet moléculaire d'antimoine. Pour calculer l'épaisseur, on est obligé d'admettre que la densité de la couche mince est égale à celle du métal en masse compacte. C'est là d'ailleurs une hypothèse qui est susceptible de donner lieu à des erreurs. Il est impossible cependant d'opérer autrement. Cette hypothèse, d'ailleurs, est faite dans la plupart des mesures d'épaisseur de lames minces effectuées par d'autres méthodes.

Il est à remarquer que, dans le cas de nos mesures, les lames minces utilisées ont, en général, des épaisseurs nettement inférieures à 1000 Å. En conséquence, il n'y a pas lieu d'effectuer une correction sur l'absorption des particules $\beta$ qui ont des énergies de l'ordre de 1 million d'électrons-volts.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Le coefficient de variations barométriques des gerbes étroites de l'air.* Note (*) de MM. **Joseph Hamelin** et **Maurice Schérer**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

La fréquence des gerbes étroites de l'air a été déterminée d'une manière continue en fonction de la pression atmosphérique au niveau de la mer.

On a partagé les variations de pression en intervalles d'un maximum de $2^{mm}$ de mercure et l'on en a déduit la fréquence par minute pour chaque pression moyenne de l'intervalle. La mesure des taux des gerbes étroites se faisant par différences entre le nombre total des gerbes étroites et des gerbes étendues,

(*) Séance du 5 mars 1951.

et celui des gerbes étendues seules, ce dernier n'a pas besoin de subir de corrections barométriques puisqu'il est mesuré directement dans chaque intervalle de pression.

Le dispositif est le suivant :

Deux plateaux 1 et 2 identiques de trois compteurs en parallèles ont une surface efficace chacun de $660^{cm^2}$; ces deux plateaux sont mis en coïncidence dans un sélecteur dont le pouvoir de résolution est de $4,5.10^{-6}$ secondes. Ces coïncidences C(1, 2) sont comptées par une échelle de 64. Un troisième plateau 3 de sept compteurs en parallèles de surface $430^{cm^2}$ est placé dans un même plan horizontal à $1^m,50$ de l'axe vertical des plateaux 1 et 2. Il est mis en coïncidence avec l'impulsion de coïncidence C(1, 2), et les coïncidences triples C(1, 2, 3) sont enregistrées par une échelle de 8. Le nombre de gerbes étroites est donc C(1, 2, 3)-C(1, 2).

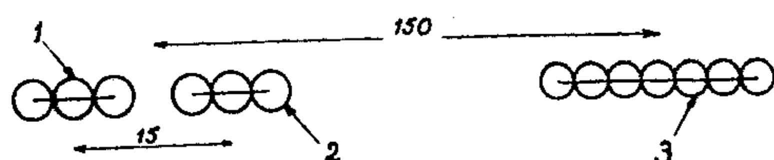



Fig. 1.

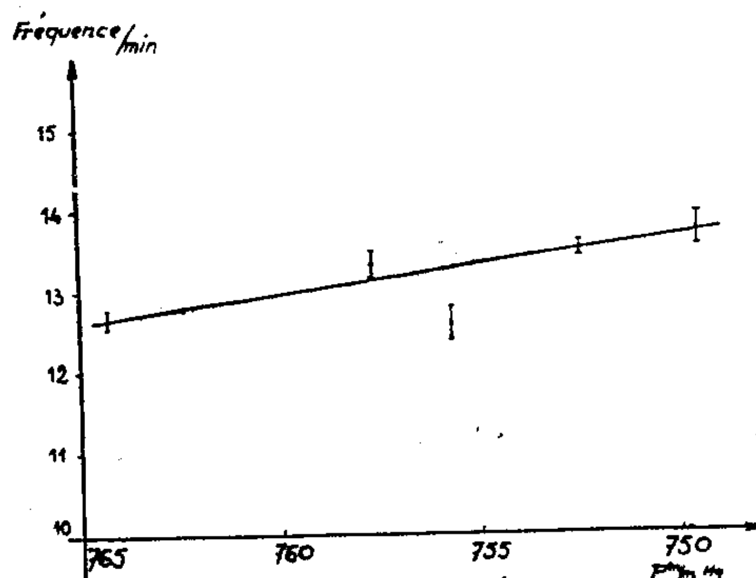



Fig. 2.

Ces mesures furent faites sous une toile de bâche pour éviter les effets des gerbes locales (paires d'électrons) pouvant fausser les mesures [1].

La courbe des fréquences des gerbes étroites en fonction de la pression est dans le domaine étudié la droite (*fig.* 2) :

On en déduit le coefficient barométrique des gerbes étroites ou variation relative de la fréquence par millimètre de mercure dans le domaine de 750 à $765^{mm}$ de mercure à la latitude de Caen 49° N.

$$C_b = \frac{13,73 - 12,68}{12,68 \times 14,75} = 0,56\,\%.$$

Le coefficient étant déterminé avec une précision voisine de 10 %.

Ce coefficient est probablement plus élevé en altitude mais il est difficile de

(1) Les compteurs à cathodes externes, à remplissage d'alcool et d'argon étaient enfermés dans des boîtes fermées par dessus par des feuilles de cellophane. Un chauffage maintenant une température constante de 22° environ dans les boîtes.

le comparer à celui qu'on pourrait déduire des mesures de Maze et Fréon ([2]) entre 3 000 et 7 000[m] ou de J. Wei et C. G. Montgomery ([3]) entre 0 et 643[m] car comme ces auteurs et A. Daudin et J. Daudin ([4]) l'ont remarqué, les dispositifs enregistreurs à des altitudes très différentes ne se retrouvent pas dans des conditions comparables.

Il est remarquable qu'il soit aussi inférieur à celui des gerbes étendues qui a été trouvé au niveau de la mer égal à 1 % par millimètre de mercure par Daudin ([4]), et 1,4 % par Clay et van Alphen ([5]).

Cette différence entre les gerbes étroites et les grandes gerbes reflète leurs origines différentes.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Discussion d'une méthode particulière de mesure de la diffusion multiple des particules de grande énergie dans l'émulsion photographique.* Note de M. **Claude Mabboux**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Une méthode généralement employée ([1]) ([2]) ([3]) pour la mesure de l'énergie d'une particule ionisante enregistrée dans l'émulsion photographique est basée sur l'étude des petites déviations de sa trajectoire observée au microscope dans le plan de l'émulsion (diffusion latérale). La mesure de la diffusion dans un plan perpendiculaire à l'émulsion (diffusion en profondeur) peut être ajoutée, ou même substituée, à la mesure de la diffusion latérale.

Soit $\theta(t, s)$ la projection sur un plan arbitraire de l'angle que font deux tangentes à la trajectoire aux points d'abcisses curvilignes, $s$ et $s+t$, comptées sur la trajectoire, la théorie de Williams donne

$$\overline{\theta^2(t)} = kt(p\beta)^{-2}$$

$p$ étant l'impulsion de la particule de charge unité, et $\beta$ sa vitesse.

Le facteur $k$ est une constante définie par la constitution de la matière diffusante, nous l'avons calculée compte tenu de tous les éléments entrant dans la composition de nos plaques (Ilford G5) ce qui nous donne

$$\overline{\theta(\text{degrés par } 100\,\mu)} = 28,45\ \mathrm{E}^{-1}$$

E étant posé égal $p\beta c$ lorsque $\beta \sim 1$ et exprimé en MeV.

([2]) R. Maze et A. Fréon, *J. Phys. Rad.*, n° 6, 1949, p. 85.
([3]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1488.
([4]) A. Daudin et J. Daudin, *J. Phys. Rad.*, n° 12, 1949, p. 394.
([5]) J. Clay et E. van Alphen, *Physica*, 16, n° 4, 1950, p. 393.

([1]) Goldschmitt, *Nuovo Cimento*, mai 1950.
([2]) Camerini, Fowler et al., *Phil. Mag.*, 1949.
([3]) Goldschmidt et al., *Proc. Phys. Soc.*, 1948.

L'estimation expérimentale de $\bar{\theta}^2$ est entachée d'une erreur due à l'imperfection des mesures et aux déformations accidentelles de la gélatine apparues au cours du développement. Nous réduisons ces causes d'erreur en prenant les précautions suivantes :

I. Le plan de projection choisi est le *plan vertical* perpendiculaire à l'émulsion et parallèle à la direction moyenne de la trace. Dans ces conditions chaque paquet de grains de la trace observée au microscope est défini par son abscisse lue sur le vernier de la platine mobile et par sa cote $z$ lue sur le dispositif de mise au point. Les différentes valeurs de $\theta$ sont obtenues en faisant les différences secondes sur les $z$.

Un tel plan de projection a été choisi pour les raisons suivantes :

*a*. Le dispositif de mise au point du microscope a des qualités mécaniques d'exactitude et de reproductibilité très supérieures à tout autre dispositif de mesure généralement adjoint au microscope. De plus, les irrégularités du mouvement de la platine sont minima suivant l'axe $Oz$.

*b*. La précision d'un microscope d'ouverture numérique supérieure à 1 est maximum dans le cas du pointé en profondeur d'un grain opaque. La latitude d'accommodation a été trouvée gaussienne et égale en valeur moyenne à $0^\mu,2$.

*c*. Une variation locale de la contraction de la gélatine entraîne toujours une distorsion latérale de la trajectoire par un appel de la gélatine environnante vers le point anormalement contracté; la réciproque n'est pas nécessairement vraie; en particulier, lorsqu'il y a pivotement ou glissement des différents plans de la gélatine les uns par rapport aux autres. La distortion est donc moins importante dans un plan perpendiculaire à l'émulsion que dans le plan de l'émulsion. La méthode du contraste de phase peut d'ailleurs être appliquée à l'étude de la variation de la contraction en chaque point de la plaque.

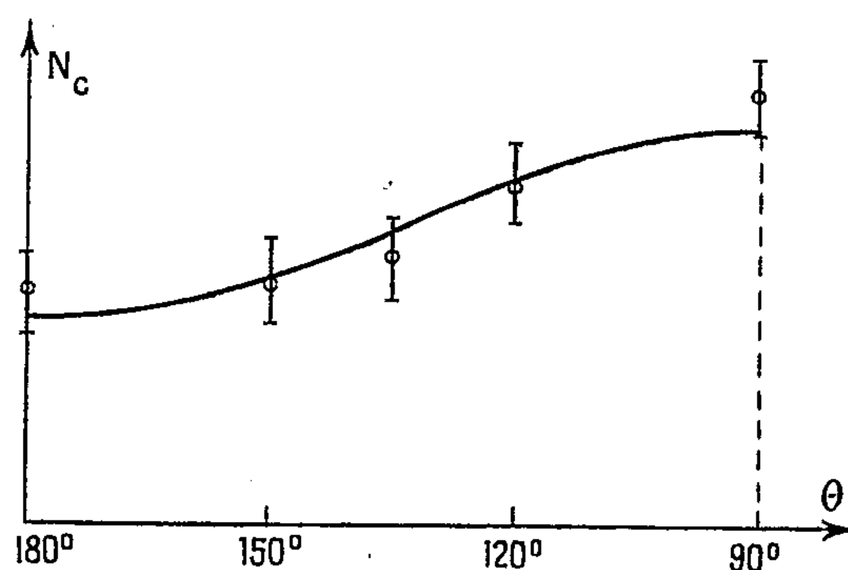
*d*. L'inconvénient de la méthode est que tous les angles mesurés dans un tel plan sont réduits dans le rapport de contraction. Cependant, une bonne mesure de ce rapport est aisée : en comparant avec un palmer l'épaisseur de la gélatine en différents points de la plaque avant et après son développement; nous l'avons trouvé sensiblement constant et égal à $2,6 \pm 0,5$.

2. Le contrôle de la mise au point se fait électriquement par la mesure d'une capacité variable associée au mouvement doux du microscope. Nous avons construit à cet effet un capacimètre précis et fidèle à lecture directe, stabilisé par quartz donnant $z$ à $0^\mu,1$ près. L'étalonnage est donné par un système optique interférométrique escamotable.

3. Les angles projetés sur deux plans perpendiculaires sont indépendants : une mesure de la diffusion en profondeur peut donc être composée avec une mesure de la diffusion latérale afin d'enrichir la statistique faite sur les angles dans le cas des traces courtes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélation angulaire neutron-rayon γ dans la désintégration du lithium 7 par les deutons.* Note (*) de MM. **Jacques Thirion** et **Théo Muller**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des deutons de 720 keV bombardant une cible épaisse d'oxyde de lithium provoquent l'émission de neutrons dont le spectre a été étudié par différents auteurs ([1]). Un groupe de neutrons de ce spectre correspond à un noyau résiduel de béryllium 8 excité de 4,9 MeV au-dessus du niveau fondamental (lequel est instable). Ce noyau se désexcite par émission d'un photon γ. La raie γ correspondante est la seule présente dans cette désintégration ([2]). La courbe d'excitation dn rayonnement γ indique une résonance aux environs de l'énergie 650 keV des deutons incidents. Il semble donc y avoir formation d'un noyau composé. La distribution angulaire des neutrons émis correspondant à ce niveau du béryllium 8 est fortement anisotrope ([3]), ce qui implique une valeur non nulle du moment angulaire avec lequel ces neutrons sont émis. Ce cas est favorable à l'observation d'une corrélation angulaire neutron-rayon γ.




Les photons γ sont détectés par un compteur Geiger du type cloche entouré d'un cylindre de fer (épaisseur $7^{mm}$) et couvert, en bout, de $7^{mm}$ de plomb. Les neutrons rapides associés sont détectés par les protons de recul engendrés dans un cristal de tolane placé devant un photomultiplicateur 931A. Des mesures de coïncidences ont été faites avec et sans blindage de plomb ($5^{mm}$) autour du détecteur de neutrons, sans que cela apporte un changement important du taux des coïncidences, ce qui signifie que des coïncidences parasites

(*) Séance du 5 mars 1951.

(1) Richards, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 796; Green et Gibson, *Proc. Phys. Soc. London*, 62, 1949, p. 407; Whitehead, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 399.

(2) Bennett et al., *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 904; Bennett et al., *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 11.

(3) Green et Gibson, *loc. cit.*

par effet Compton sont de l'ordre des erreurs statistiques des mesures. Une diffusion Compton d'un angle de 60° a déjà une probabilité faible, d'environ 2/100, par rapport à une diffusion à 0°, et le photon $\gamma$ diffusé subirait de plus une absorption importante, son énergie étant de l'ordre de 830 kV.

La cible a un diamètre de 3^mm, l'angle solide de détection des rayons $\gamma$ est d'environ $1/20 \times 4\pi$, et l'angle solide de détection des neutrons est d'environ $1/100 \times 4\pi$. La courbe de corrélation a été relevée pour des angles variant de 90 à 180° par rapport à la direction de détection des rayons $\gamma$. Elle est compatible avec une courbe de la forme $1 - 0,45 \cos^2\theta$.

La précision statistique est de $\pm 10\%$ le taux de coïncidences par minute devant être maintenu très faible de façon à conserver une proportion acceptable de coïncidences fortuites. Ces dernières ont été mesurées en éloignant le compteur Geiger de la cible et en disposant à côté de lui une source de rayons $\gamma$ indépendante.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Sur le déplacement paramagnétique de la fréquence de résonance nucléaire.* Note de MM. **Pierre Grivet** et **Yves Ayant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une théorie est proposée pour évaluer les déplacements de la fréquence de résonance magnétique nucléaire observés dans les solutions de sels paramagnétiques. L'influence de divers facteurs est discutée.

1. *Position du problème.* — Lorsqu'on étudie par la résonance magnétique nucléaire une substance en solution aqueuse, on ajoute souvent des sels paramagnétiques ayant pour effet d'abaisser le temps de relaxation. Mais on constate aussi un déplacement de la fréquence de résonance proportionnel à la concentration. Celui-ci s'explique par le fait que les noyaux résonants sont plongés dans un milieu faiblement paramagnétique. On peut évaluer le déplacement par la théorie macroscopique classique à l'aide d'une polarisation magnétique uniforme $\vec{M} = \chi \vec{H}_0$ ($\chi$, susceptibilité de la solution; $\vec{H}_0$, champ appliqué). La correction ainsi apportée au champ dépend de la forme de l'échantillon, et dans le cas ordinaire où celui-ci a la forme d'un cylindre de révolution transversal, on trouve que

$$H = H_0 - \frac{2\pi}{3}\chi H_0.$$

Mais il existe des cas intéressants [1] (par exemple F résonant en présence de $Fe^{++}$) où les déplacements n'obéissent plus quantitativement à cette loi,

(1) Bloembergen, *Phys. Rev.* **79**, 1950, p. 179.

tout en restant proportionnels à $H_0$. On peut écrire que

$$H = H_0 - \frac{2\pi}{3}\chi H_0 - \delta H.$$

Nous nommerons $\delta H$ le déplacement anormal, et $\rho$ le rapport $3\delta H/(2\pi\chi H_0)$.

2. *Théorie du déplacement anormal.* — Prenons le cas de F en présence de $Fe^{++}$. Au voisinage de l'ion $F^-$, la polarisation M n'est certainement pas uniforme.

1° Elle dépend de $r$ (distance $Fe^{++} - F^-$), car la concentration en ions positifs est plus forte au voisinage de l'ion négatif qu'en moyenne. Pour calculer cet effet on creusera autour de F une cavité dont le rayon $r_0$ est la plus courte distance d'approche des deux sortes d'ions.

Le calcul fait intervenir non seulement des masses magnétiques superficielles, mais un terme de volume div M. Néanmoins on retrouve encore le coefficient classique $[1 - (2\pi/3)\chi]$.

2° Mais on retrouverait un résultat différent si M dépendait aussi de $\theta$ (angle de la direction définie par les deux ions avec $H_0$). Or ceci a lieu par suite du blocage partiel [2] du moment orbital de $Fe^{++}$ par l'effet Stark du champ électrique produit pour l'ion $F^-$, qui conduit à une polarisation anisotrope.

Cet effet ne peut exister que dans des conditions assez particulières : il faut d'abord que l'ion paramagnétique ne soit pas dans un état S, mais de plus qu'il ne soit pas trop sensible au blocage et n'obéisse qu'à l'action de l'ion $F^-$ et non à celle des dipôles de l'eau, tant que $r$ n'atteint pas une certaine valeur de $r_1$. L'analyse de cette situation montre :

*a.* que ces conditions sont réalisées par les ions $Fe^{++}$ et $Co^{++}$ pour lesquels le moment effectif est bien représenté par $\mu_{\text{eff}}^2 = 4S(S+1) + L^2$, conséquence de l'hypothèse;

*b.* que la distance $r_1$ à partir de laquelle le blocage est produit par les dipôles de l'eau ne doit dépendre que de la valence de l'ion résonant en première approximation (par exemple être la même pour $Li^+$ et $F^-$). On peut estimer $r_1$ en notant qu'à la distance $r_1$ le champ produit par l'ion étudié doit être égal au champ moyen produit par les molécules d'$H_2O$, ce qui donne $r_1$ de l'ordre de 8 à 10 Å.

3° On trouve pour le moment présenté par l'ion paramagnétique bloqué par l'ion étudié, la valeur

$$\frac{\beta^2}{3kT}(\mu_1^2 \cos^2\theta - \mu_2^2 \sin^2\theta)\,H,$$

$$\mu_1^2 = 4S(S+1) + 3L^2, \qquad \mu_2^2 = 4S(S+1),$$

(2) VAN VLECK, *The theory of electric and magnetic susceptibilities*, Chap. XI, p. 285 (Oxford, 1932).

ce qui conduit à la polarisation :

$$M = H\frac{\beta^2}{3kT}\left[\frac{\mu_1^2 + 2\mu_2^2}{3} + \frac{2}{3}P_2(\cos\theta)\,(\mu_1^2 - \mu_2^2)\right]f(r),$$

$f(r)$ désignant la concentration de $Fe^{++}$.

C'est le terme en $P_2(\cos\theta)$ qui livrera le déplacement anormal.

Nous sommes près du centre du nuage de Debye-Hückel et nous pouvons poser simplement :

$$f(r) = N e^{-\frac{zz'e^2}{\varepsilon kT}\frac{1}{r}}$$

($zz'$, valences des deux ions).

D'où l'on tire

$$\rho = \frac{24}{\vec{S}}\,\frac{\mu_1^2 - \mu_2^2}{\mu_1^2 + 3\mu_2^2}\int_{r_0}^{r_1}\frac{dr}{r}\,e^{-\frac{zz'e^2}{\varepsilon kT}\frac{1}{r}}.$$

3. *Comparaison avec les faits.* — L'expérience donne $\rho = 2{,}7$ pour $F^-$ en présence de $Fe^{++}$, $\rho \simeq 0{,}1$ pour $Li^+$.

1° Pour $F^-$ la formule théorique est très sensible à $r_0$ ; en supposant $r_1$ de l'ordre de 10 Å, on trouve un bon accord si l'on prend $r_0 = 5$ Å, qui diffère peu de la somme des rayons ioniques ($Fe^{++} = 3{,}4$ Å et $F = 1{,}5$ Å) [3].

2° Pour $Li^+$ on a la situation inverse ; le résultat est principalement sensible à $r_1$. On rend compte de la valeur expérimentale avec $r_1$ de l'ordre de 10 Å, en accord avec la valeur estimée plus haut.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur l'absorption ultrahertzienne de l'eau de cristallisation et de l'eau d'adsorption (État liquide, vers* — 90° C, *de l'eau adsorbée).* Note (*) de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a coutume de considérer que l'eau passe de l'état liquide à l'état solide à 0° C. On sait cependant que dans la série $H_2Te$, $H_2Se$, $H_2S$, $H_2O$, la position de l'eau est anormale et que si elle fond à 0° (au lieu — 90° environ) c'est du fait de l'existence de liaisons hydrogène. Développant les idées directrices d'une Note précédente [1], nous nous proposons de montrer, par des mesures d'absorption ultrahertzienne, que *l'eau adsorbée conserve le caractère liquide jusqu'à* — 90° C *environ. La désassociation de l'eau par l'adsorbant lui restitue donc son caractère normal dans la série* $H_2Te$ *à* $H_2O$.

1. *Eau de cristallisation. Point de fusion. Point d'eutexie.* — Nous avons étudié la variation, en fonction de la température, de l'absorption $\varepsilon''$,

---

(3) *Handbuch der Phys.*, 13.

(*) Séance du 5 mars 1951.

(1) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 401.

pour $\lambda = 3^{cm},15$, lors passage glace-eau (l'étude de la constante diélectrique $\varepsilon'$ conduit aux mêmes conclusions). La figure 1 représente la partie de la courbe accessible à nos expériences; on retrouve la *brusque discontinuité, à* 0° C, *au point de fusion* habituel de la glace.

Nous avons repris ensuite la même étude pour des solutions $ClNa + H_2O$. Pour un mélange à 77 % d'eau, on observe également une *brusque discontinuité au point d'eutexie* (*fig.* 2, trait plein). [On notera toutefois que pour un mélange à 10 % d'eau seulement le phénomène est différent (*fig.* 2, pointillé); ceci doit être propre au cas très particulier de ClNa (hydrate à $2H_2O$?).]

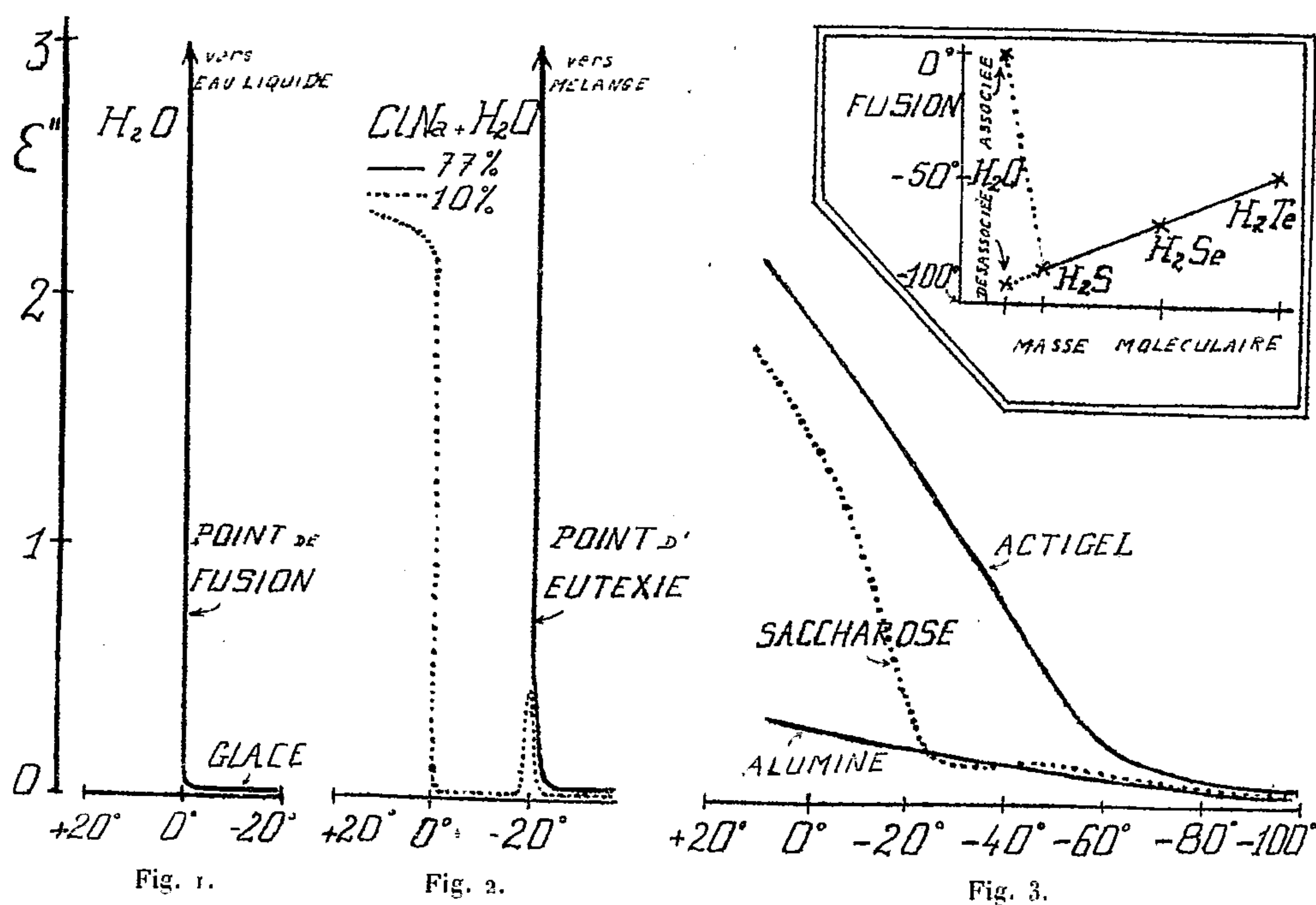



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

2. *Eau d'adsorption.* — Les résultats sont tout différents lorsque l'eau est adsorbée sur alumine (pour chromatographie 9 % d'eau) ou sur silice (actigel 28 % d'eau) : *Il n'y a pas de discontinuité à* 0° C *et l'absorption apparaît encore jusqu'à* — 90° C *environ* (*fig.* 3). *Il y a donc* (¹), *pour l'eau adsorbée, des molécules à l'état liquide, bien au-dessous de* 0°C. (Nous avons confirmé ces résultats pour diverses teneurs en eau de l'actigel.)

3. *Conséquences.* — 1° L'eau, quand elle est adsorbée, est donc encore à *l'état liquide jusque vers* — 90° C; *ce résultat qui pourrait paraître paradoxal représente, en réalité, le caractère normal de l'eau :* on sait en effet que lorsque l'on trace (*fig.* 3, médaillon) la courbe température de fusion-masse moléculaire, pour la série $H_2Te$, $H_2Se$, $H_2S$, $H_2O$, la position de l'eau est anormale : 0° C au lieu de — 90° C environ. Cette anomalie est due aux liaisons hydrogène intermoléculaires de l'eau : l'adsorption détruit ces liaisons intramoléculaires

entre molécules d'eau (désassociation), au profit de liaisons entre l'eau et l'adsorbant : *eau associée, point de fusion* 0° C*: eau désassociée par adsorption, point de fusion tendant vers* — 90° C.

Une Note de M^lle^ M. T. Rolland et de M. R. Bernard montrera que les présentes conclusions, obtenues en ondes centimétriques (eau « liquide »), sont confirmées par leurs recherches en ondes kilométriques (eau « solide »).

2° D'autre part, il découle de ces résultats une nouvelle méthode de *discrimination entre l'eau de cristallisation et l'eau d'adsorption*. L'exemple du saccharose renfermant 12 % d'eau ajoutée (*fig.* 3) en donne une application : malgré la présence de l'anomalie au voisinage du point d'eutexie (qui montre le caractère partiel d'eau de cristallisation), l'allure générale de la courbe prouve la prédominance du phénomène d'adsorption. L'intérêt de cette méthode est accrue par ce qu'elle peut apporter dans *la distinction entre « eau libre » et « eau liée » dans les substances biologiques*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption, dans le domaine des ondes kilométriques, de l'eau adsorbée*. Note (*) de M^lle^ **Marie-Thérèse Rolland** et M. **Raoul Bernard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Alors que les ondes centimétriques permettent l'étude de l'eau « liquide » [1], c'est au domaine des ondes kilométriques qu'il faut s'adresser pour étudier l'eau « solide » [2]. Nous avons donc mesuré l'absorption $\varepsilon''$ de l'eau adsorbée dans le gel de silice (actigel) pour les fréquences 1, 2, 5, 10, 16 kc. Cette étude a été faite en fonction de la température (+ 40 à — 150°C) et aussi de la teneur en eau de l'adsorbant; la figure 1 résume nos résultats pour la fréquence 5 kc. Ces recherches nous ont permis de mettre en évidence *deux régions d'absorption de l'eau « solide »* : L'une, autour de 0°, approximativement (eau associée); l'autre, autour de — 100° environ (eau désassociée par adsorption).

1. Comme le montre la figure, la variation de l'absorption *en fonction de la température* met en évidence l'existence de deux régions d'absorption. On peut situer grossièrement le maximum d'absorption de l'une vers 0° C (eau associée?) et de l'autre vers — 100° C environ (eau désassociée ?). Nous allons voir qu'en réalité l'intensité et la position de chacun de ces maxima d'absorption dépend de la teneur en eau et de la fréquence.

2. La variation de l'absorption *en fonction de la teneur en eau* se manifeste différemment pour chacune des deux régions d'absorption (exemple : fréquence 5 kc) :

(*) Séance du 5 mars 1951.

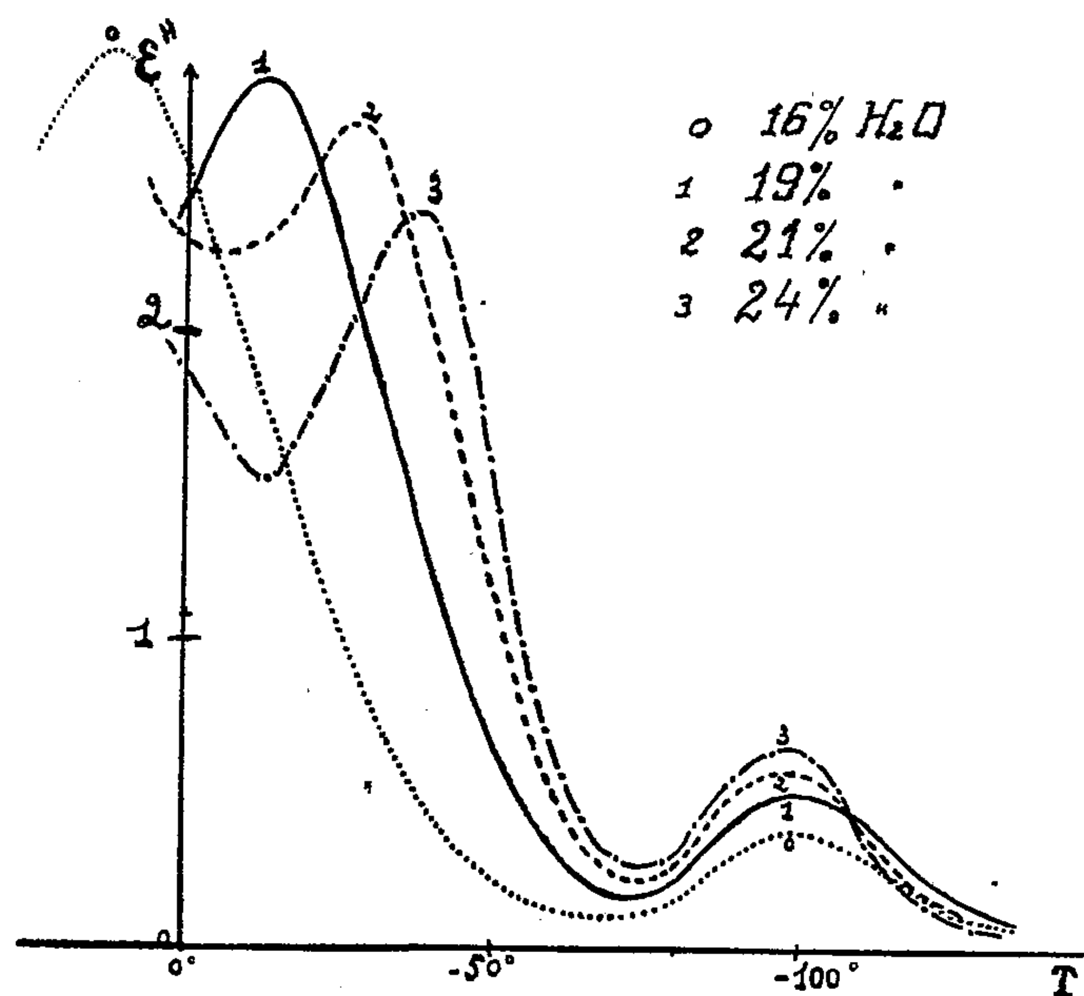
[1] M^me^ M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 401 et 232, 1951, p. 1096.

[2] R. Guillien, *Cahiers Phys.*, 23, 1944, p. 45.

1° Pour la première région le maximum d'absorption se déplace considérablement, de + 12 à — 40° C lorsque la concentration passe de 16 à 24 % ; en même temps l'absorption diminue sensiblement quand la teneur en eau augmente.

2° Pour la deuxième région, le maximum d'absorption ne se déplace pas sensiblement quand la concentration passe de 16 à 24 % ; mais ici l'absorption augmente nettement quand la teneur en eau augmente.

3. La variation des deux maxima d'absorption *en fonction de la fréquence* (exemple : teneur en eau 19 %) se manifeste de la façon suivante : Pour la première région : $\nu = 10$ kc, $t_M = -5°$; 1 kc, $t_M = -35°$ [on notera l'analogie de ces résultats avec ceux obtenus pour la glace pure (Errera, Granier, Smyth-Hitchcok)]. Pour la deuxième région : 10 kc, $t'_M = -95°$; 1 kc, $t'_M = -105°$.




*Conclusion.* — Ces résultats mettent en évidence un fait qui, à notre connaissance, n'avait pas été signalé jusqu'ici : *l'existence de deux régions d'absorption de l'eau dans le domaine des ondes kilométriques.*

Ce résultat semble devoir être rapproché des données des ondes centimétriques sur l'eau « liquide » ([2]) distinguant eau associée (F 0° C) et eau désassociée par adsorption (F vers — 90° C). Remarquons de plus que, pour une teneur en eau de 16 %, le premier maximum est à + 12°, donc au-dessus du point de fusion habituel de l'eau, et que l'intensité de ce maximum décroît quand la quantité d'eau augmente.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption sur les semiconducteurs.* Note de MM. **Pierre Aigrain**, **Claude Dugas** et **Jean Germain**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des phénomènes purement électrostatiques peuvent expliquer l'adsorption de certains gaz sur certains semiconducteurs. Les énergies d'adsorption calculées et le nombre d'atomes adsorbables sont en bon accord avec certains résultats expérimentaux.

Plusieurs processus pour expliquer l'adsorption des gaz sur les solides ont déjà été reconnus. Les plus importants étant l'adsorption par forces de van der Wals et l'adsorption par liaisons chimiques non saturées. Il apparaît que dans certains cas, où l'adsorbant est un semiconducteur un autre phénomène d'origine purement électrostatique peut expliquer certains points obscurs.

Considérons par exemple un semiconducteur de type $n$ contenant N centres d'impuretés par centimètre cube et de constante diélectrique K. Considérons $m$ atomes par centimètre carré d'un gaz, au contact du semiconducteur, le gaz étant tel qu'il joue par rapport au semiconducteur le rôle d'une impureté acceptrice. Les atomes du gaz vont alors capter des électrons libres du semiconducteur, ce qui créera en surface une barrière de potentiel telle que celle postulée par Bardeen, et libérera une certaine énergie précisément égale à l'énergie électrostatique emprisonnée dans la barrière de potentiel. En utilisant les formules connues pour la valeur du champ électrique dans la barrière, on obtient pour l'énergie totale par centimètre carré de surface libre l'expression :

$$E = \frac{1}{8\pi}\int_0^l \varepsilon_0 K \left|\vec{\mathcal{E}}\right|^2 dx = \frac{2\pi}{3}\frac{N^2 e^2 l^3}{\varepsilon_0 K},$$

où $l$ est l'épaisseur de la barrière. La neutralité électrique de l'ensemble exige d'ailleurs que

$$ml = N$$

et d'autre part, la hauteur de la barrière est donnée par

$$\rho = \frac{2\pi}{\varepsilon_0 K} N e l^2.$$

Ce dernier nombre doit d'ailleurs être inférieur à la largeur $\varepsilon$ de la bande interdite dans le semi-conducteur.

En rassemblant ces formules, on trouve que l'énergie moyenne d'adsorption par atome de gaz est donnée par

$$\frac{E}{m} = \frac{2\pi}{3}\frac{e^2}{\varepsilon_0 K}\frac{m^2}{N},$$

et prend une valeur maximum de

$$\left(\frac{E}{m}\right)_{\max} = \frac{e\varepsilon}{3}$$

lorsque le nombre d'atomes adsorbés est

$$m = \left(\frac{N\varepsilon_0 K\varepsilon}{2\pi e}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

En pratique les différents points du semi-conducteur sont de pureté très variable, les régions les plus pures adsorbent les premières et se saturent les premières, puis les régions de moins en moins pures rentrent en ligne de compte. Dans ces conditions, l'énergie moyenne d'adsorption par atome de gaz dépend peu du nombre d'atomes adsorbés et reste à peu près égale à l'énergie maximum, tant que toute la surface n'est pas saturée.

Dans le cas particulier d'un semi-conducteur ayant une bande interdite de 6 eV et contenant $10^{20}$ centres d'impuretés par centimètre cube, l'énergie d'adsorption par atome-gramme de gaz est d'environ 46 kcal. et le nombre maximum d'atomes adsorbés est d'environ 5 % du nombre d'atomes superficiels du semi-conducteur. Ces valeurs numériques sont en accord avec de nombreux résultats expérimentaux.

Il convient de remarquer que le phénomène d'adsorption qui intervient ici est réellement dû à une liaison ionique entre le gaz adsorbé et les impuretés du semiconducteur, ce dernier n'intervenant que pour accroître la portée des forces coulombiennes et pour faciliter les échanges d'électrons entre les deux ions.

Un processus tel que celui exposé ici semble pouvoir être très important dans de nombreux phénomènes de catalyse par des oxydes métalliques ou par des métaux incomplètement réduits.

On pourrait également expliquer ainsi que des molécules d'un gaz n'ayant apparemment aucune affinité chimique pour un semi-conducteur s'adsorbe cependant facilement sur lui en produisant des barrières de potentiel. Le redressement observé dans certaines conditions sur du germanium de type $p$ pourrait ainsi s'expliquer par une adsorption d'azote atmosphérique.

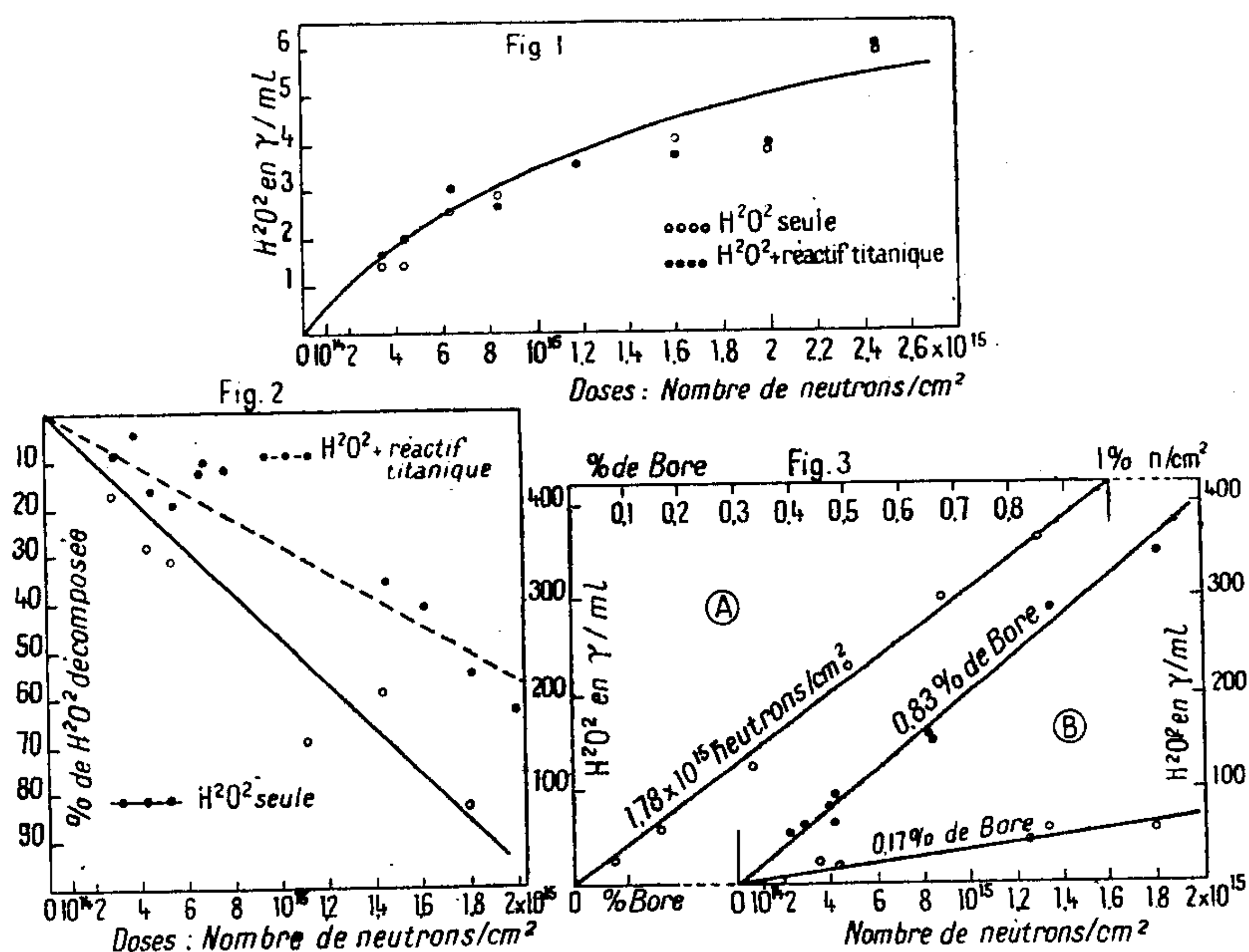
CHIMIE PHYSIQUE. — *Effets du rayonnement de la pile atomique sur l'eau et les solutions de bore.* Note (*) de M. **Paul Bonét-Maury** et M^lle **Aliette Deysine**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Poursuivant l'étude de la décomposition de l'eau par les radiations ionisantes (1), nous avons soumis au rayonnement total de la pile de Chatillon (ZOE) de l'eau bi-distillée placée dans des tubes de silice; l'eau oxygénée formée est dosée photocolorimétriquement en ajoutant le réactif titanique *avant* ou *après* l'irradiation.

(*) Séance du 5 février 1951.

(1) P. Bonet-Maury et M. Lefort, *J. Chem. Phys.*, **47**, 1950, p. 179.

Nous n'avons observé, même pour des irradiations de plusieurs jours dans le flux maximum, que des concentrations très faibles d'$H_2O_2$, de l'ordre de quelques $\gamma$/ml (*fig.* 1). Cette faible action du rayonnement sur l'eau, fort heureuse pour le fonctionnement des piles à l'eau lourde, peut être attribuée en partie à la faible absorption dans l'eau de ce type de rayonnement et en partie à son pouvoir de décomposition notable sur l'$H_2O_2$ formée. En irradiant, dans le même flux, des solutions d'$H_2O_2$ on observe, en effet, une baisse de titre, même quand l'eau oxygénée est engagée dans le complexe titanique coloré, en lui ajoutant le réactif titanique *avant* l'irradiation (*fig.* 2).




Il est difficile encore de préciser le rôle joué dans cet effet chimique par les divers composants du rayonnement : neutrons rapides ou lents, rayons $\gamma$. Cependant, en enveloppant les tubes d'eau dans une feuille de cadmium (épaisseur $0^{mm},7$), on observe une forte augmentation de la quantité d'$H_2O_2$, qui double ou triple. Comme l'écran de Cd, tout en réduisant le flux de neutrons, augmente le rayonnement $\gamma$ par la réaction $(n, \gamma)$ du Cd, on en déduit que la formation d'eau oxygénée doit être due principalement au rayonnement $\gamma$. La régularité imparfaite des résultats, conforme à l'intervention de facteurs divers, et la baisse de rendement avec la dose (*fig.* 1) correspondent bien, par ailleurs, à une réaction radio-chimique primaire produite par une ionisation clairsemée homogène, du type rayons X ou $\gamma$ (2). Il faut noter cependant que l'effet du Cd peut être attribué également, au moins en partie, à une réduction de la décomposition due aux neutrons.

*Solutions de bore; dosage chimique des neutrons lents* ([2]). — On modifie complètement, qualitativement et quantitativement, la formation d'$H_2O_2$ en ajoutant à l'eau quelques millièmes de bore ([3]). La capture des neutrons lents par cet élément, suivant de la réaction nucléaire ([4]) : ${}^1_0n + {}^{11}_5B = {}^7_3Li + {}^4_2He$ augmente l'absorption du rayonnement et donne naissance dans l'eau à une distribution ionique dense en colonne, analogue à celle des rayons $\alpha$ naturels. La concentration d'$H_2O_2$ augmente d'un facteur 50 à 100 et elle est régulièrement proportionnelle à la dose c'est-à-dire au nombre de paires d'ions par centimètre cube. Comme ce nombre dépend à la fois du nombre de neutrons et de la concentration en bore, il n'est pas étonnant que l'on observe une loi linéaire pour ces deux facteurs (*fig.* 3). L'interposition d'une feuille de Cd réduit de 75 % environ la concentration d'$H_2O_2$.

Ces expériences sont en accord avec l'interprétation précédemment admise pour la formation de l'eau oxygénée par les rayonnements donnant une ionisation dense en colonnes, comme les rayons $\alpha$. La régularité des résultats permet de doser les neutrons lents par une méthode colorimétrique simple et précise.

*Radioactivité de l'eau irradiée.* — La mesure au compteur de Geiger-Müller, de l'eau irradiée nous a montré une activité $\beta$ de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers de coups par minute et par millilitre. Les premières irradiations ayant été effectuées en tube de verre, nous avions attribué tout d'abord cette radioactivité inattendue à des radionuclides formés dans la paroi du tube. Mais en changeant la nature de cette paroi (Cu, Al, Pb, plexiglace, silice) ou sa surface (addition de poudre ou de fragments de la paroi), on ne modifie pas notablement la radioactivité observée. Il en est de même si l'on utilise de l'eau de pureté ou d'origine diverses : eau de source, eau du robinet, eau permutée, eau mono- ou bi-distillée.

Si la radioactivité paraît bien augmenter avec le flux de neutrons, la nature de cette radioactivité apparaît complexe et variable dans le temps; les mesures de décroissance et d'énergie du rayonnement ne nous ont pas permis jusqu'ici d'identifier de façon satisfaisante les radioéléments en cause et leur origine.

---

([2]) Ces résultats sur l'effet du bore ont été publiés au Congrès international de Radiologie de Londres, juillet 1950.

([3]) Solutions d'acide borique et de borate de Na à pH 7 ou d'acide borique à pH 5 environ.

([4]) D'après Mme Faraggi (*Thèse Doctorat-ès-Sciences*, 1950) la particule $\alpha$ possède une énergie de 1,52 MeV et parcourt 10µ dans l'eau; le noyau de Li, pour une énergie de 0,88 MeV, parcourt 5µ.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mode d'action des substances radiomimétiques du type « moutardes azotées »*. Note (*) de M[lle] **Régine Bonème** et M. **Michel Magat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Tandis que les rayonnements ionisants (X et γ) produisent des radicaux libres et amorcent la polymérisation de solutions aqueuses de nitrile acrylique et du styrolène pur ou en solution, la di-2-chloroéthylamine agit comme inhibiteur de polymérisation. Le mécanisme d'action de cette substance dite « radiomimétique » est donc différent de celui des rayonnements ionisants.

Il est bien connu que certaines substances telles que la di-2-chloroéthylméthylamine exercent sur l'organisme vivant des actions analogues à celles des rayons X et γ, ce qui leur a valu le nom de « substances radiomimétiques ». Il a été montré d'autre part, par Taylor, Greenstein et Hollaender ([1]) et d'autres, que les rayons X provoquent, *in vitro*, une dégradation de l'acide désoxyribonucléique, tandis que Chanutin et Gjessing ([2]) et surtout Butler et Smith ([3]) montrèrent qu'un effet analogue pouvait être produit par la di-(2-chloroéthyl)-amine de certaines autres substances voisines.

Cette analogie entre les effets biologiques et chimiques des rayons X et ceux des « moutardes aminées », pourrait suggérer une identité de mécanismes d'action. Certains arguments de Butler et Smith ([3]) et de Conway, Gilbert et Butler ([4]), tendent à prouver qu'il n'en est rien. Les expériences que nous allons décrire, confirment cette conclusion.

On sait par les travaux de nombreux auteurs, que les rayons X et γ, en traversant la matière, produisent des ions et des radicaux libres et que c'est à ces derniers surtout que sont dus les effets chimiques consécutifs. En particulier, Dainton ([5]), Chapiro ([7]) et M[me] Prévot ([7]) ont montré que ce sont ces radicaux et non les ions, qui sont responsables de l'amorçage de polymérisation de nitrile acrylique en solution aqueuse et du styrolène pur ou en solution.

Pour expliquer l'action chimique des « moutardes aminées », on peut envisager trois mécanismes :

1° Action chimique des radicaux libres produits au cours de leur décomposition, c'est-à-dire, analogie complète avec l'action des rayons X.

---

(*) Séance du 5 mars 1951.

([1]) *Cold Spring Harbor Symposium*, **12**, 1947, p. 237.

([2]) *Cancer Research*, **6**, 1946, p. 593.

([3]) *J. Chem. Soc. London*, 1950, p. 3411.

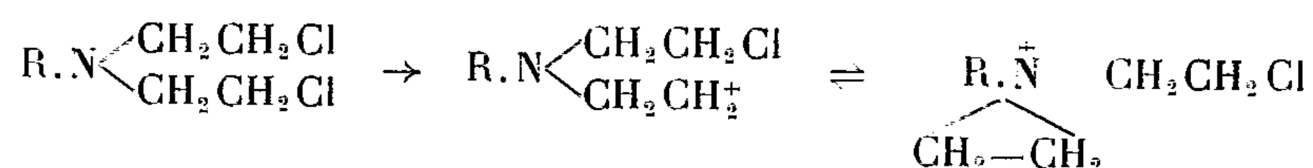
([4]) *Ibid.*, p. 3421.

([5]) *Nature*, **160**, 1947, p. 268.

([6]) Thèse, *J. Chim. Phys.*, **47**, n° 9-10-11-12, 1950.

([7]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 288.

2° Action par l'intermédiaire de l'ion carbonium en équilibre avec l'ion ammonium formés au cours de la solvolyse



comme l'ont suggéré certains auteurs (*voir* Butler et Smith, *loc. cit.*).

3° Action chimique directe de la molécule par l'intermédiaire des chlores par exemple.

Pour essayer de trancher entre ces trois hypothèses, nous avons étudié la polymérisation, à 37° C, des systèmes suivants :

1° nitrile acrylique + eau (1,4 mol/l en monomère);

2° nitrile acrylique + eau + di-2-chloroéthylamine (0,034 mol/l) (Boots pure drug Co-Nottingham);

3° nitrile acrylique + eau + di-2-chloroéthylméthylamine (Merck) (0,0035 mol/l);

4° styrolène pur + alcool (5 mol/l en monomère);

5° styrolène pur + alcool + di-2-chloroéthylamine (0,0017 mol/l; 0,0061 mol/l; 0,0225 mol/l);

6° styrolène pur + alcool + diéthylamine (0,0064 mol/l; 0,013 mol/l).

Le nitrile acrylique ne se polymérise ni thermiquement, ni en présence d'ions, par contre, il est très sensible aux radicaux libres. Or, aucune polymérisation n'a été observée dans les expériences 2 et 3, ce qui exclut toute possibilité de formation de radicaux libres capables d'amorcer la polymérisation au cours de la décomposition des amines examinées.

Le styrolène se polymérise très facilement thermiquement et par le mécanisme ionique. Or, nous avons observé que la di-2-chloroéthylamine inhibait la polymérisation thermique du styrolène. La période d'inhibition complète est de l'ordre de 90 heures pour la solution la plus diluée et atteint 180 heures pour la solution la plus concentrée. A la fin de cette période, la polymérisation commence, mais elle est, dans le dernier cas, environ cinq fois plus lente qu'en absence de di-2-chloroéthylamine. Une inhibition du même ordre a été observée avec la diéthylamine, la vitesse atteignant ensuite presque une valeur normale. Il est donc possible que l'inhibition soit due à la présence du groupement amine dont l'action inhibitrice sur les polymérisations par radicaux libres est connue. Par contre, les groupements amines n'inhibent pas la polymérisation ionique. L'inhibition de la polymérisation du styrolène dans l'éthanol rend par conséquent peu probable l'hypothèse de formation d'ion carbonium, sans pouvoir toutefois l'exclure complètement.

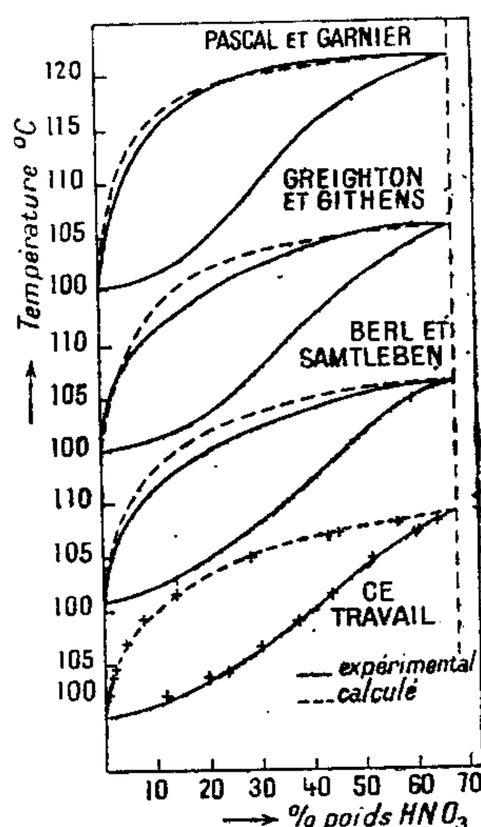
Nous devons donc admettre, soit que l'action des rayonnements ionisants et celle de di-2-chloroéthylamine s'effectuent par des mécanismes entièrement

différents interférant avec des processus biologiques différents et, éventuellement, attaquant des points différents de l'acide thymonucléique, soit que l'intervention de radicaux libres additionnels et l'inhibition de radicaux libres existant normalement, conduisent aux mêmes conséquences biologiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagramme d'ébullition du mélange eau-azéotrope nitrique sous* 760 mmHg. Note (*) de M^me^ **Jacqueline Potier**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude du diagramme d'ébullition de $HNO_3—H_2O$ sous 760 mm Hg a fait l'objet de nombreux travaux ([1]).

Les courbes d'ébullition et de rosée varient suivant les expérimentateurs; ces différences sont imputables au principe même des appareils; tous les auteurs ont fait des distillations simples, discontinues, sans recyclage. Nous avons réuni leurs courbes sur la figure.




Nous avons repris ces déterminations en nous servant du nouvel ébullioscope de Cathala, Hardie, Leclerc ([2]) qui permet de réaliser une distillation continue avec équilibre et supprime le recyclage des produits de décomposition, inhérent à l'appareil de Swietoslawsky. Nous avons obtenu les résultats suivants (% en poids) :

---

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) Pascal et Garnier, *Bull. Soc. Chim.*, 27, 1920, p. 8; Creighton et Githens, *Journ. Franklin. Inst.*, 179, 1915, p. 161; Berl et Samtleben, *Zeits. für Angew. Chem.*, 35, 1922, p. 161; Carpenter et Babor, *Chem. and Met. Eng.*, 443, 1922.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 1951 (à paraître).

| t°. | Phase liquide. | Phase vapeur. |
|---|---|---|
| 104 | 19,6 | 1,2 |
| 107 | 30 | 4,2 |
| 109,5 | 37 | 7,4 |
| 112 | 43,4 | 13,6 |
| 115,3 | 51,8 | 28,6 |
| 118 | 60 | 45,1 |
| 119 | 64 | 56,7 |
| 120 | 68 | 68 |

Étant donné les écarts entre les diagrammes des différents expérimentateurs, nous en avons fait l'étude thermodynamique en appliquant la loi de Gibbs-Duhem pour les mélanges binaires

$$x_1\left(\frac{\partial ln\gamma_1}{\partial x_1}\right)_T = x_2\left(\frac{\partial ln\gamma_2}{\partial x_2}\right)_T,$$

et utilisé le coefficient d'activité $\gamma_1$ de Van Laar

$$\log\gamma_1 = \frac{A}{1+\left(\frac{A}{B}\right)\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2},$$

où $x_1$ $x_2$ sont les concentrations molaires des constituants; A et B des constantes dépendant des caractéristiques de l'azéotrope.

Cette méthode, due à Carlson et Colburn (3), est particulièrement applicable aux systèmes azéotropiques.

Quelques calculs ont montré que les coefficients d'activité varient très peu avec la température; nous n'avons donc pas tenu compte de la correction de White (4).

Pour les tensions de vapeur $NO_3H$, nous nous sommes servis des données de Vandoni à 0° (5), de Wilson-Miles (6) à 20°, de Berl-Saenger (7) de 0 à 50° que nous avons extrapolées grâce à la loi de Dupré et sans tenir compte des données non homogènes de Sproesser et Taylor (8). Ceci nous a conduit aux résultats suivants :

(3) 34, 1942, p. 581.

(4) *Trans. Am. Inst. Chem. Engs.*, 41, 1945, p. 539.

(5) *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, 31, 1944, p. 87.

(6) *Trans. Far. Soc.*, 36, 1940, p. 356.

(7) *Monatsheft*, 33, 34, 1929, p. 1036.

(8) *J. Am. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 1872.

| Vapeur liquide (%). | P. et G. | | B. et S. | | C. et G. | | J. P. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | obs. | calc. | obs. | calc. | obs. | calc. | obs. | calc. |
| 20........ | 1,5 | 1 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 1,2 | 1,4 | 1,4 |
| 30........ | 4,4 | 3 | 4,4 | 3,2 | 3,8 | 3,6 | 4,4 | 4,4 |
| 40........ | 11,6 | 7 | 11,4 | 9,8 | 12,2 | 8,5 | 10,6 | 10,6 |
| 50........ | 19,85 | 19,2 | 25,8 | 18,6 | 16,5 | 18,1 | 22,9 | 22,9 |
| 60........ | 38 | 38,4 | 48 | 41,2 | 45,8 | 44 | 45,1 | 44,8 |
| 68........ | 67 | 67 | 68 | 68 | 67,6 | 67,8 | 68 | 68 |

Pour notre courbe, nous avons fait plusieurs séries de calculs en plaçant l'azéotrope à 120° : 68 %, 120° : 68,4 %, 120° : 67,6 %, 120°,4 : 68 %, 119°,6 : 68 % et avons été ainsi amenés à choisir 120° et 68 % en poids.

On met en évidence que les données des auteurs cités conduisent à des écarts systématiques entre les courbes calculées et observées. Ces écarts paraissent provenir, en grande partie, du point d'ébullition de leur azéotrope. Nos résultats plus cohérents et l'emploi de l'ébullioscope dynamique paraissent ainsi justifiés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formation des chlorures basiques de magnésium de 50° à 175°, par voie aqueuse* (¹). Note de M^lle **Yolande Bianco**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude des équilibres entre les solutions de chlorure de magnésium, les sels basiques et l'hydroxyde déjà réalisée à la température ordinaire (²) et à 100° (³) a été étendue aux températures de 50, 75, 125, 150, 175°.

Les méthodes mises en œuvre ont été précédemment décrites (³) : précipitation lente de solution fraîche de magnésie dans des solutions diversement concentrées de chlorure de magnésium; attaque des solutions de chlorure par la magnésie; analyse chimique des solutions mères et des précipités (⁴); analyses rœntgénographiques des phases solides.

L'étude a permis de mettre en évidence deux sels nouveaux dont les paliers de composition fixe correspondent à des rapports stœchiométriques respectivement voisins des valeurs

$$\frac{Cl_2}{Mg} = 0,333 \quad \text{et} \quad 0,250, \qquad \frac{H_2O}{Mg} = 1,33 \quad \text{et} \quad 1,00.$$

(¹) La décomposition des oxychlorures, par voie sèche, a été étudiée par Feitknecht et Held, *Helvetica Chimica Acta*, **27**, 1944, p. 1480.

(²) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1077; *voir* aussi *J. d'Ans. und W. Katz*, Kali 1941, p. 37.

(³) L. Walter-Lévy et Y. Bianco, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 730.

(⁴) Les sels ont été lavés à l'alcool, l'éther, et séchés sur l'anhydride phosphorique.

Leurs formules peuvent s'écrire $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$ et $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $H_2O$. Ils diffèrent par leur degré d'hydratation des sels déjà connus $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ et $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$. Leurs constantes réticulaires, distances des plans en Å et intensités relatives correspondantes des raies des spectres de rayons X sont les suivantes :

$Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$. — ff 7,904; ff 7,461; FF 5,365; ff 3,961; ff 3,761; ff 3,581 m 3,455; f 3,340; f 2,881; m 2,685; f 2,531; F 2,427; ff 2,206; m 2,008; f 1,887; ff 1,851; ff 1,817; fff 1,731; fff 1,709; f 1,632; f 1,609; f 1,590; f 1,549; f 1,498; fff 1,395; fff 1,370; fff 1,349; fff 1,329.

$Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $H_2O$. — F 5,791; f 5,002; f 4,486; m 4,035; ff 3,623; f 3,362; f 3,184; F 2,803; m 2,743; f 2,693; f 2,470; f 2,376; FF 2,267; f 2,205; f 2,116; f 2,059; f 2,008; m 1,820; f 1,786; ff 1,763; f 1,736; F 1,693; m 1,609; ff 1,587; f 1,562; f 1,548; ff 1,518; f 1,505; ff 1,485; f 1,470; ff 1,455; f 1,423; ff 1,375; f 1,360; f 1,345; f 1,298; f 1,277; ff 1,259; f 1,242; ff 1,218; f 1,211; ff 1,181; ff 1,133; ff 1,113.

Les densités de ces deux composés à 25°, sont respectivement égales à 2,011 et 2,131.

La formation des sels basiques a été suivie pendant 1 mois à 50 et 75°, 5 jours à 125°, 6 heures à 150 et 175°, des dilutions les plus grandes jusqu'aux concentrations de $5^{mol}$ pour $1000^g$ de solution.

Pour toutes les températures, la phase stable est constituée par la magnésie hydratée $Mg(OH)_2$ dans les solutions diluées et moyennement concentrées, c'est-à-dire au-dessous de $2^{mol},0$ pour $1000^g$ à 50°, de 2,9 à 75°, de 3,25 à 100°, de 3,0 à 125 et 150°, de 3,10 à 175°.

Le domaine de formation du sel $Cl_2Mg$, $9Mg(OH)_2$, $5H_2O$ occupe, de 100 à 175°, les concentrations comprises entre 3,25 et $3^{mol},6$ pour $1000^g$ à 100°, 3,2 et 3,8 à 125°, 2,9 et 3,9 à 150°, 3,4 et 3,9 à 175°.

Le sel instable $Cl_2Mg$, $5Mg(OH)_2$, $8H_2O$ ne se forme qu'à 0 et 25° et dans les solutions les plus concentrées. Il se transforme, au bout d'une dizaine de jours à 0° et au bout de 3 jours à 25°, en $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$ ([1]). Ce dernier persiste à 50 et 75° pour les concentrations supérieures à $2^{mol}$ pour $1000^g$ à 50° et de 3 à 3,8 à 75°.

L'hydrate inférieur $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $H_2O$ n'apparaît qu'à 175° aux très fortes concentrations, soit 4,5 à $5^{mol}$ pour $1000^g$. Il y a donc une lacune de 100 à 150° pour le sel à $3Mg(OH)_2$.

La zone de formation du sel $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ s'étend de 75 à 150° dans les solutions les plus concentrées, à partir de $3^{mol},8$ pour $1000^g$ à 75°, de 3,6 à 100°.

A 125 et 150°, l'hydrate $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$ prend naissance aux

---

([1]) Nous avons ainsi retrouvé les résultats donnés précédemment par FEITKNECHT et HELD, *Helvetica Chimica Acta*, 27, 1944, p. 1480.

dépens de $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ qui subsiste cependant à 125 et 150° de 4 à $4^{mol}$,5 pour $1000^g$.

Ces résultats montrent que le passage de l'hydroxyde de magnésium au sel le moins basique se fait assez systématiquement en fonction de la concentration et de la température. Cependant des discontinuités apparaissent, le sel à $5Mg(OH)_2$ (instable il est vrai) ne se forme plus dès 50°; le chlorure $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $H_2O$, ne fait pas suite directe à l'hydrate à $8H_2O$.

Les composés à 4, 6, 7 et 8 $Mg(OH)_2$ semblent faire défaut. Le composé décrit par André ([5]) : $Cl_2Mg$, $Mg(OH)_2$, $15H_2O$ n'a pas été retrouvé. Il ne semble pas exister de sel plus basique que $Cl_2Mg$, $9Mg(OH)_2$, $5H_2O$.

Ainsi l'étude des zones de formation des sels basiques de magnésium au sein de solutions de chlorure de 0° à 175° a permis de déceler les composés suivants : $Mg(OH_2)$; $Cl_2Mg$, $9Mg(OH)_2$, $5H_2O$; $Cl_2Mg$, $5Mg(OH)_2$, $8H_2O$; $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$; $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $H_2O$; $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ et $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$.

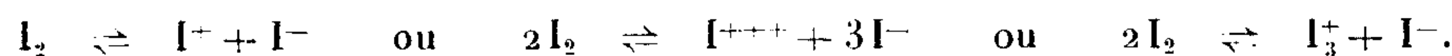
Parmi ces sels, deux sont nouveaux : $Cl_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$ et $Cl_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $H_2O$; ils ont été définis par leur composition chimique, leur densité et leurs constantes réticulaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le caractère positif des halogènes.* Note de M. **Tivadar Kikindai** et M^lle^ **Marthe Cassel**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous montrons une possibilité de fixation de cations $I^+$ et $Br^+$ sur l'échangeur de cations Amberlite I. R. 100 H, qui prouve l'existence de ces ions dans les solutions d'iode et de brome dans l'alcool absolu.

Comme application, nous indiquons une préparation de sels contenant des ions halogènes positifs, grâce à l'échange de ces ions dans des solutions rigoureusement exemptes d'eau. Nous citons comme exemple le cas du sulfate d'iode $SO_4I_2$.

Étudiant la conductibilité des solutions d'iode pures dans les solvants minéraux et organiques, Oddo ([1]) a montré que l'iode se dissocie en ions de signe contraire :



$$I_2 \rightleftharpoons I^+ + I^- \quad \text{ou} \quad 2I_2 \rightleftharpoons I^{+++} + 3I^- \quad \text{ou} \quad 2I_2 \rightleftharpoons I_3^+ + I^-.$$

La solution d'iode dans l'alcool absolu est conductrice. Nous avons supposé que si l'ion $I^+$ y existe, les échangeurs de cations doivent le fixer. Nous avons employé comme échangeur l'amberlite IR 100 H, en travaillant à l'équilibre.

$100^{cm^3}$ d'alcool absolu contenant $0^g,5584$ d'iode sont agités avec $10^g$ d'amber-

([5]) *Comptes rendus*, **94**, 1882, p. 444.

([1]) *Gazz Chim. Ital.*, 1901, p. 31, II, 151.

lite IR 100 H; après l'établissement de l'équilibre, la solution alcoolique ne contient plus que 0g,4949 $I_2$.

La disparition de 0g,0635 $I_2$. peut s'expliquer soit par adsorption, soit par échange ionique.

Supposons qu'il y ait eu un échange ionique. Dans ce cas, la solution d'iode doit contenir maintenant de l'acide iodhydrique par suite de l'équilibre :

$$RH + I^+ - I^- \rightleftharpoons R^- I^+ + H^+ I^-.$$

Le pH de la solution doit donc diminuer; or, on constate que le pH initial est 5,9 et que le pH après l'équilibre est 3,9; ce qui confirme notre hypothèse.

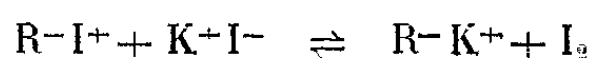
Une seconde preuve de la validité de notre hypothèse est donnée par une analyse chimique.

Après l'équilibre avec l'échangeur, nous avons dosé dans la solution alcoolique, l'iode libre et l'iode total; la différence des deux déterminations donne la quantité de l'anion $I^-$ dans la solution.

Ainsi, nous avons 0g,4949 d'iode libre et 0g,5254 d'iode total. La différence 0g,0305 donne la quantité de l'iode $I^-$ dans la solution.

Cette quantité devrait correspondre à la moitié de l'iode libre disparu de la solution initiale mais elle est inférieure à celle-ci de 0g,0012 (5). Ainsi cette analyse montre que l'amberlite I. R 100 H a dû échanger 0g,0305 du cation $I^+$ et adsorber 0g,0025 $I_2$.

Une troisième analyse permet de déceler la présence d'ion $I^+$ fixée par l'échangeur. Dans ce but, nous lavons à l'alcool absolu l'échangeur précédemment traité par la solution d'iode jusqu'à disparition de trace de l'iode dans l'alcool de lavage, et nous soumettons l'échangeur à l'action d'une solution saturée d'iodure de potassium dans l'alcool absolu. Selon l'équilibre :



$$R^- I^+ + K^+ I^- \rightleftharpoons R^- K^+ + I_2$$

il y a libération d'iode.

Le dosage de cet iode donne 0g,0410 $I_2$. La moitié de cette quantité devrait correspondre aux 0g,0305 d'ion $I^+$. La faible quantité d'iode désorbée peut s'expliquer soit parce qu'il s'agit de l'analyse d'une solution provenant d'un équilibre, soit parce que pendant le lavage avec l'alcool absolu il a pu se produire une faible alcoolyse du cation iode.

Nous avons repris la même expérience avec une solution de $Br_2$ dans l'alcool absolu et avec le même échangeur

En effectuant le travail de la même façon que dans le cas de l'iode, nous avons trouvé les résultats suivants :

Brôme libre disparu dans la solution initiale : 0g,0399.

Brôme libre dans la solution après l'échange : 0g,2637 et brôme total : 0g,2827; ce qui correspond à 0g,0190 de cation $Br^+$ échangé et 0g,0019 de brôme moléculaire adsorbé.

Après le lavage par de l'alcool absolu de l'échangeur ainsi chargé, celui-ci libère, en présence de la solution d'iodure de potassium, du brôme et de l'iode correspondant à $0^g,0176$ de cation brôme $Br^+$.

Malgré la purification du brôme employé pour ces expériences, le pH de la solution initiale était déjà de l'ordre de 1,51; mais nous avons pu quand même enregistrer une diminution de 0,3 pH.

Il est intéressant encore de rappeler que si nous faisons les calculs en molarité pour l'iode et pour le brôme nous avons sensiblement le même nombre d'atomes échangés à l'équilibre dans les conditions égales.

Ainsi, nous avons mis en évidence une possibilité d'échange entre l'ion $I^+$ d'une solution d'iode dans l'alcool absolu et l'ion $H^+$ d'amberlite IR100H.

Les résultats précédents peuvent servir à la préparation de sels contenant des ions halogénés positifs.

En opérant comme précédemment nous avons fixé $0^g,030$ $I^+$ sur $10^g$ amberlite IR100H.

Après lavage par de l'alcool absolu de cet échangeur ainsi chargé, nous avons ajouté à l'échangeur $100^{cm^3}$ d'une solution d'acide sulfurique 0,11 *n* (dans l'alcool absolu).

La solution redonne à l'équilibre $0^g,022$ de cation $I^+$ qui correspondent à $0^g,030$ de sulfate d'iode $SO_4I_2$, c'est-à-dire 73 % du rendement théorique.

Grâce à cette méthode, on peut préparer les sels d'iode positif avec l'acide correspondant, si les solutions sont rigoureusement exemptes d'eau et si dans la solution l'activité des ions $H^+$ est suffisamment grande pour effectuer l'échange.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation sulfochromique du carbone.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note précédente, nous avons montré que la présence d'oxyde de carbone dans les gaz résultant de l'oxydation chromique du graphite était constante, mais que la proportion de ce gaz variait avec les conditions expérimentales (1). Nous avons, en outre, observé la formation d'oxygène libre. La production d'oxyde de carbone ne saurait donc être attribuée à une insuffisance de l'agent oxydant, et l'on est ainsi conduit à considérer qu'un composé intermédiaire susceptible de se transformer par sa propre combustion en un mélange d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone doit intervenir dans le mécanisme de la réaction.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons effectué une nouvelle série d'essais à la température ordinaire et sans catalyseur, afin qu'en modérant

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 729.

l'action oxydante, on puisse saisir l'apparition d'un tel composé. Les oxydations ont été poursuivies jusqu'à cessation totale du dégagement gazeux. Les résultats donnés ci-dessous se rapportent à trois de ces essais, ayant duré respectivement 125 jours (I), 130 jours (II) et 115 jours (III).

| | Prise d'essai (g). | Volume de gaz total (cm³). | Composition des gaz $CO_2$. | CO. | $O_2$. | Indéterminés. | Volume théorique de $CO_2$ pour la prise d'essai. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I ......... | 0,0257 | 64,07 | 47,47 | 0,40 | 16,05 | 0,15 | 47,95 |
| II ........ | 0,0257 | 62,85 | 47,46 | 0,35 | 14,93 | 0,11 | 47,95 |
| III ....... | 0,0384 | 94,10 | 70,96 | 0,58 | 22,53 | 0,23 | 71,65 |

Les volumes d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone recueillis représentent la presque totalité du carbone mis en œuvre, soit 99,82, 99,75 et 99,84 %. Aucun autre produit d'oxydation n'a pu être décelé. Nous avons toutefois remarqué un dégagement croissant d'oxygène au fur et à mesure qu'on approche du terme de la réaction. Nous avons donc de nouveau modifié les conditions expérimentales et fait agir une solution chromique à 10 % dans l'acide sulfurique de densité 1,140 sur un excès de graphite finement pulvérisé, et nous avons chauffé à 100° afin d'éviter une durée exagérée des essais. L'oxydation était réalisée dans un ballon de verre traversé par un lent courant d'air entraînant les produits volatils dans un condenseur maintenu à — 80°, suivi d'un flacon laveur renfermant quelques centimètres cubes d'eau distillée. Pour écarter les causes d'erreur pouvant provenir de matières organiques contenues dans l'air, ce dernier, avant son arrivée dans le ballon, traversait un tube rempli d'oxyde de cuivre chauffé vers 800°, puis un laveur à potasse et une colonne desséchante à potasse fondue. La chauffe a duré 5 heures. Le condenseur retenait, à la température ordinaire, une petite quantité d'un liquide aqueux qui présentait les réactions suivantes : réduction des solutions de nitrate d'argent ammoniacal, de perchlorure de fer diluée, de la liqueur de Fehling et du réactif de Nessler; en outre, la réaction de Trillat, donnée par le formol, a été positive, en même temps que l'on observait une coloration bleu noir avec la codéine, et rouge avec la résorcine. Enfin, par addition de diméthyl-5.5-cyclohexanedione-1.3 (dimédon), on obtenait un précipité cristallin F 188°. Toutes ces réactions sont caractéristiques de l'aldéhyde formique. De plus, le liquide recueilli dans le barboteur faisant suite au condenseur se comportait de même avec les réactifs précédents, à l'exclusion du dimédon, qui n'a pas produit de précipitation.

Il résulte de l'ensemble de nos essais que l'oxydation sulfochromique du graphite peut être réalisée complètement à froid, en donnant de l'anhydride

carbonique et de l'oxyde de carbone, ce dernier gaz étant en quantité plus faible que lorsqu'on opère à la température de 100°. En outre, la présence d'oxygène est constante. D'autre part, il nous a été possible de montrer, de façon certaine, que des composés intermédiaires, doués d'un pouvoir réducteur, et en particulier le formol, prenaient naissance au cours de ces phénomènes d'oxydation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cyanamide d'argent, préparation-pyrolyse.* Note de MM. **André Chrétien** et **Bernard Woringer**, présentée par M. Louis Hackspill.

Recherche des conditions permettant d'obtenir la cyanamide d'argent, avec un bon rendement et une grande pureté, par précipitation à partir de la cyanamide $CN_2H_2$.

Étude de la pyrolyse de la cyanamide d'argent dans le vide par mesure de la pression créée; mise en évidence de la dicyanimide comme intermédiaire de cette pyrolyse.

Les cyanamides métalliques sont usuellement préparées par voie sèche. Celles des métaux lourds restent ainsi pratiquement inaccessibles, en raison de leur sensibilité à la pyrolyse. De là le petit nombre de ces composés connus. Nous avons recherché à obtenir dans de bonnes conditions, par voie humide, diverses cyanamides, sans élévation de température.

1. L'une des méthodes utilisées est la précipitation, en solutions aqueuse, de la cyanamide par un sel métallique. On a, par exemple

$$CN_2H_2 + 2Ag^+ \rightarrow CN_2Ag_2 + 2H^+.$$

Cette réaction, très simple, réalisée avant nous [1] est cependant d'une conduite délicate. Diverses causes perturbatrices interviennent, qui limitent plus ou moins le rendement et le titre du produit obtenu : évolution facile de la cyanamide par fixation d'eau qui aboutit à l'urée, polymérisation suivie ou non d'une hydratation dédoublante, altération de son sel par l'humidité, solubilisation en milieu acide et destruction par les alcalis, ou éventuellement dissolution par formation de complexe.

Le pH est le facteur dominant de tous ces effets. En conséquence, la précipitation d'une cyanamide métallique n'est réalisable que dans un domaine de pH bien délimité, plus ou moins restreint suivant le métal, variable avec la température.

Le produit de départ est une cyanamide calcique industrielle courante qui titre 64,6 $CN_2Ca$ %.

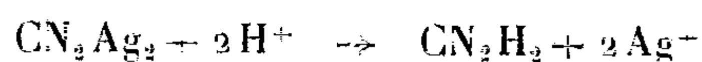
---

[1] La cyanamide de sodium, soluble, précipite les sels d'argent (L. Hackspill, Recherches inédites).

La cyanamide $CN_2H_2$ n'étant stable en solution aqueuse qu'au voisinage de la neutralité, nous avons choisi l'acide nitrique pour la mettre en liberté, avec limitation de la température à 0° et du pH à 6. Plusieurs avantages en résultent : neutralisation de la forte alcalinité résultant de l'hydrolyse, rapidité de la réaction, ce qui évite l'enrobage de la cyanamide dans un sel insoluble de calcium, élévation de la concentration du fait de l'absence de boues dues au sel insoluble, bon rendement grâce à l'utilisation complète de la cyanamide par la réaction choisie; ainsi en remplaçant l'acide nitrique par l'acide carbonique on aurait une précipitation de cyanoiminocarbonate $CN_2CO_2Ca, 5\,H_2O$.

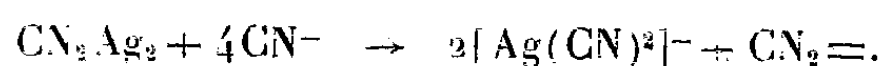
La solution obtenue contient environ 10g % de cyanamide $CN_2H_2$. Elle est additionnée progressivement de nitrate d'argent ammoniacal; le sulfure, toujours présent, précipite le premier.

La cyanamide d'argent est purifiée par dissolution dans l'acide nitrique dilué et reprécipitation par l'ammoniaque dilué, lavages répétés à l'eau ammoniacale, séchage rapide en couche mince vers 130°. Elle est jaune franc et titre alors 99,5 %. On doit la maintenir au sec et à l'obscurité pour la conserver, sinon son titre baisse lentement, avec brunissement par mise en liberté d'amoniac, gaz carbonique, et résidu d'argent. Le produit est soluble dans l'acide nitrique :



$$CN_2Ag_2 + 2H^+ \rightarrow CN_2H_2 + 2Ag^+$$

et dans le cyanure de potassium, en donnant une solution incolore par formation d'argent-cyanure et d'ion cyanamide

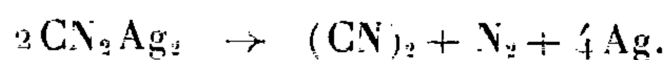


$$CN_2Ag_2 + 4CN^- \rightarrow 2[Ag(CN)^2]^- + CN_2^{=}.$$

La précipitation de la cyanamide d'argent par addition d'ammoniaque à sa solution nitrique se manifeste par un arrêt temporaire de la montée du pH. Le passage par le sel monométallique $CN_2HAg$ n'est pas décelé; il en est de même pour l'opération inverse : dissolution de $CN_2Ag_2$ dans l'acide nitrique.

2. La pyrolyse est suivie par la pression produite en système clos, préalablement sous vide, avec élévation régulière de la température : 20 à 50° par heure. Trois déterminations permettent de préciser les phénomènes : perte de poids, analyse des gaz, détermination du résidu.

Son aboutissement est l'argent, avec mise en liberté de cyanogène et d'azote, perte de poids : 15,7 %

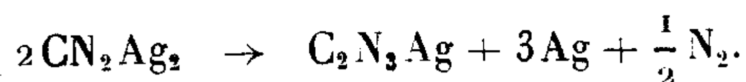


$$2CN_2Ag_2 \rightarrow (CN)_2 + N_2 + 4Ag.$$

Cette réaction traduit l'ensemble du phénomène de pyrolyse, qui est terminée à 750°.

Un produit intermédiaire apparaît à partir de 310° : *la dicyanimide* d'argent $C_2N_3Ag$, perte de poids : 2,7 %, qui mobilise le quart du métal,

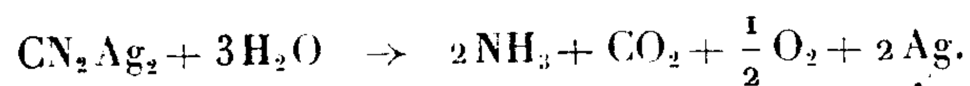
résultat confirmé par micro-dosage du carbone et de l'azote :



$$2CN_2Ag_2 \rightarrow C_2N_3Ag + 3Ag + \frac{1}{2}N_2.$$

Cette réaction est terminée vers 390°. Jusqu'alors, la dicyanimide n'était connue que comme combinaison avec le chlorure $C_2N_3Ag$, ClAg.

La courbe de pyrolyse manifeste un faible dégagement gazeux préliminaire, de 180 à 300°, qui correspond à une perte de poids nettement variable avec le degré de dessiccation du produit mis en jeu : de 3,2 à 3,7 % pour quatre expériences, de celle relative au composé intermédiaire. Il s'agit d'une réaction due à l'humidité, avec mise en liberté d'ammoniac. Nous l'avons vérifié séparément



$$CN_2Ag_2 + 3H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2 + \frac{1}{2}O_2 + 2Ag.$$

En résumé : la cyanamide d'argent s'obtient à un titre élevé (99,5 %) en précipitant sous pH contrôlé, une solution de cyanamide $CN_2H_2$ par du nitrate d'argent ammoniacal, avec purification.

Sa pyrolyse dans le vide, terminée à 750°, laisse un résidu d'argent, libère du cyanogène et de l'azote, avec passage par la dicyanimide $C_2N_3Ag$, dès 310°, qui est stable jusqu'à 600°.

La pyrolyse est explosive si l'élévation de température se fait rapidement.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude par diffraction électronique de la cémentation du Fer. II. Action du mélange* $CO + H_2$. Note (*) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Shiguéo Oketani**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Divers travaux conduisent à supposer qu'au cours de la cémentation du fer, il se formerait un composé de formule voisine de $Fe_2C$, stable à des températures relativement basses (inférieures à 400° C). L'existence de ce percarbure a été suggérée expérimentalement par plusieurs auteurs, utilisant la diffraction des rayons X [1]; toutefois, de nombreuses incertitudes règnent encore quant à sa structure, à ses conditions de formation et à son domaine de stabilité.

Nous avons tenté d'utiliser la diffraction électronique pour apporter quelques précisions dans cette question qui présente de l'importance au point de vue métallurgique. Pour cela, nous avons employé la méthode expérimentale qui nous avait permis de suivre les différentes phases de la cémentation par l'oxyde

---

(*) Séance du 5 mars 1951.

(1) G. Hägg, *Kristallogr.*, 1934, p. 89, 92; K. H. Jack, *Proc. Roy. Soc.*, A, 195, 1948, p. 56; *Acta Crystallogr.*, 3, Part. 5, 1950, p. 392; L. J. E. Hofer, E. M. Cohn et W. C. Peebles, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 183.

de carbone ou par le charbon de bois, et que nous avons décrite dans une précédente Note ([2]).

Deux cas ont été étudiés : *a*. Cémentation par CO pur, *b*. Cémentation par $CO + H_2$.

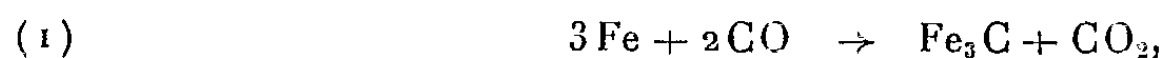
*a. Action de* CO *pur*. — L'essentiel a été décrit dans notre travail antérieur([2]). Des recherches complémentaires, effectuées à des températures peu élevées (350° et 400°), nous permettent d'affirmer que, dans nos conditions expérimentales (film de fer de 50 à 100 mμ d'épaisseur; durée de réaction, 1 à 3 heures), il se forme seulement de la cémentite $Fe_3C$ et de l'oxyde $Fe_3O_4$. Aucun anneau de diffraction n'apparaît, qui puisse être attribué à un nouveau composé tel que $Fe_2C$; cette possibilité ne doit cependant pas être exclue, car les durées de réaction que nous utilisons sont relativement courtes.

*b. Action de* $CO + H_2$. — En utilisant un mélange $CO + H_2$ à volumes égaux et en prenant toutes les précautions pour éviter les impuretés, on observe des phénomènes nettement différents. A l'inverse du CO pur, il n'apparaît aucun diagramme d'oxydes pour des températures supérieures à 350°; l'oxydation superficielle ne se produit pas en présence de l'hydrogène.

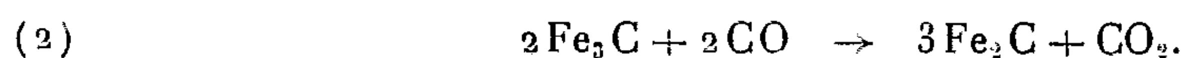
A cette température de 350° et pour des durées de réaction de 1 à 2 heures, le film de fer exploré par le faisceau électronique indique la présence de Fe-$\alpha$, d'un peu de cémentite $Fe_3C$, et d'un composé caractérisé par un nouveau diagramme différent de celui de la cémentite, et apparaissant parfois à l'état pur. Des examens détaillés de ces diagrammes obtenus au cours d'expériences répétées, permettent de les attribuer au percarbure $Fe_2C$ ou « carbure de Hägg »; la concordance avec les distances réticulaires fournies par Jack ([1]) est satisfaisante. Celui-ci admet une maille orthorhombique, mais étant donnée la complexité des diagrammes, il nous paraît nécessaire de faire pour le moment quelques réserves sur ce point.

A 400°, après 1 heure de traitement par $CO + H_2$, les diagrammes ne montrent pratiquement que la cémentite $Fe_3C$ et le Fe-$\alpha$. Le percarbure s'y distingue parfois encore, surtout si la durée de réaction est portée de 2 à 3 heures. Au-dessus de 400°, seule subsiste la cémentite $Fe_3C$.

Ces résultats semblent indiquer que le percarbure cesse d'être stable au-dessus de 400°, tandis que la cémentite subsiste jusqu'à au moins 600°. Dans la région de stabilité du percarbure, on peut imaginer que l'on a les réactions suivantes :



(1) $$3Fe + 2CO \rightarrow Fe_3C + CO_2,$$



(2) $$2Fe_3C + 2CO \rightarrow 3Fe_2C + CO_2.$$

La formation du percarbure paraît donc précédée de la formation de cémentite, qui contient moins de carbone; jusqu'à 400°, la réaction (2) peut

([2]) J.-J. TRILLAT et S. OKÉTANI, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2203.

avoir lieu, mais non au-dessus ; rappelons qu'en chauffant $Fe_2C$ *dans le vide* à 450°, on observe la décomposition du percarbure en cémentite et carbone (K. H. Jack).

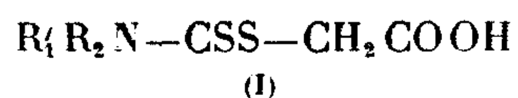
La présence d'hydrogène accélère considérablement la vitesse de réaction, comme il résulte de la comparaison de nos essais effectués en l'absence ou en la présence de ce gaz; ceci confirme les résultats obtenus par J. Pomey ([3]) dans des essais industriels. On peut admettre, comme le propose cet auteur, que les atomes d'hydrogène viennent occuper des positions interstitielles au voisinage immédiat de la surface du métal; l'oxyde de carbone réagirait directement avec les atomes d'hydrogène, en libérant des atomes de carbone.

Nous nous proposons d'étudier ultérieurement l'action du mélange $CO + H_2$ pour des températures inférieures à 350° ou supérieures à 600°.

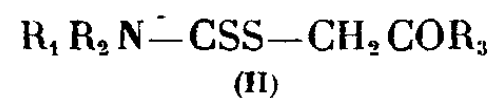
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique* N-*disubstitués*. Note de M^lle **Germaine Nachmias**, présentée par M. Marcel Délépine.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons étudié les propriétés caractéristiques du groupement carboxyle dans les composés de la forme (I).

L'objet de cette Note est de signaler quelques propriétés du groupement carbonyle dans les composés du type (II)



$R_1R_2N-CSS-CH_2COOH$ (I)



$R_1R_2N-CSS-CH_2COR_3$ (II)

*Préparation*. — *a*. $R_3 = H$. — Les dérivés aldéhydiques de la forme (II) n'ont pu être préparés par action de la monochloracétaldéhyde hydratée sur le sel de sodium de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué, ni par action des α-monochloracétals sur ces mêmes composés.

Dans le premier cas, en opérant en milieu aqueux il y a combinaison et l'on obtient un produit amorphe de condensation dans lequel la présence du groupement carbonyle n'a pu être mise en évidence à l'aide de ses réactifs habituels.

Dans le second cas, l'halogène étant peu mobile nous n'avons pas pu obtenir de combinaison à des températures inférieures à celle de pyrolyse du sel de sodium de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué.

*b*. $R_3 = CH_3$. — Par contre, si l'on utilise une cétone α halogénée (monochloracétone) celle-ci réagit aisément en milieux aqueux sur le sel de sodium de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué pour conduire aux composés de la forme (II).

([3]) *Revue de Métallurgie*, 47-9, 1950, p. 637.

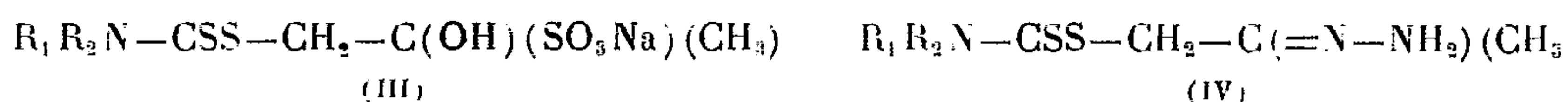
([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 758-760.

Les dialcoyldithiocarbamates de propylone-2 sont des composés solides, bien cristallisés, à point de fusion inférieur à 100°, résistants à l'hydrolyse acide.

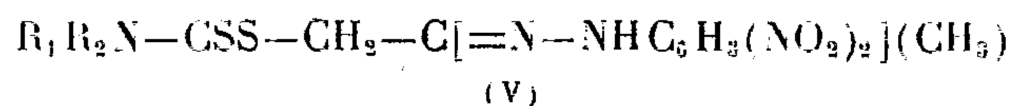
On peut obtenir aisément les dérivés correspondants du groupement cétonique. Ainsi, par simple agitation à froid des cétones préparées avec une solution de bisulfite de sodium, on obtient le dérivé bisulfitique correspondant (III). L'action de l'hydrazine conduit aux hydrazones (IV) et celle de la 2.4-dinitrophénylhydrazine aux hydrazones substituées correspondantes (V). De même, on obtient aisément les semicarbazones (VI) et les thiosemicarbazones (VII) respectives.

Par action de l'hydroxylamine sur les esters dithiocarbamiques cétoniques on obtient les oximes (VIII).

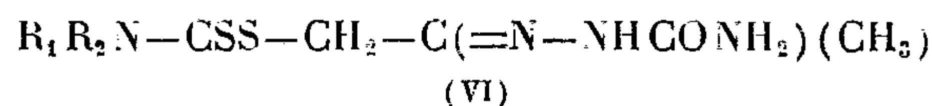
Par hydrolyse acide (on chauffe à reflux en présence d'acide sulfurique à 20 %), on régénère la cétone de ses combinaisons (III), (IV), (V) et (VI), (VII), (VIII).



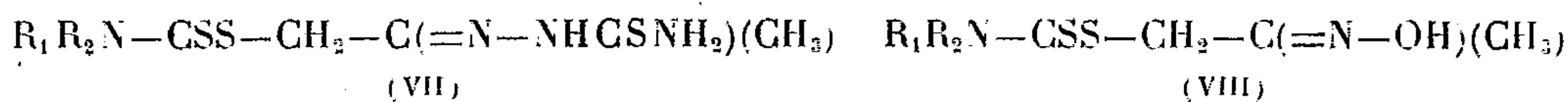
$$R_1R_2N{-}CSS{-}CH_2{-}C(OH)(SO_3Na)(CH_3) \quad \text{(III)} \qquad R_1R_2N{-}CSS{-}CH_2{-}C({=}N{-}NH_2)(CH_3) \quad \text{(IV)}$$



$$R_1R_2N{-}CSS{-}CH_2{-}C[{=}N{-}NHC_6H_3(NO_2)_2](CH_3) \quad \text{(V)}$$



$$R_1R_2N{-}CSS{-}CH_2{-}C({=}N{-}NHCONH_2)(CH_3) \quad \text{(VI)}$$



$$R_1R_2N{-}CSS{-}CH_2{-}C({=}N{-}NHCSNH_2)(CH_3) \quad \text{(VII)} \qquad R_1R_2N{-}CSS{-}CH_2{-}C({=}N{-}OH)(CH_3) \quad \text{(VIII)}$$

Il ne nous a pas été possible de provoquer la transposition de Beckmann de ces oximes en opérant dans l'éther ou le benzène en présence de pentachlorure de phosphore, ou par action de l'acide chlorhydrique sec sur l'oxime en milieu acétique. De même, nous n'avons pu obtenir les hydantoïnes correspondantes par la méthode de Buchner (on retrouve la cétone inaltérée) ce dernier fait pourrait être rapproché de celui signalé par P. Chabrier et B. Tchoubar ([2]) à propos des cétones α-dérivées du tiophène. Dans les deux cas le soufre occupe la même position par rapport au groupement fonctionnel.

---

([2]) *Bull. Soc. Ch. Fr.*, 5e série, 13, 1946, p. 332.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse asymétrique par échange fonctionnel. Cas des acides phényl- et α-naphtylglyoxyliques opposés aux menthol, néomenthol et isobornéol actifs.* Note de MM. **Gaston Vavon** et **Albert Antonini**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation de l'acide phénylglyoxylique $C_6H_5-CO-CO_2H$ par les alcoolates ROMgBr du menthol, du néomenthol et de l'isobornéol donne un acide mandélique $C_6H_5-CHOH-CO_2H$ actif [α] (¹) + 54° — 27°, et + 24°; le taux de synthèse asymétrique est ainsi de 33, 17 et 15 %. Avec l'acide α-naphtylglyoxylique, la synthèse asymétrique, quoique nette, est beaucoup plus faible.

Dans une précédente Note (²) nous avons décrit la synthèse asymétrique de l'acide mandélique par échange fonctionnel entre l'acide phénylglyoxylique et le menthylate de bromomagnésium. Nous avons complété ce résultat par l'étude comparative, sur ce même acide, des néomenthylate, bornylate et isobornylate de bromomagnésium.

Préparation des alcoolates. — 1° *Néomenthylate :* Le *d*-néomenthol [α] + 21°, obtenu par hydrogénation au noir de platine de la menthone — 26°,4 est purifié par une série de cristallisations de son succinate acide (³). Le néomenthylate de bromomagnésium est préparé comme le menthylate (²), en faisant tomber, peu à peu, sur un excès de magnésium, un mélange équimoléculaire de bromobenzène et de néomenthol dissous dans l'éther anhydre; le néomenthylate formé par décomposition de $C_6H_5MgBr$ *reste en solution.*

2° *Bornylate et isobornylate :* Le bornéol et l'isobornéol sont préparés par action de l'oxygène sur le magnésium du chlorhydrate de pinène d'Alep et séparés par l'intermédiaire du phtalate acide (⁴).

Les alcools employés avaient comme pouvoir rotatoire : bornéol + 34°, isobornéol — 29°.

Pour faire l'alcoolate on ajoute goutte à goutte une solution éthérée de ces alcools au magnésien du bromure d'éthyle fraîchement préparé, les réactifs étant pris molécule à molécule. *Ici l'alcoolate précipite.*

Hydrogénation de l'acide phénylglyoxylique. — Après quelques essais préliminaires nous avons adopté la technique suivante : à $0^{mol},3$ de néomenthylate en solution dans $300^{cm^3}$ d'éther anhydre, on ajoute $0^{mol},1$ d'acide phénylglyoxylique (F 67°) dissous dans $100^{cm^3}$ d'éther, puis la solution est portée et maintenue à 30° pendant 10 jours. Dans le cas du bornéol

(¹) Tous les pouvoirs rotatoires sont pris pour $\lambda_{578}$ dans l'alcool $c$ 0,05.

(²) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1870.

(³) Vavon et Couderc, *Comptes rendus*, **172**, 1924, p. 405.

(⁴) G. Vavon et P. Peignier, *Bull.*, 4ᵉ série, **39**, 1926, p. 924.

et de l'isobornéol, on ajoute l'acide au précipité d'alcoolate, on chasse l'éther et on le remplace par du benzène qui dissout partiellement l'alcoolate libre mais non le phénylglyoxylate. On agite alors pendant 10 jours à la température ambiante.

Au bout de ce temps, dans l'un et l'autre cas, on sépare les acides des corps neutres. Dans ceux-ci on dose la cétone formée, au chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de bleu de bromophénol, d'où l'on déduit la quantité d'acide mandélique formé. Le pouvoir rotatoire de ce dernier est alors obtenu par mesure de celui du mélange d'acides.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus, [α] de l'acide mandélique optiquement pur étant de 160°.

| | Acide mandélique formé (%). | [α] de cet acide | Taux de synthèse asymétrique (%). |
|---|---|---|---|
| *l*-menthol | 90 | +54 | 33 |
| *d*-néomenthol | 90 | −27,3 | 17 |
| *d*-bornéol | 0 | – | – |
| *l*-isobornéol | 25 | +24 | 15 |

Dans le cas du bornéol, même à 60°, il n'y a pas eu d'échange fonctionnel.

Acide α-naphtylglyoxylique. — Cet acide est préparé par action d'α-naphtylbromomagnésium sur un excès d'oxalate d'éthyle, et saponification de l'ester formé. L'acide distille avec légère décomposition vers 205° sous 2$^{mm}$. Après cristallisation dans le toluène il fond à 107-108°.

Plusieurs essais faits avec le menthylate, à température et temps variables, ont donné un rendement de 78 à 95 % en acide naphtylglycolique n'ayant comme pouvoir rotatoire qu'une valeur comprise entre −2°,8 et −3°,5 alors que le dédoublement à la cinchonine de cet acide nous a donné [α] 193°, valeur voisine de celle obtenue par Mc Kenzie ([5]). Le taux de synthèse asymétrique est extrêmement faible, 1 à 2 %.

*Le naphtylglyoxylate d'éthyle* $E_{15}$ 210°, traité pendant 10 jours à 30° par une, puis trois molécules de menthylate a donné après saponification totale un acide naphtylglycolique −21° et −12°,7 soit un taux de 11 et 6 % en synthèse asymétrique.

*Le naphtylglyoxylate de menthyle* hydrogéné dans les mêmes conditions mais avec deux molécules de menthylate pour une de naphtylglyoxylate a donné un acide — 12°,4 soit un taux de synthèse asymétrique de 6 %.

*L'acide naphtylglyoxylique* traité par le néomenthylate (une molécule d'acide pour trois d'alcoolate) a donné un rendement de 92 % en acide naphtylglycolique + 30°,2 soit un taux de 15 %.

En résumé, la synthèse asymétrique par échange fonctionnel entre

---

([5]) Mac Kenzie et Dennler, *Ber.*, 60, 1927, p. 220.

alcools actifs et acides α-cétoniques ou leurs esters, *est un fait très général : dans les essais réalisés jusqu'ici sur* 14 *couples différents, l'acide alcool obtenu s'est toujours montré plus ou moins actif*, mais le taux de synthèse asymétrique est plus faible dans le groupe de l'acide naphtylglyoxylique que dans celui du phénylglyoxylique.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sur un nouvel appareil pour le développement par voie optique des séries de Fourier à plusieurs dimensions* [1]. Note de M. **Gérard von Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un des buts de cet appareil est d'accélérer le calcul de la fonction « densité électronique » et de l'obtenir pour tous les points d'un plan quelconque de la maille cristalline.

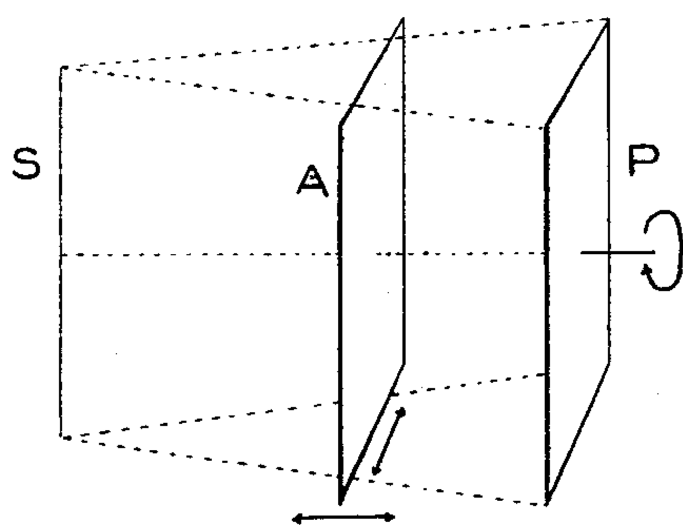


Fig. 1.

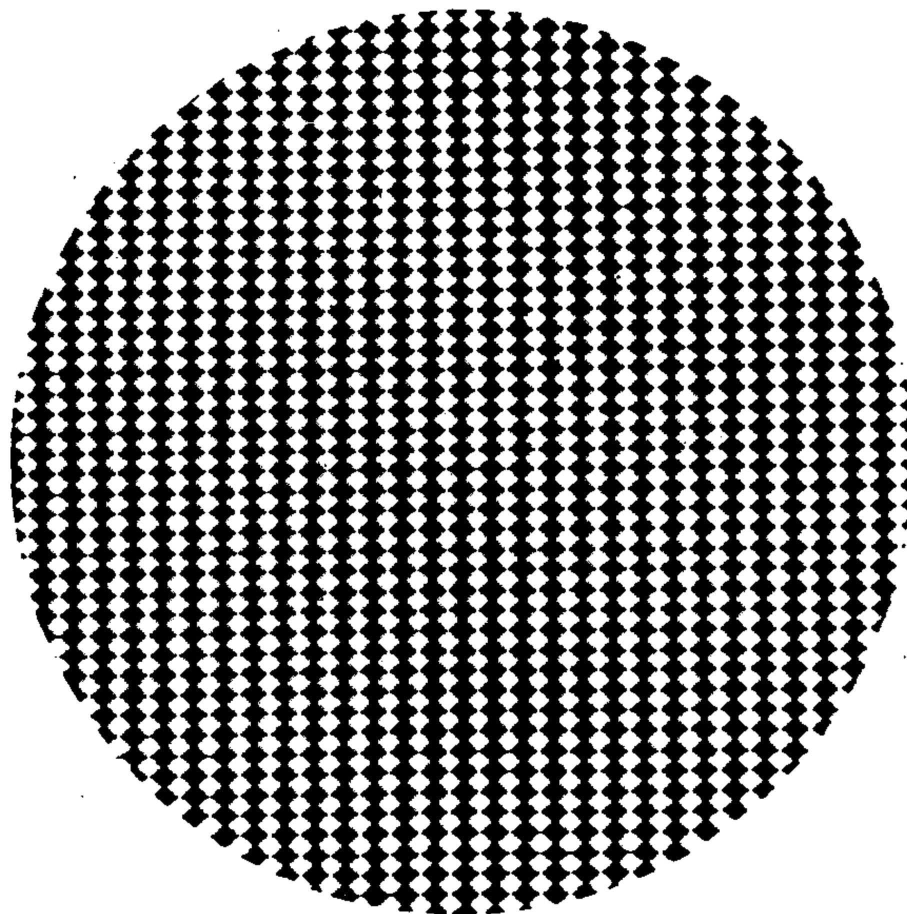


Fig. 2.

A la différence de la plupart des méthodes arithmétiques utilisées pour ce calcul, les séries de Fourier sont ici sommées par rapport aux coordonnées cylindriques (R, φ, $l$) du réseau réciproque :

$$(1)\quad \rho_{xyz} = \frac{1}{V}\sum_{R=0}^{R=\infty}\sum_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi}\sum_{l=0}^{l=\infty} F_{R\varphi l}\cos[2\pi R(x\cos\varphi + y\sin\varphi) + (2\pi l z + \alpha_{R\varphi l})] \qquad (z = \text{const.}).$$

(1) La construction du prototype a été effectuée avec la collaboration technique de M. Antoine Truffy.

Le travail est basé sur le principe des impressions photographiques successives (BRAGG), chaque terme de la série de Fourier étant enregistré sur une plaque photosensible sous forme d'une fonction de l'éclairement $E = It$ (E, lumination; I, éclairement; $t$, temps).

*Principe de construction.* — Entre une source lumineuse rectiligne S (*fig.* 1) et une plaque photo-sensible P, et parallèlement à cette dernière, est intercalé un réseau A de figures sinusoïdales alternativement opaques et transparentes (*fig.* 2) ayant leurs ordonnées parallèles à S. La lumination que reçoit P par l'intermédiaire de cet écran est la même le long des droites parallèles à S (définies par $x = \text{const.}$), tandis qu'elle est modulée, dans la direction perpendiculaire, suivant la loi sinusoïdale

(2) $$E_R = F_R(1 + \cos 2\pi R x) \qquad (F_R, \text{ temps de pose; } R, \text{ distance SA})$$

Une translation de A perpendiculairement à son plan permet de faire varier R en agissant sur la grandeur de l'ombre portée en P. Un second déplacement, dans la direction des abscisses du réseau sinusoïdal, permet l'introduction d'une phase $\psi$ :

(3) $$E_{R\psi} = F_R + F_R \cos(2\pi R x + \psi).$$

D'autre part, la plaque P est susceptible de pivoter autour de l'axe de

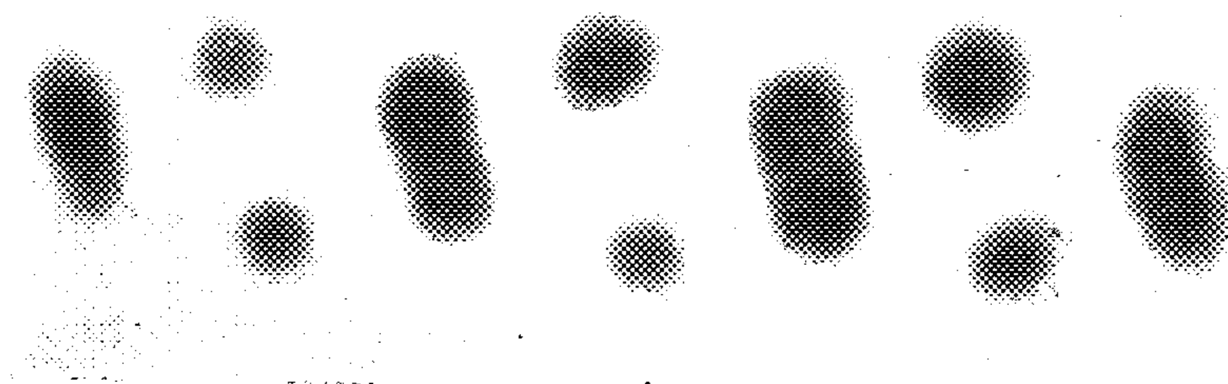


Fig. 3 *a*.

l'appareil. Si l'on désigne l'angle d'inclinaison par $\varphi$, il vient

(4) $$E_{R\varphi\psi} = F_R + F_R \cos[2\pi R(x\cos\varphi + y\sin\varphi) + \psi].$$

Le rapprochement avec le terme général de (1) est immédiat : exposé à des luminations $E_{R\varphi\psi}$ successives et différentes, P aura enregistré en tout :

(5) $$\sigma_{xyz} = \sum_R \sum_\varphi \sum_\psi F_{R\varphi\psi}[\cos\{2\pi R(x\cos\varphi + y\sin\varphi) + \psi\}] + \sum_R \sum_\varphi \sum_\psi F_{R\varphi\psi},$$

expression dont la forme ne diffère de $\rho_{xyz}$ que par le terme constant $\sum_R \sum_\varphi \sum_\psi F_{R\varphi\psi}$.

Toutes les manipulations de l'appareil peuvent s'effectuer au grand jour. L'absence de verres d'optique et de phénomènes de diffusion de la lumière permet l'obtention d'images contrastées et régulières. La géométrie de la maille ne subit pas de déformation et tous les détails du calcul arithmétique sont rendus avec précision. A titre d'exemple le cliché de l'anthracène (projection sur la face 010) (*fig.* 3*a*) est comparé avec le diagramme correspondant

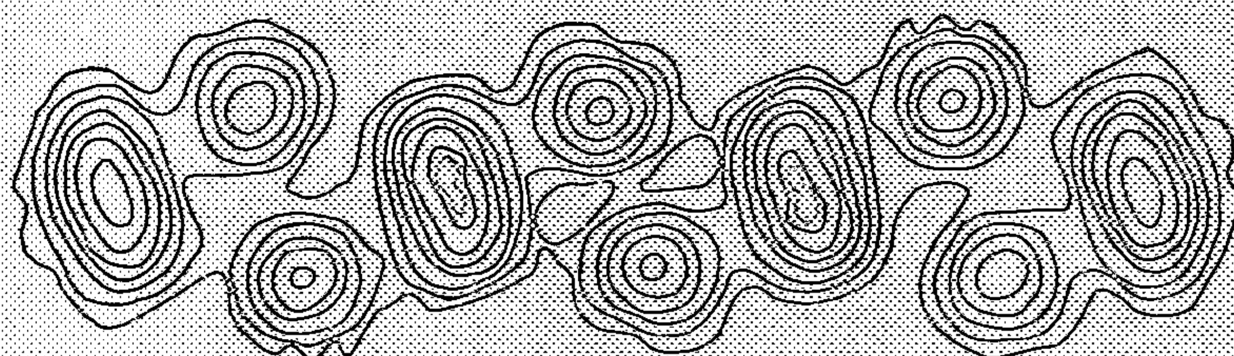


Fig. 3 *b*.

(*fig.* 3*b*) obtenu par calcul mécanographique (données expérimentales de Mathieson, Robertson et Sinclair)([2]). Le temps requis pour un développement de 100 termes est d'environ 30 minutes.

Diverses applications de cet appareil, en particulier la mesure des facteurs de structure géométrique, seront précisées ultérieurement.

GÉOLOGIE. — *Traits généraux de la chaîne des Kebdana* (*Rif oriental espagnol*). Note de MM. **Juan de Lizaur**, **Jean Marçais**, **Gabriel Colo** et **Gabriel Suter**, présentée par M. Paul Fallot.

Situé à l'Ouest de l'embouchure de la Moulouya, ce petit massif bien individualisé se présente comme une ride fortement plissée de l'avant-pays atlasique supportant des éléments charriés d'affinités rifaines, et ceinturée de dépôts récents postérieurs aux phases tectoniques majeures.

Orienté Ouest-Sud-Ouest Est-Nord-Est, le massif des Kebdana qui mesure 50$^{km}$ sur 15 et culmine à la Peineta (934$^{m}$), a été jadis rapidement étudié par L. Gentil dont les observations gardent encore toute leur valeur. Ultérieurement A. del Valle et l'un de nous (J. M.) y firent de nombreuses observations.

L'autochtone est constitué par une série jurassique complète du Lias au Malm, recouverte en discordance par la transgression du premier cycle miocène (Cartennien des auteurs algériens). Il comporte les termes suivants :

*Infralias* (il, 100$^{m}$) : calcaires noirs dolomitiques localisés sur le flanc nord de la Peineta.

*Lias inférieur et moyen* (Li, 100$^{m}$; Lm, 200$^{m}$) : calcaires dolomitiques à silex et

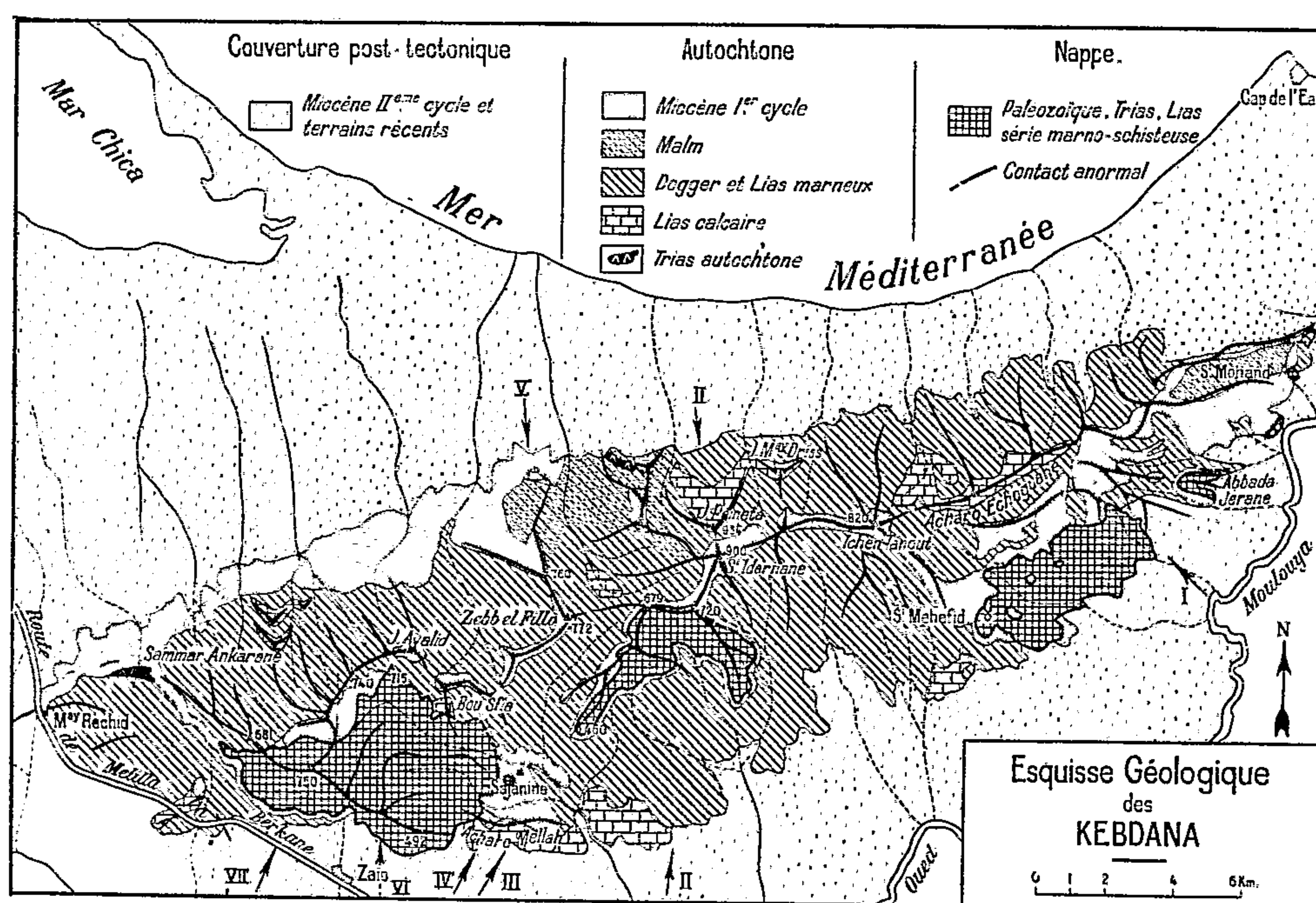
---

([2]) *The Crystal and Molecular Structure of Anthracene*, *Acta Cryst.*, 3, 1950, p. 245.

calcaires lités formant les grands escarpements de la chaîne (Sammar Ankarane, Peineta, Moulay Idriss, Acharo Echoquane) et, sur le rebord sud, l'anticlinal plus tranquille de l'Acharo Mellah.

*Lias supérieur et Bajocien* (Ls, Jm, 200 à 300$^{m}$) : Marno-calcaires et marnes datés, en larges affleurements.

*Jurassique supérieur* (Js, 5-600$^{m}$) : Formation schisto-gréseuse à bancs quartzitiques, stérile, débutant peut-être déjà au Dogger supérieur : le *Séquanien* calcaire si typique 15$^{km}$ au Sud (Beni Snassen) est inconnu mais existe peut-être, pour partie, dans la série précédente. Le *Crétacé* marno-calcaire connu 15$^{km}$ au Sud-Ouest (Kerker) n'a pas été identifié. Il existe peut-être aux extrémités de la chaîne.




Cette série secondaire a subi, avant la transgression burdigalienne, une orogénèse puissante, qui a surtout affecté la partie septentrionale de la chaîne, la différence de plasticité du matériel mis en jeu (dolomies et calcaires massifs du Lias inférieur, série marno-schisteuse du Lias supérieur et du Jurassique) provoquant des disharmonies de plissements que les mouvements néogènes ont encore accentuées.

Les masses calcaréo-dolomitiques ont formé de grands anticlinaux aigus, faillés et laminés, allongés Ouest-Sud-Ouest Est-Nord-Est, et toujours fortement déversés au Sud. Une ligne d'accidents, en partie cachés par la transgression miocène, les jalonne au Nord, avec çà et là des remontées de Trias (Ophite, gypse, marnes rouges). Le Sud de la chaîne beaucoup moins disloqué, annonce déjà le style des Beni Snassen et du Kerker. La transgression cartennienne (Mi) est survenue ensuite, recouvrant d'une puissante série discordante un massif

au relief très évolué, voire déjà pénéplané. Largement érodés, aujourd'hui, ces dépôts constituent encore une partie des sommets et des crêtes principales (J. Ayalid, Bou Sfia, Zebb el Fillo, Idernane-Ichen Tanout) et très probablement le grand glacis qui, au Sud-Est de la chaîne, descend vers la Moulouya. Fait très général, au Maroc, ce Miocène inférieur « mimétique » est souvent difficile à séparer du substratum jurassique, auquel il emprunte ses éléments.

C'est à la fin de ce cycle que la nappe s'est mise en place. Déjà L. Gentil ([1]) avait signalé des éléments paléozoïques et triasiques qu'il avait considérés comme chevauchants, mais dont il n'avait pu préciser la situation exacte. A. del Valle et l'un d'entre nous (J. M.) avions reconnu, à l'Ouest de Zaio, des éléments en situation tectonique anormale et, vers l'Est, des schistes marneux sans doute crétacés, avec des débris paléozoïques rapportés à la série rifaine charriée ([2]).

Nous avons pu constater en 1950, la très grande extension de cette série charriée que l'on retrouve sur tout le versant sud de la chaîne, plus ou moins continue du J. Guens à Sidi Mohand el Filali. Étalée sur le glacis burdigalien, peut-être déjà localement érodé au moment du charriage, elle repose parfois en contact tectonique sur l'un des termes sous-jacents.

VULCANOLOGIE. — *Sur la morphologie des appareils phonolitiques de l'Atakor du Hoggar.* Note de M. **Pierre Bordet**, présentée par M. Paul Fallot.

On sait que la partie culminante du Hoggar (Atakor) est constituée par une grande table de basalte associée à des pitons et à des dômes phonolitiques.

J'ai pu montrer que le fonctionnement du volcanisme phonolitique avait été contemporain de celui du volcanisme basaltique; en effet certaines coulées sont redressées au voisinage des appareils phonolitiques, tandis que d'autres restées horizontales, peuvent les recouvrir en partie. Ces pitons ne sont donc pas des restes de grands volcans profondément démantelés; au contraire, chacun d'eux constitue un appareil extrusif autonome et complet.

Il en existe ainsi *plus de trois cents* dans la seule partie centrale de l'Atakor ($15^{km} \times 40^{km}$) mais ils sont encore fréquents en dehors de ce périmètre.

On peut les classer en différents types, dont les plus beaux sont d'une remarquable fraîcheur.

1. Le type le plus proche du volcan de forme classique comporte un gros culot circulaire, de plusieurs centaines de mètres de diamètre, prismé

([1]) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 781-785.

([2]) *Carte géologique du Maroc au* 1/1500000$^e$, Rabat, 1936.

verticalement. Ce culot est entouré d'un cône de brèche volcanique à faible pente, dont il ne subsiste généralement que des débris, par suite de son érosion facile. Au culot se raccorde une coulée épaisse de plusieurs dizaines de mètres, qui s'est étendue à quelques kilomètres (type : Dj. Oudane dans le Tahalra).

2. Mais il arrive que la coulée ne se soit pas épanchée à distance. Le cône, à peu près circulaire, est formé d'une brèche contenant des fragments de roche volcanique et de roches cristallines du socle sous-jacent. Il supporte une coulée grossièrement tabulaire percée par des cavités en forme de cratère (forme en « chateau-fort », type : Akar-akar).

3. La coulée peut être réduite à une grosse loupe de lave prismée qui repose directement sur la partie supérieure du cône (type : Tigmal).

4. Le cône de débris peut même faire complètement défaut : l'appareil se réduit alors à une coupole ogivale de lave dont la forme peut être parfaitement régulière (type : Oul). Le diamètre, qui atteint souvent plusieurs centaines de mètres, peut dépasser un kilomètre. La partie extérieure, formée de couches concentriques, est constituée par une roche finement microlitique ou vitreuse avec une prismation perpendiculaire à la surface. L'axe est formé de roches microgrenues présentant une prismation verticale parfois enroulée en hélice. Entre les deux, le raccord est fait par un enchevêtrement de prismes courbes.

5. Certains de ces appareils peuvent avoir un sommet aplati ou même déprimé (type : sommet N. du M'Zarag). A l'extrême, ils se réduisent à d'étroites aiguilles droites ou inclinées, à sommet plat, qui paraissent sorties à travers des filières.

6. Mais d'autres appareils peuvent avoir été partiellement détruits par des explosions : celles-ci ont creusé des cavités plus ou moins profondes dans le sommet de la coupole ou dans ses flancs. A l'extrême, l'appareil est réduit à un mur ou à une palissade circulaire de prismes isolés entourant un cratère d'explosion rempli secondairement par de la cendre volcanique basaltique ou par des alluvions d'oued (type : Imadouzène). Il semble même qu'une deuxième extrusion ait pu sortir par cette ouverture.

Un fait remarquable est la forme parfaitement régulière, circulaire ou elliptique, des cheminées. Or celles-ci n'ont pas été percées par la poussée de la lave. En effet, quoique les couches encaissantes soient parfois redressées à la verticale, la roche extrusive en est souvent séparée par un matelas de brèches volcaniques; celles-ci peuvent même avoir été injectées mécaniquement dans les fentes jusqu'à des distances de plusieurs dizaines de mètres.

Par contre, la surface de la lave, lorsqu'elle est visible, n'évoque nullement un effort mécanique intense : elle n'est pas striée et ne comporte ni brèche mécanique ni enclaves. Elle peut conserver des traces de son

mouvement à l'état visqueux sous forme d'ondulations perpendiculaires au sens du déplacement et qui rappellent des ripple-marks.

Enfin, les produits de projection qui ont été conservés comportent toujours, au moins à leur base, une forte proportion de fragments des roches cristallines du socle sous-jacent.

On est donc conduit à admettre que ces cheminées ont été ouvertes par une violente explosion : c'est ainsi qu'auraient débuté toutes les éruptions. Les débris, projetés au loin peuvent n'avoir constitué, au voisinage de l'appareil, qu'une nappe peu épaisse et facilement détruite par l'érosion, d'où leur absence dans la majorité des cas. La lave a ensuite rempli tranquillement la cavité circulaire ainsi formée, et, suivant sa viscosité, en est sortie soit sous forme de coulée, soit sous forme de loupe, soit encore en conservant la forme géométrique simple d'une coupole ogivale que des explosions tardives ont parfois démantelée.

Ce type de volcanisme paraît donc assez différent de ceux dont nous avons l'expérience actuellement.

LITHOLOGIE. — *Sur un fragment d'os fossile minéralisé provenant des assises ferrifères de Moulaine (Meurthe-et-Moselle).* Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**, présentée par M. Paul Fallot.

L'étude minéralogique d'un fragment de fémur de plésiosaure recueilli dans les assises ferrifères de Moulaine a montré que cet organisme est constitué par les variétés positive et négative de dahlite. Les cavités de ce fossile sont remplies par un minerai de fer oolithique dans lequel on constate la présence d'un dépôt sulfuré, galène, pyrite et chalcopyrite.

Nous avons rapporté d'une visite au gisement de Moulaine un fragment de fossile conservé dans la collection de la Mine, que M. P. L. Maubeuge (1) a déterminé comme étant un fémur de Plésiosaure.

Si les minerais de fer lorrains renferment tous des débris d'os, ceux-ci sont toujours de dimensions microscopiques. Il nous a paru intéressant d'étudier cet organisme auquel, outre sa taille exceptionnelle, la présence de sulfure de plomb confère un intérêt particulier.

On observe à l'œil nu sur l'échantillon une carapace compacte entourant une masse centrale creusée de nombreuses cavités remplies par un dépôt oolithique.

L'examen microscopique montre que la zone externe est constituée par un tissu jaunâtre dont les fibres faiblement biréfringentes, s'éteignent parallèlement aux directions de vibrations des nicols. Leur allongement est

---

(1) Cet auteur a signalé la présence d'un fossile analogue dans l'Aalénien de Marbache (Meurthe-et-Moselle), *Bull. Soc. Sc. Nat. Nancy*, 8, n° 4, 1950, p. 53-56.

négatif. On peut présumer qu'il s'agit d'un phosphocarbonate de calcium : la dahlite.

Ce tissu phosphaté est lardé de minuscules plages d'hydroxyde de fer et de gouttelettes de chalcopyrite. Il renferme des îlots de calcite dans lesquels se développent des globules de pyrite.

En se rapprochant du centre, les perforations se multiplient, se rejoignent, formant un réseau à contours compliqués. Les cavités sont toujours bordées par la dahlite tandis que, dans les interstices, on observe un minéral fibreux d'un jaune plus intense, assez fortement biréfringent et dont les fibres possèdent un signe d'allongement positif.

A. Lacroix [2] a signalé, dans les quercyites de Mouillac (Lot), la présence de deux variétés de dahlite fibreuses, ayant la même composition chimique, mais des propriétés optiques différentes. Nous avons examiné ces matériaux appartenant à la collection du Muséum et constaté qu'on a affaire, dans l'organisme étudié, à cette même association.

Le remplissage oolithique des lacunes est de structure assez complexe. On y distingue en effet, dans une gangue tantôt carbonatée, tantôt chloriteuse et micacée, des oolithes ferrugineux accompagnés de quelques fragments de quartz. Dans les parties chloriteuses, on voit de nombreux cristaux de sidérose.

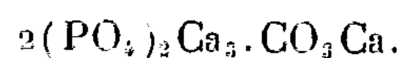
Le minerai oolithique a subi des transformations secondaires très importantes; la pyrite se dépose dans la gangue en quantité telle que parfois on reconnaît à peine sa nature initiale. En lumière réfléchie, on observe même des oolithes dont la zone corticale est épigénisée par le sulfure de fer.

L'analyse chimique, faite sur des fragments de la carapace débarrassés aussi soigneusement que possible du dépôt oolithique, a donné les résultats suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 31,90 | $H_2O-$ | 1,70 |
| CaO | 49,50 | $H_2O+$ | 1,70 |
| $Al_2O_3$ | 0,30 | F | 0,30 |
| $Fe_2O_3$ | 2,80 | $CO_2$ | 9,00 |
| $TiO_2$ | 0,10 | $SO_3$ | 1,75 |
| Mg | 0,20 | | 99,25 |

En raison de ses propriétés optiques, on pouvait penser que le phosphate étudié était soit la dahlite, soit la staffélite (fluophosphocarbonate de calcium), mais la faible teneur en fluor exclut cette dernière hypothèse.

Nous calculons donc la dahlite d'après la formule



$$2(PO_4)_2Ca_3.CO_3Ca.$$

[2] A. Lacroix, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1388.

En utilisant tout le $P_2O_5$ on obtient 83 % de phosphocarbonate. Avec l'excédent de chaux, on exprime 9 % de calcite dus aux inclusions calcaires signalées plus haut.

Ainsi les propriétés optiques et la composition chimique concordent pour identifier le produit phosphaté à de la dahlite. L'examen microscopique permet de préciser que le revêtement extérieur, comme les parois des cavités, sont formés par la dahlite négative tandis que, dans le reste du tissu, celle-ci est accompagnée par la variété positive.

La présence de la galène, très rare dans les minerais de fer oolithiques, nous donne l'occasion de faire quelques remarques d'ordre général sur le rôle des organismes dans ces formations.

L'étude de matériaux provenant de nombreux gisements lorrains nous a montré que la presque totalité du fer, à l'état cristallin, se concentre dans des fossiles épigénisés par la gœthite. Les tissus organiques fixent donc le fer. Aussi n'est-il pas surprenant de voir qu'un organisme de taille exceptionnelle retienne des métaux accessoires comme le plomb et le cuivre sous forme de minéraux bien cristallisés.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Synthèse de l'acide allantoïque chez les Champignons Basidiomycètes.* Note de M. **Arthur Brunel** et M<sup>me</sup> **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Raoul Combes.

Les macérations de certains Champignons Basidiomycètes (*Agaricus campester*, *Lycoperdon perlatum*) possèdent la propriété de réaliser la synthèse de l'acide allantoïque aux dépens de l'urée et de l'acide glyoxylique.

Chez les Végétaux, on considère généralement les uréides glyoxyliques comme provenant des purines, termes intermédiaires de la dégradation des nucléoprotéides. En faveur de cette hypothèse plaident un certain nombre de faits expérimentaux parmi lesquels il faut retenir la présence simultanée, dans de nombreuses plantes, des enzymes nucléases, purinoxydases et uricase, de leurs substrats et des corps qu'ils engendrent par voie biochimique. Cependant, les réactions classiques de dégradation proposées par Fosse et son école [1] ne permettent pas de donner une explication entièrement satisfaisante des constatations ci-après :

L'allantoïne des végétaux chlorophylliens est la *d*-allantoïne, corps très instable en milieu alcalin. L'uricase n'agissant que pour des valeurs du pH nettement supérieures à 7,0 il est difficile de concevoir, dans ces conditions, la formation chez les Végétaux du composé dextrogyre aux dépens de l'acide urique;

---

[1] *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1025; **196**, 1933, p. 883; **196**, 1933, p. 1264.

Les teneurs particulièrement élevées en acide allantoïque des germinations de *Trifolium* sp. (²), en allantoïne et en acide allantoïque de celles de *Soja hispida* (³), ne peuvent être attribuées uniquement à la seule dégradation des nucléoprotéides préexistant dans la graine;

Enfin, l'absence totale d'uricase dans les feuilles de *Platanus orientalis*, dans les feuilles et les fruits de l'*Acer Negundo*, est en opposition avec les hautes teneurs en uréides de ces organes.

On peut donc supposer ou qu'il existe d'autres substances uréidogènes ou qu'une partie au moins des uréides a pour origine un processus de synthèse. Avec R. Échevin et M<sup>lle</sup> Sartorius (⁴), nous n'avons pu vérifier la première hypothèse, en partant de l'histidine, acide aminé aux dépens duquel la synthèse, *in vivo*, de l'allantoïne, est réalisable chez les animaux. De même, nous n'avons pas pu observer d'une façon nette la formation d'allantoïne lors de l'absorption par les feuilles de Platane ou d'Érable (⁵) de quantités connues d'urée et d'acide glyoxylique. Les résultats sont différents lorsqu'on s'adresse aux Champignons comme matériel expérimental. Si l'on fait agir sur une solution d'urée et d'acide glyoxylique une macération aqueuse du végétal on obtient deux types de réaction :

Une dégradation de l'acide glyoxylique identique à celle signalée par l'un de nous (⁶) chez le *Sterigmatocystis nigra* et chez les Végétaux supérieurs; c'est le cas pour la macération d'*Agaricus xanthodermus*;

Une dégradation partielle de l'acide glyoxylique qui s'accompagne de la formation d'acide allantoïque; c'est le cas pour les macérations d'*Agaricus campester*, de *Lycoperdon perlatum*, de *Leucocoprinus cæspestipes* var. *lilacina* et pour la préparation enzymatique obtenue en précipitant, par l'alcool, la macération d'*Agaricus campester*.

*Isolement de l'acide allantoïque.* — On place au thermostat à 39°, 1500$^{cm^3}$ d'une solution d'acide glyoxylique (4 millimol/l) et d'urée (1 mol/l), on ajoute 500$^{cm^3}$ de macération au tiers, centrifugée, d'*A. campester* (sporulé) et 1$^{cm^3}$ de toluène. Après 15 heures, l'acide glyoxylique a disparu de la solution qui présente, par contre, les réactions de l'acide allantoïque. On divise la solution en deux parties égales. Sur la première, on isole l'uréide à l'état de sel d'argent que l'on recristallise dans l'eau chaude; sur la seconde, on le précipite après destruction de l'excès d'urée par l'uréase sous la forme de dérivé xanthylé que l'on recristallise dans la pyridine.

(²) R. Fosse, P. de Graeve et P. E. Thomas, *Comptes rendus*, 198, 1933, p. 883.

(³) R. Echevin et A. Brunel, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 294; A. Brunel et R. Echevin, *Rev. gén. Bot.*, 50, 1938, p. 73.

(⁴) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 71.

(⁵) A. Brunel et M<sup>lle</sup> G. Capelle, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 427

(⁶) M<sup>me</sup> G. Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2224.

Le sel d'argent et le dérivé xanthylé donnent toutes les réactions caractéristiques de l'acide allantoïque [7]. Un essai témoin de composition identique à celle de la solution, mais où la macération d'*A. campester* a été portée, au préalable, une heure au bain-marie bouillant, ne montre pas de disparition de l'acide glyoxylique et ne permet pas d'isoler l'acide allantoïque.

La synthèse, *in vitro*, de l'acide allantoïque par les macérations de certains champignons aux dépens de l'urée et de l'acide glyoxylique

$$\begin{matrix} H_2N.CO.NH_2 \\ H_2N.CO.NH_2 \end{matrix} + \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix}\!\!>CH.COOH \rightarrow \begin{matrix} H_2N.CO.NH \\ H_2N.CO.NH \end{matrix}\!\!>CH.COOH + 2H_2O$$

vient confirmer l'hypothèse de l'origine non exclusivement purique des uréides glyoxyliques. Elle permet d'envisager l'existence probable, chez les Végétaux, d'un processus de synthèse asymétrique de l'allantoïne.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Altérations réversibles des cellules du tubercule de* Cichorium intybus L. (*variété Endive*) *sous l'effet du froid et du réchauffement.* Note de M. **Louis Geneves**, présentée par M. Raoul Combes.

Un dispositif spécial nous a permis de refroidir, sous l'objectif à immersion, des cellules vivantes. La cyclose, bien que ralentie, n'est pas stoppée. Le chondriome se fragmente, puis subit un gonflement et une vésiculisation. Ces altérations s'accentuent au début du réchauffement. Puis les troubles diminuent et disparaissent. Les altérations observées sont donc parfaitement réversibles.

1° Une première série d'expériences a été exécutée grâce à un porte-objet spécial permettant d'abaisser la température de la préparation, pendant l'observation.

Trois coupes longitudinales radiales, faites à la main, sont immergées, plusieurs heures avant l'expérience, dans l'eau de source ou le liquide de Ringer. Les cellules se mettent en équilibre avec les nouvelles conditions qui leur sont offertes. Ce montage assure une longue survie aux cellules non lésées [1]. La température est abaissée en quelques minutes de + 18° C. aux environs de 0° C.

La cyclose, qui était active et régulière dans ces cellules, s'interrompt à peu près totalement. Elle tend ensuite à se rétablir, la température étant stabilisée à 0° C. Les courants restent lents et inconstants. Cependant ils entrainent toujours des granulations lipidiques et des chondriosomes, que l'on voit disparaître parfois dans la nappe cytoplasmique d'une face latérale de la cellule. La cyclose, si elle est troublée, n'est donc pas supprimée. Nous attribuons son

---

[7] A. Brunel, *Traité pratique de Chimie végétale*, 3, p. 523.

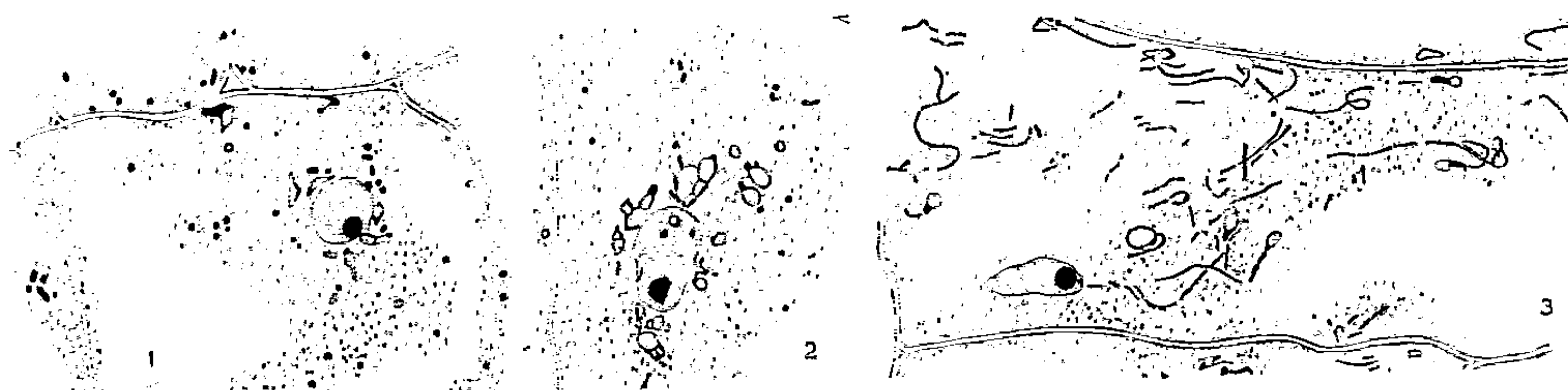
[1] R. Buvat, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 359.

irrégularité à des troubles de l'équilibre entre l'eau de la cellule et les colloïdes hydrophiles du cytoplasme; il en résulte évidemment des modifications irrégulières de la viscosité cytoplasmique. Sous l'action du froid les chondriosomes en bâtonnets se fragmentent presque tous en mitochondries granuleuses.

2° Nous avons retrouvé cet état dispersé du chondriome après l'emploi d'une technique toute différente. Des préparations ont été obtenues à partir de fragments *épais* de racine immergés dans l'eau pendant des temps déterminés et *fixés ensuite*. On sait que, lorsque l'immersion est faite à température ambiante, de longs chondriocontes se constituent à la faveur d'un arrêt de la cyclose par suite de confluences entre chondriosomes ([2]).

Dans des fragments épais immergés dans l'eau et refroidis aux environs de 0°C, ces confluences ne se produisent pas, ce qui semble indiquer que la cyclose ne s'arrête pas complètement dans ces conditions. En somme lorsqu'on immerge des fragments épais à température ambiante la cyclose s'arrête; à basse température, elle persiste au moins en partie. Les troubles de l'équilibre eau-cytoplasme sont donc modifiés par le refroidissement.

Certains éléments du chondriome sont nettement gonflés, et d'autres sont vésiculisés. Les plastes sont également vésiculeux. L'ensemble devient moins colorable (*fig.* 1).




1, cellule d'un fragment placé dans l'eau à 0°, pendant 4 heures; 2, cellule d'un fragment placé à 0°, pendant 4 heures, puis à 18° pendant 45 minutes; 3, cellule d'un fragment placé à 0°, pendant 4 heures, puis à 18° pendant 18 heures.

Ces phénomènes confirment les modifications d'équilibre que nous venons d'indiquer. Si l'on en croit les résultats antérieurs ([2]), ils montrent que de l'eau libérée par le cytoplasme est absorbée par le chondriome. Le noyau semble moins affecté par ce traitement.

3° Le réchauffement produit une nouvelle série de troubles : *a*. Les préparations vitales montrent que la cyclose ne redevient pas immédiatement rapide et régulière; parfois même des mouvements browniens se manifestent, décelant une altération due au réchauffement. Progressivement, les courants cellulaires deviennent plus réguliers, plus actifs, et se généralisent.

([2]) R. Buvat, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1187.

La vésiculisation du chondriome s'accentue dans une première phase. Une plage claire apparaît au centre de certaines mitochondries; le froid avait provoqué leur gonflement; au réchauffement elles se vésiculisent. Les plastes réagissent avec plus d'ampleur encore. Le cytoplasme devient localement spumeux.

La première phase du réchauffement accentue donc les troubles causés par le froid. Mais les altérations sont réversibles. Après avoir atteint un maximum, elles régressent, et, après plusieurs heures, on observe sous le microscope le retour aux structures normales.

*b*. Les fragments épais, fixés au cours du réchauffement, montrent également l'accentuation des troubles (*fig.* 2), puis le retour à des structures semblables à celles des témoins conservés dans l'eau à température ambiante, et fixés simultanément. Mais, dans ce cas, tandis que les vésiculisations des chondriosomes diminuent, des confluences entre chondriosomes commencent à se produire. Ces processus sont déjà achevés chez les témoins. Peu à peu, les fragments réchauffés acquièrent les mêmes structures que s'ils n'avaient pas subi le froid. Ils présentent notamment les grands chondriosomes dus à l'action de l'eau sur les fragments épais ([2]) (*fig.* 3). En manière de contre-épreuve, nous avons ensemencé aussitôt après l'action du froid, sur milieu nutritif gélosé, une partie des fragments traités. Après 24 heures à $+18°$C, ces fragments avaient la même structure cytologique que les témoins fixés avant toute expérience.

Le réchauffement produit donc, au début, des perturbations qui accentuent celles dues au froid. Cependant quelle que soit la durée du séjour à 0°, et pourvu qu'aucune solidification ne se produise, les altérations observées sont réversibles.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les glucides du Topinambour.* IV. *Isolement, analyse et structure des premiers termes de la série des polyosides.* Note de M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans un récent Mémoire, Bacon et Edelman ([1a]) confirment les résultats annoncés dans une Note ([1b]) sur la présence d'une série de polyosides dans les tubercules de topinambour, série plus complète que les travaux antérieurs ne le laissaient prévoir. Nous avons nous-mêmes confirmé l'existence de ces polyosides ([2]) et montré que l'hydrolyse acide ménagée de l'inuline donne naissance à une série de corps très voisine, sinon analogue.

---

([1]) *Biochem. J.*, **48**, 1951, p. 114; *id.*, **45**, 1949, p. 27.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 549; *id.*, **230**, 1950, p. 997.

MM. Lederer et Fromageot nous ont donné toutes facilités pour mener à bien cette séparation.

Bacon et Edelman, après les avoir séparés par chromatographie sur papier, ont cherché à analyser les premiers termes de cette série de glucofructosanes par élution, hydrolyse de l'éluat et dosage des hexoses résultants. Toutefois ils constatent que les analyses tentées sur de petites taches sont viciées par l'imprécision du dosage des réducteurs totaux, et, en utilisant des quantités plus importantes de glucides sur un chromatogramme de bande, ils ne peuvent isoler complètement que la tache qui a le même $R_f$ que le saccharose.

Nous nous sommes heurtés aussi à ces difficultés. Aussi avons-nous cherché à obtenir la séparation de ces corps par chromatographie sur colonnes. Nous avons pu y parvenir en utilisant une colonne de poudre de cellulose avec un solvant constitué d'un mélange miscible de butanol, éthanol, ammoniaque à 1 % dans les proportions 7,5 — 0,75 — 1,75*. Dans ces conditions nous avons pu obtenir à l'état pur :

30$^{mg}$ de corps A recristallisé;

83$^{mg}$ de corps B précipité, poudre blanche;

69$^{mg}$ de corps C précipité, poudre blanche;

60$^{mg}$ de corps D précipité, poudre blanche.

Nous avons procédé à l'analyse de ces corps et le tableau I résume les résultats.

TABLEAU I.

| Saccharose......... | P. R. a. h. | $[\alpha]_D^{20°}$. | P. R. T. | Gl. | $\frac{\text{P. R. T.}}{\text{Gl.}}$. |
|---|---|---|---|---|---|
| Témoin.............. | 0 | +66°,7 | 106 | 53,5 | 1,98 |
| Glucofructosane A..... | 0,93 | +67,8 | 100 | 53,5 | 1,87 |
| » B..... | 1,18 | +23 | 103,6 | 33,1 | 3,1 |
| » C..... | 0,89 | +11,6 | 94 | 23 | 4,08 |
| » D..... | 0,49 | 0 | 88,6 | 21,25 | 4,17 |

P. R. a. h. : pouvoir réducteur avant hydrolyse (méthode de Somogyi) (% de la substance)

P. R. T. : pouvoir réducteur après hydrolyse (même méthode, résultats exprimés en fructose) (% de la substance).

Gl. : glucose après hydrolyse (méthode de Mc Leod et Robinson) (% de la substance).

P. R. T./Gl. : rapport du pouvoir réducteur total après hydrolyse sur le glucose.

Afin de nous assurer que le rapport réducteurs totaux/glucose nous permettait bien de déduire les proportions de fructose et de glucose dans ces glucides et de vérifier une nouvelle fois que ces deux hexoses sont bien les seuls monoses constituants, nous avons porté les produits hydrolysés sur des chromatogrammes sur papier à côté de mélanges témoins et nous avons estimé les taches par comparaison avec ces témoins.

Le tableau II résume nos résultats.

TABLEAU II.

| | Fructose (%). | Glucose (%). | Rapport $\frac{\text{fructose}}{\text{glucose}}$. |
|---|---|---|---|
| Saccharose témoin | 48 | 52 | 0,92 |
| Glucofructosane B | 67 | 33 | 2,03 |
| » C | 77 | 23 | 3,35 |

On sait que la réaction de Raybin ([3]) au diazouracile est spécifique du saccharose ou des tri- ou tétraholosides contenant la liaison α-glucosido-1.2-β-fructofuranoside. Nous avons fait cette réaction sur des quantités identiques des corps A, B, C et D. Le corps A donne la coloration vert foncé avec les mêmes caractéristiques de vitesse et d'intensité que le saccharose. Le corps B donne une coloration verte nette, bien que plus faible que celle donnée par le raffinose. Le corps C donne une coloration vert claire encore bien nette. Le corps D ne donne aucune réaction typique.

Le corps A est évidemment constitué par du saccharose auquel il est identique par toutes ses propriétés y compris sa facilité de cristallisation. Pour les autres glucofructosanes, ces résultats semblent bien confirmer l'hypothèse énoncée par Hirst, McGilvray et Percival ([4]) et reprise par Bacon et Edelman ([1]), à savoir qu'ils possèdent un groupement terminal saccharose auquel sont liés par des liaison 1.2 un ou plusieurs restes fructofuranose.

H. Belval et A. de Grandchamp ([5]) ayant déjà montré que dans divers glucofructosanes ou plus probablement mélanges de glucofructosanes; le glucose était le α-*d*-glucose, le fructose et le β-*d*-fructose, les structures proposées ci-dessus nous paraissent maintenant étayées.

PHYSIOLOGIE. — *La sensibilité du pourpre rétinien régénéré à partir de l'orangé transitoire*. Note de Mme **Paulette Berger** et M. **Jacob Segal**, transmise par M. Robert Courrier.

Une technique est décrite permettant la régénération *in vivo* de pourpre rétinien à partir de l'orangé transitoire. Elle a pour effet d'augmenter la sensibilité relative de l'œil pour les moyennes et les grandes longueurs d'onde. Le phénomène peut s'expliquer par l'expulsion de groupes d'éthyle de la molécule d'orangé transitoire lors de la formation du jaune visuel.

Peu avant sa mort, Lythgoe a signalé que le pourpre rétinien, régénéré directement à partir de l'orangé transitoire sans passage par le jaune indicateur,

---

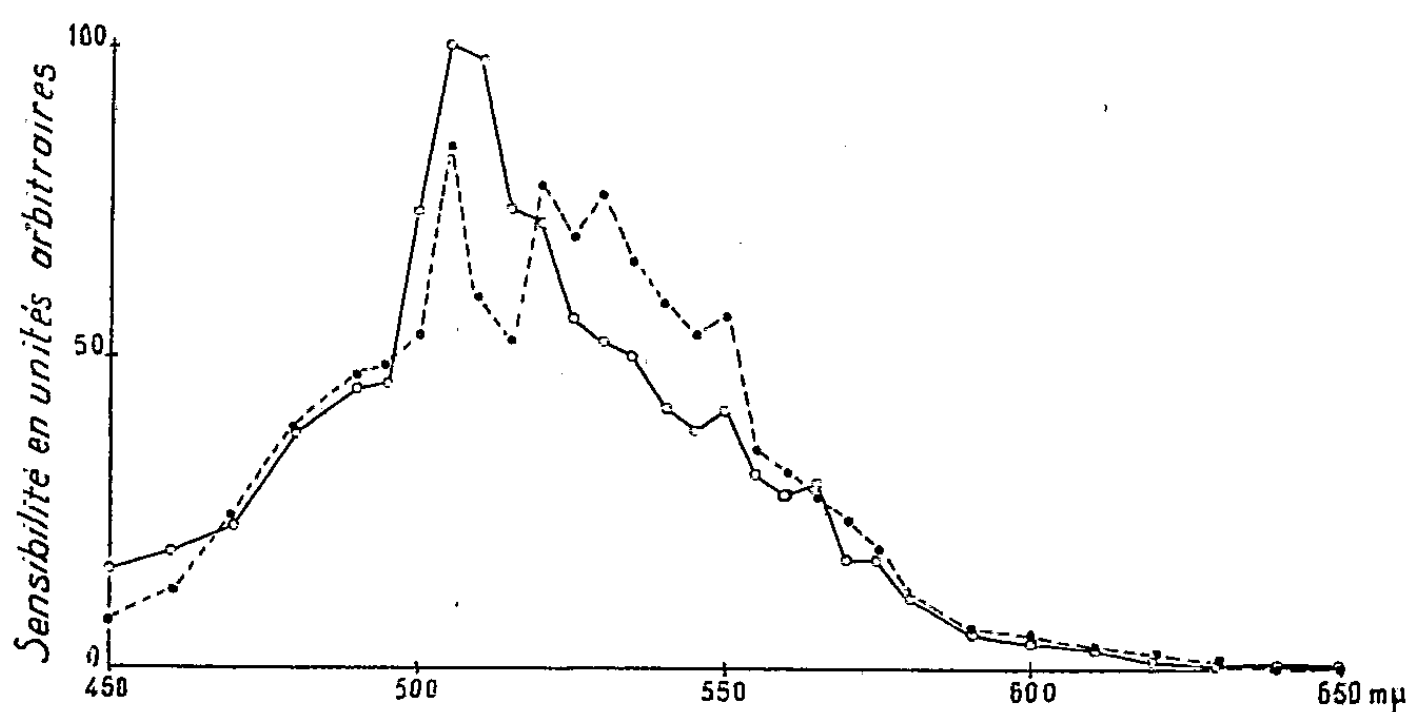
([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 2603.

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 1297.

([5]) H. Belval et A. de Grandchamp, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 30; A. de Grandchamp, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1082.

possédait un spectre d'absorption anormal, sans toutefois préciser la nature de ces anomalies. La faible proportion de pourpre régénéré *in vitro* rend pratiquement impossible la détermination correcte du spectre d'absorption de la substance ainsi régénérée. La découverte que l'orangé transitoire ne se dégrade pas en jaune indicateur à l'obscurité totale ([1]) nous a amenés à établir une méthode de régénération *in vivo* permettant d'étudier le phénomène.

Dans un œil exposé pour un temps très court à une lumière très intense (dans notre cas 20$^{sec}$ à $7.10^6$ nits), la quasi-totalité de pourpre rétinien est convertie en orangé transitoire, mais une fraction relativement faible a eu le temps de subir le second stade de photolyse. Le sujet remis immédiatement dans l'obscurité totale régénère par conséquent un pourpre provenant essentiellement de l'orangé. Par contre, un sujet exposé pendant un temps prolongé à une lumière modérée régénérera un pourpre provenant essentiellement de jaune indicateur, car pendant tout le temps qui se passe entre la première photolyse et la régénération d'une molécule de pourpre rétinienne, celle-ci reste exposée à une lumière suffisante pour produire dans la majorité des cas une dégradation complète.




La figure montre les deux courbes de sensibilité scotopique, mesurées dans ces conditions après 45 minutes d'adaptation à l'obscurité totale, en vision extrafovéale sous 5°, avec une plage de 1° de diamètre. Contrairement au procédé classique qui consiste à mesurer un petit nombre de points à de nombreuses reprises, nous avons préféré explorer les détails de la courbe en multipliant les points de mesure et ne déterminant chaque point qu'une seule fois, afin d'éviter une fatigue excessive du sujet.

Les courbes que nous reproduisons correspondent aux moyennes obtenues sur trois sujets. Celle en trait plein représente la sensibilité scotopique après

([1]) J. SEGAL, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 403.

adaptation préliminaire à une lumière modérée, celle en trait interrompu indique la sensibilité scotopique après préadaptation brève à une très forte lumière. Dans les deux cas, les mesures étaient précédées d'un séjour de 45 minutes à l'obscurité totale.

Ce qui frappe avant tout dans la courbe obtenue après préadaptation à une forte lumière, c'est-à-dire après régénération de pourpre rétinien à partir d'un mélange de produits photolytiques relativement pauvre en jaune visuel et riche en orangé transitoire, c'est l'apparition d'une sensibilité accrue dans la région des moyennes et des grandes longueurs d'onde. Quant au maximum de sensibilité dans le bleu vert, caractéristique pour la vision scotopique normale et correspondant au maximum d'absorption du pourpre rétinien en solution, nous le retrouvons encore, mais avec une amplitude réduite. Ces différences, bien que relativement faibles, se retrouvent avec une parfaite régularité dans chacune des six séries individuelles de couples de courbes, mesurées sur trois sujets différents. Il n'y a donc aucune raison de douter de leur valeur significative.

Nos courbes se distinguent des courbes de sensibilité scotopique classique par certaines irrégularités qui se retrouvent, encore beaucoup plus accusées, dans chacune des courbes individuelles, et ne peuvent donc pas être considérées comme purement aléatoires. Nous y reviendrons dans une prochaine communication.

Le déplacement de la sensibilité du pourpre rétinien vers le rouge, dû fait de sa régénération à partir de l'orangé transitoire, peut s'expliquer par le fait que le maximum d'absorption de caroténoïdes est fonction du nombre de groupes $\gt CH = CH \lt$ dans leur chaîne latérale. L'orangé transitoire aurait donc une chaîne latérale plus longue que le jaune visuel, et sa reconversion en pourpre rétinien sans passage par le stade du jaune visuel donnerait naissance à un pourpre ayant des chaînes anormalement longues. On peut en conclure, implicitement, que la seconde phase de photolyse du pourpre, la dégradation de l'orangé transitoire en jaune visuel, ne concerne pas uniquement des modifications au niveau du chaînon terminal, mais implique un raccourcissement de la chaîne latérale avec expulsion probable d'un ou de plusieurs groupes éthyléniques.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du pouvoir rotatoire sur la qualité de l'odeur.* Note de MM. **Marcel Guillot** et **Philippe Thibaut**, présentée par M. Léon Binet.

L'un de nous a montré, dans une Note antérieure [1], qu'une différence

---

[1] M. Guillot et R. Babin, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1363.

d'intensité d'odeur (et non de qualité) existait entre les deux inverses optiques du méthylhexylcarbinol. On peut se demander ce qui se produira si on s'adresse à une substance d'odeur plus complexe, c'est-à-dire à une substance touchant à la fois des cellules sensorielles de deux types différents. Dans ce cas, on peut s'attendre à ce que l'odeur du dextrogyre paraisse distincte qualitativement de l'odeur du lévogyre, parce que, dans le premier cas, l'une des nuances de l'odeur dominerait, et, dans le deuxième, l'autre nuance. Ce cas serait en somme tout à fait comparable à celui de molécules à actions pharmacodynamiques multiples. Il arrive alors parfois qu'un élément nerveux soit plus sensible à l'isomère droit, tandis qu'un autre est plus sensible à l'isomère gauche, ce qui fait que, bien qu'il n'existe pour chaque élément nerveux touché qu'une différence d'intensité (et non de qualité) entre les actions des deux stéréoisomères, ils présentent vis-à-vis de l'organisme vivant entier des propriétés globales qualitativement distinctes. Ce phénomène a été signalé dans le cas de l'hyoscyamine par Cushny ([2]), qui a trouvé un rapport d'activité lévogyre/dextrogyre de 40 pour l'action parasympatholytique (sécrétion salivaire du chien, actions sur le vague et sur le nerf oculaire du chat), tandis que le rapport a une valeur inférieure à 1 dans le cas de l'action sur la moelle (de grenouille).

Le phénomène est beaucoup plus net dans le cas du goût, si on s'adresse à des substances douées à la fois d'une saveur amère et d'une saveur sucrée. Il arrive alors que l'un des stéréoisomères est surtout amer et faiblement sucré, l'autre surtout sucré et faiblement amer; c'est le cas, par exemple, de la leucine et de la phénylalanine ([3]).

Pour mettre en évidence un effet analogue dans le cas de l'olfaction, nous nous sommes adressés à l'isobornéol qui présente plusieurs nuances d'odeur : 1° odeur de celluloïd, très aromatique et très fine; 2° odeur de cave et de moisi. Un essai de détermination des seuils de perception de chacune de ces deux nuances d'odeur a montré, bien que la détermination soit difficile, une très nette différence d'ordre de grandeur; elle se traduit par le fait que la première sensation perçue, lors du flairage, est celle de l'odeur de celluloïd, vis-à-vis de laquelle la muqueuse se fatigue vite, l'odeur de moisi étant ensuite seule discernée. Si même on sature préalablement la muqueuse d'une manière prolongée, on ne perçoit plus ensuite qu'une faible odeur camphrée. Il existe donc au moins deux nuances d'odeur distinctes, et peut-être trois.

On est parti d'un isobornéol racémique de synthèse très pur [Tf : 213° (tube)], qui a été dédoublé (en un seul traitement) par cristallisations fractionnées des phtalates de *l*-brucine-*d*-isobornyle, et de *l*-brucine-

([2]) *Biological relations of optical isomers*, Baltimore, 1926.

([3]) A. Gautier, *Rev. Scient.*, 1943, p. 121.

*l*-isobornyle, à 20°, dans l'alcool à 90°. Cette méthode avait l'avantage de soumettre les deux stéréoisomères au même traitement chimique exactement. Mais si elle a permis d'obtenir, d'un côté, le lévogyre à 98 % de pureté environ, de l'autre, elle a seulement fourni le dextrogyre à 78 % de pureté. Comme la comparaison qu'on désirait faire était avant tout qualitative, ce résultat a paru suffisant.

Les deux échantillons inverses optiques ont été soumis à des experts dont les impressions sont résumées dans le tableau suivant :

| Observateurs. | *d.* | *l.* |
|---|---|---|
| Fab | plus fin, plus celluloïd | plus moisi, odeur de cave |
| Guer | plus celluloïd | plus moisi |
| Teis | plus camphré | plus moisi, terreux |
| P. F | celluloïd | odeur typique isobornéol |
| F. A | tire sur le romarin | odeur camphrée banale |
| M. G | plus fin, plus celluloïd | plus douceâtre, moisi |
| S. G | plus fin | plus moisi |
| En moyenne | Odeur camphrée plus fine évoquant le celluloïd et le romarin | Odeur camphrée moisie plus fade et plus douceâtre évoquant la cave et la terre |

En ce qui concerne l'intensité des deux odeurs, on n'a pu effectuer qu'une détermination très grossière, puisque seul l'un des stéréoisomères était pur. On a employé la méthode statistique précédemment indiquée (¹), et on a trouvé un rapport d'activité lévogyre/dextrogyre $\simeq 2$ (pour l'odeur celluloïd). En réalité, comme il est impossible d'éviter la perception simultanée des deux odeurs (celluloïd et moisi), ces mesures n'ont qu'une valeur très relative. Il reste néanmoins acquis, d'une manière indiscutable :

1° que l'intensité d'odeur est beaucoup plus grande pour le lévogyre que pour le dextrogyre;

2° que la qualité de l'odeur est tout à fait différente.

Ces résultats sont en désaccord avec ceux qu'ont obtenus Y. R. Naves (⁴) sur l'α-ionone, et W. Doll et K. Bournot (⁵) sur le menthol (détermination du seuil de perception des *d* et *l*). Par contre, ils s'accordent avec les observations anciennes de Von Braun et de ses collaborateurs (⁶) et celles plus récentes de Singh et Lal (⁷). Ils nous conduisent à penser que l'action olfactive rentre dans le cadre des actions pharmacodynamiques générales en ce qui concerne l'influence du pouvoir rotatoire (⁸).

(⁴) *Helv. Chim. Acta*, **30**, 1947, p. 769.

(⁵) *Die Pharmazie*, **4**, 1949, p. 224.

(⁶) *Ber.*, **56** B, 1928, p. 2268; **60** B, 1927, p. 2438 et **58** D, 1925, p. 2210.

(⁷) *Nature*, **114**, 1939, p. 911.

(⁸) P. Thibault, *Thèse Doctorat Univ. Pharm.*, Paris, 1950.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la suroxygénation du milieu extérieur sur la valeur de la glycémie de la Carpe* (Cyprinus carpio *L.*). Note de M. **Marcel Secondat**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le taux du sucre sanguin de la Carpe soumise à une suroxygénation forte et prolongée du milieu extérieur subit une élévation progresisve et très considérable, en même temps que le Poisson présente des troubles d'allure asphyxique.

L'action prolongée de l'hyperoxie du milieu extérieur sur le Poisson a été surtout étudiée dans ses rapports avec les échanges respiratoires.

M^lle Raffy (1) a montré qu'une suroxygénation forte de l'eau entraîne une élévation temporaire de la consommation d'oxygène. Cette dernière, d'abord relevée, baisse et revient bientôt à son taux primitif.

Mais si la suroxygénation semble sans effet durable sur la consommation d'oxygène, son action paraît capable de modifier la composition du milieu intérieur. Fontaine et Raffy (2) ont constaté que de fortes teneurs de l'eau en oxygène dissous provoquent une élévation considérable de la réserve alcaline du plasma. Toutefois, la réserve alcaline d'un Poisson semble d'autant plus stable à l'égard de la suroxygénation du milieu que ce Poisson présente à l'état normal, une réserve alcaline plus élevée.

Poursuivant nos investigations sur les variations de la glycémie des Poissons (3), nous avons recherché si le séjour en eau suroxygénée n'entraînerait pas, chez la Carpe, de modifications du taux du sucre sanguin.

Chaque sujet d'expérience était immergé dans un barillet de verre d'une capacité d'environ 30$^l$. La suroxygénation de l'eau était obtenue par un courant d'oxygène réduit en bulles très fines par traversée d'un diffuseur et provenant d'une bouteille à gaz comprimé. Enfin, pour réduire autant que possible les mouvements du Poisson, le dispositif était maintenu à l'obscurité dans un local silencieux.

Après un délai d'accoutumance de 24 heures, nous procédions au dosage de l'oxygène dissous et à la détermination de la glycémie normale. La suroxygénation de l'eau était ensuite réalisée et nous pratiquions sur chaque poisson plusieurs prises de sang à intervalles variables. Chaque détermination du sucre sanguin était accompagnée d'un titrage de l'oxygène dissous dans l'eau du récipient. Les chiffres obtenus figurent dans le tableau ci-après :

---

(1) Recherches sur le métabolisme respiratoire des poïkilothermes aquatiques (*Thèse Sciences*, Paris, 1933).

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 798.

(3) M. Secondat, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 796.

*Glycémie en grammes pour 1000.*

| | | Carpes. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
| Avant la suroxygénation | | 0,850 | 0,525 | 0,575 | 1,050 | 0,900 | 0,650 | 0,800 |
| Séjour en eau suroxygénée ($13$ à $21^{cm^3}$ d'oxygène par litre). | Après 30 minutes... | 1,000 | – | – | – | – | – | – |
| | » 1 heure..... | – | 0,700 | – | 1,150 | – | – | 0,975 |
| | » 4 heures.... | – | – | 0,950 | 1,425 | 1,400 | – | – |
| | » 5 » .... | – | 0,900 | – | – | – | 1,050 | 1,200 |
| | » 6 » .... | – | – | – | 1,425 | – | – | – |
| | » 24 » .... | – | 1,050 | – | 1,575 | – | – | 1,380 |
| | » 28 » .... | – | – | – | 1,575 | 1,575 | 1,175 | – |
| | » 2 jours..... | – | – | – | – | – | 1,250 | 1,370 |
| | » 3 » ..... | – | – | – | – | 1,050 | 1,250 | 0,900 |
| | » 4 » ..... | – | – | – | 1,200 | mort | mort | mort |
| | » 5 » ..... | – | – | – | mort | – | – | – |
| Température de l'eau | | 7° | 11 à 12°,5 | 13° | 7° à 7°,5 | 8 à 9° | 11 à 12° | 11 à 13° |

L'examen de ces résultats nous permet de dégager les observations suivantes :

Une suroxygénation forte et prolongée du milieu extérieur détermine chez tous les sujets d'expériences une augmentation progressive et très considérable du taux du sucre sanguin dont la valeur moyenne est de l'ordre de 70 %.

Le taux du sucre sanguin s'élève rapidement dans les 4 ou 5 premières heures de suroxygénation; par la suite, la glycémie continue à monter mais plus lentement, pour atteindre son taux maximum après 24 à 48 heures d'hyperoxie. Le troisième jour, la glycémie est en baisse notable et la mort du Poisson survient au cours de la 4e ou de la 5e journée.

Tous les sujets maintenus en expérience jusqu'à la mort ont présenté des troubles respiratoires se manifestant par des battements irréguliers des opercules auxquels s'ajoutaient, un peu plus tard, des mouvements ascendants vers la surface de l'eau. Enfin le 3e jour, les Carpes présentaient des troubles de l'équilibre plus ou moins marqués.

Il paraît intéressant de noter la concomitance de ces symptômes d'allure asphyxique et de l'augmentation du taux de la glycémie. Ainsi tout se passe, comme si l'hyperoxie du milieu extérieur aboutissait paradoxalement à un état asphyxique générateur d'hyperglycémie.

BIOLOGIE. — *Sur la conservation de la laitance de quelques Salmonides.* Note de M. **Auguste Dorier**, présentée par M. Louis Fage.

Les spermatozoïdes de divers poissons d'eau douce gardent leur vitalité dans la laitance pure, prélevée à sec, pendant plusieurs heures voire même

quelques jours (4 jours pour le Brochet, Lindroth, 1946) si la laitance est maintenue à basse température (3 à 5°). Pour les Salmonides, la durée maximum de conservation, qui paraît avoir été signalée, serait de 6 jours pour la Truite (Henneguy, 1888) et de 7 jours pour le Saumon (Ellis et Jones, 1939) la laitance ayant été, dans ce dernier cas, additionnée de liquide cœlomique.

J'ai procédé à des essais de conservation de laitance de Truite indigène (*Salmo fario* L.), de Truite arc-en-ciel (*Salmo irideus* Gibb.) et de Saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis* Mitch.).

La laitance de ces différentes espèces, recueillie à sec, puis répartie dans de petits tubes de verre bouchés avec un tampon de coton, est placée au frigidaire à la température de 5°. Dans ces conditions, les spermatozoïdes gardent leur vitalité pendant 4 à 7 jours pour la Truite indigène; 4 à 10 jours pour le Saumon de fontaine et 4 à 11 jours pour la Truite arc-en-ciel.

Ayant constaté, au cours de ces essais, qu'une des causes de la mort des spermatozoïdes était due à la concentration du milieu sous l'effet d'une lente évaporation, j'ai été conduit à faire de nouvelles expériences de conservation avec de la laitance diluée de Truite arc-en-ciel.

Après avoir reconnu que les liquides à base de jaune d'œuf et de citrate de soude ou de phosphates alcalins, qui sont employés pour diluer le sperme des Mammifères, ne convenaient pas pour la conservation de la laitance de Truite, j'ai porté mon choix sur le liquide cœlomique (qui est évacué avec les œufs, lors de la ponte) et sur des solutions isotoniques telles que le Ringer, le Ringer glucosé et l'eau physiologique qui m'ont donné les résultats suivants :

— à la température de 5° les spermatozoïdes de Truite arc-en-ciel sont restés vivants pendant 12 jours dans un mélange à parties égales de laitance et de liquide cœlomique et pendant 17 jours dans un mélange de 1/5 de laitance pour 4/5 de ce liquide.

— dans ces dilutions de laitance à 50%, 33 % et 25 % faites soit avec du Ringer, du Ringer glucosé ou de l'eau physiologique, les spermatozoïdes ont conservé une vitalité normale pendant 15 jours, atténuée ensuite jusqu'au 18ᵉ jour.

Les spermatozoïdes ainsi conservés, immobiles dans la laitance diluée, entrent aussitôt en mouvement au contact de l'eau. Mais possèdent-ils encore leur pouvoir fécondant ? J'ai pu m'en assurer en utilisant des laitances diluées et conservées pour inséminer des œufs fraîchement pondus.

Avec de la laitance diluée dans le Ringer, le Ringer glucosé, l'eau physiologique, le liquide cœlomique et maintenue pendant 10 jours à 5°, j'ai obtenu respectivement : 93,6; 84,9; 91; 93,3 % de fécondations.

Après 18 jours de conservation à 5°, une dilution de laitance dans le

Ringer a donné 50 % de fécondations; une dilution dans le Ringer glucosé : 68 % .Des résultats positifs ont également été obtenus avec de la laitance diluée dans l'eau physiologique.

En résumé, les spermatozoïdes de Truite arc-en-ciel peuvent conserver leur vitalité et leur pouvoir fécondant pendant 18 jours, dans des dilutions de laitance faites avec du Ringer, du Ringer glucosé, de l'eau physiologique et maintenues à la température de 5°.

RADIOBIOLOGIE. — *La glycogénèse hépatique chez des animaux irradiés totalement par les rayons* X. Note (*) de M^mes^ **Marguerite Lourau** et **Odette Lartigue**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La glycogénèse est diminuée après l'irradiation. Cette diminution n'est pas due à l'inaptitude de la cellule hépatique à faire la synthèse du glycogène, mais à l'absence du substrat, le glucose pénétrant dans la circulation n'étant plus métabolisé selon des voies normales.

Dans des travaux antérieurs (1) nous avons montré que l'utilisation du glucose était diminuée chez le cobaye, à la suite d'une exposition de tout le corps à une dose de rayons X subléthale. Dans cette Note nous avons examiné si ce défaut d'utilisation s'explique par une diminution de la glycogénèse hépatique.

La méthode que nous avons utilisée pour ces essais est une méthode devenue classique depuis les travaux de Cori : les réserves de glycogène sont épuisées par un jeûne d'une durée convenable, que nos essais préliminaires ont fixé à 28 heures, puis elles sont reconstituées au moyen de l'ingestion forcée de glucose, en quantité exactement mesurée.

Quelles que soient les conditions que nous nous sommes imposées en ce qui concerne les quantités de glucose et la durée de l'absorption, nous avons toujours trouvé beaucoup moins de glycogène dans le foie des cobayes irradiés que dans celui des témoins. Nous ne donnerons pas ici le détail de nos expériences. Celles dont nous discuterons la signification sont résumés dans le graphique I. Elles ont trait à des animaux qui ont ingéré $1^g$ de glucose et qui ont été sacrifiés en période de post absorption, au bout de $4^h45$. Elles mettent en évidence une diminution de glycogène importante, précoce et durable.

Cependant, l'analyse des faits nous a permis d'établir que ce n'est pas la glycogénèse elle-même qui est lésée par l'exposition de l'animal aux rayons X. La figure 2 et surtout la figure 3 montrent en effet que le foie demeure, après l'irradiation, tout aussi capable qu'avant de transformér le glucose en glycogène. Le graphique 2 représente la manière dont la charge en glycogène se

(*) Séance du 26 février 1951.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1426; *Arch. Sc. Physiol.*, 4, 1950, p. 197.

constitue et se maintient chez les animaux du graphique 1 irradiés depuis 12 à 15 jours. Déjà dans ce graphique on peut voir que les irradiés diffèrent des témoins bien moins par la valeur de leur charge maxima que par leur incapacité à maintenir cette charge en période de post-absorption.

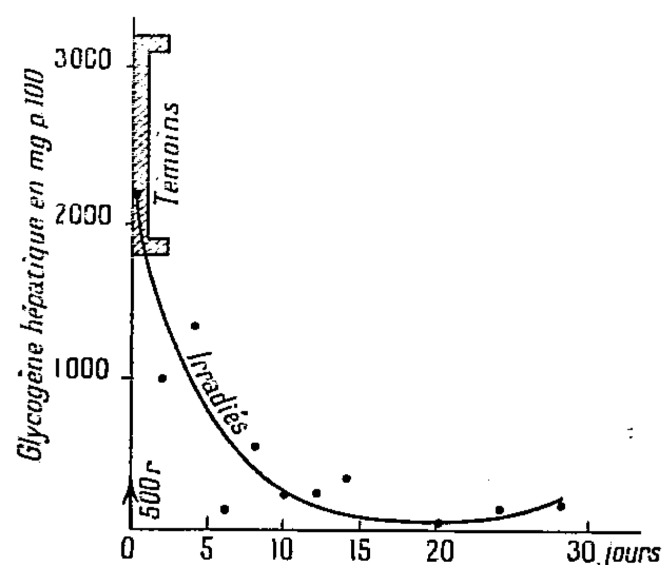



Fig. 1.

Fig. 1. — Le glycogène trouvé dans le foie 4 heures 45 après l'ingestion de 1g de glucose. La zone hachurée indique les limites des teneurs trouvées chez les Cobayes normaux. La courbe représente les teneurs en glycogène de Cobayes ayant reçu, au jour indiqué par la flèche, une irradiation générale de 500 r. Chaque point représente la moyenne de 4 à 12 animaux.

D'autre part, la différence qui, dans la première partie de la courbe 2, existe entre les deux groupes d'animaux disparaît si l'on considère non plus la quantité de glycogène formé mais la fraction du glucose absorbée par l'intestin

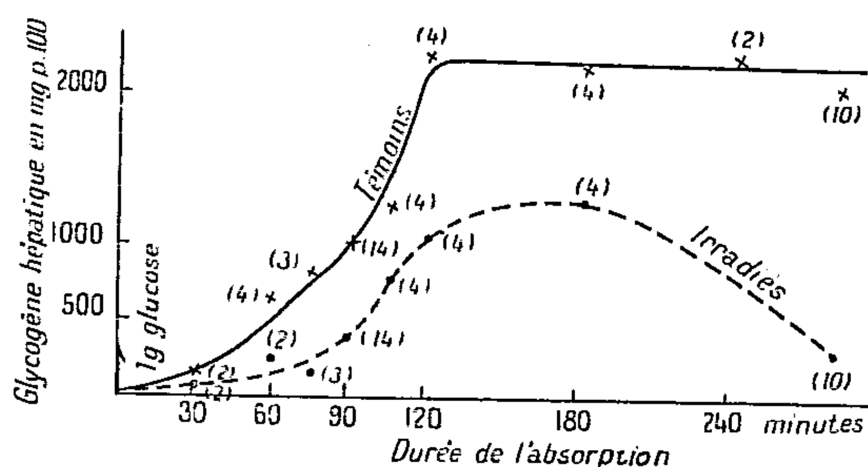



Fig. 2.

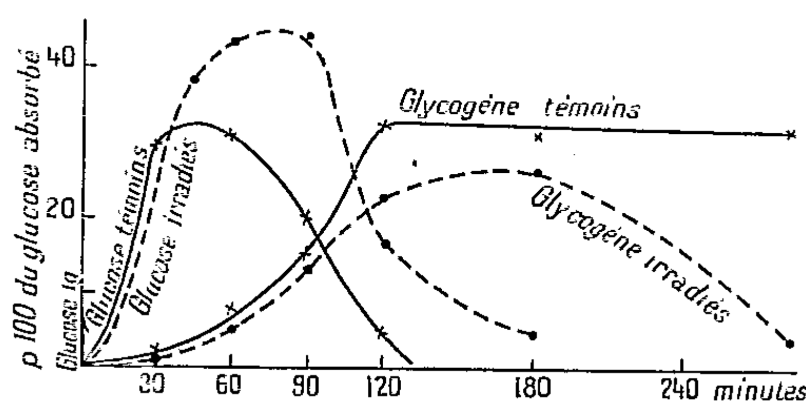



Fig. 3.

Fig. 2. — Reconstitution des réserves de glycogène au cours de l'absorption de 1g de glucose. Les effectifs correspondant aux différents points sont indiqués par les nombres entre parenthèses.

Fig. 3. — Répartition du glucose absorbé par l'intestin chez des Cobayes normaux et chez des Cobayes irradiés depuis 12 à 15 jours.

qui est utilisée pour cette synthèse. Cette manière de représenter les faits, qui tient compte du ralentissement de l'absorption après l'irradiation (2), a été

(2) M. Lourau et O. Lartigue, *Arch. Sc. Physiol.* (sous presse).

adoptée dans la figure 3. Elle montre que pendant les 90 premières minutes, les animaux irradiés transforment en glycogène à peu près la même fraction du glucose absorbé que les témoins. La glycogénèse est donc tout à fait normale et c'est la lésion d'un autre métabolisme qui est responsable de la persistance dans la circulation d'une grande fraction du glucose absorbé (*fig.* 3).

Le fait que la synthèse du glycogène devient franchement déficiente, juste au moment où le glucose circulant commence à baisser, fait supposer que le glucose est détourné de sa destination normale et qu'il est transformé en une substance qui n'est plus capable d'alimenter la synthèse du glycogène en période de post-absorption. Cette synthèse ne s'arrêterait pas par une déficience enzymatique, mais par un manque de substrat.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Induction par des substances réductrices de la production de bactériophages chez une bactérie lysogène* (1). Note de MM. **André Lwoff** et **Louis Siminovitch**, présentée par M. Robert Courrier.

La production de bactériophages par la totalité des germes d'une souche lysogène de *Bacillus megatherium* est déclenchée par irradiation ultraviolette (2). Mais, en l'absence de tout rayonnement ultraviolet, quelques bactéries libèrent des bactériophages, le pourcentage de ces bactéries productrices atteignant une valeur élevée à certains stades du développement des cultures. L'analyse de la cinétique de la libération des bactériophages avait conduit à la conclusion que leur formation était induite par la conjonction de plusieurs facteurs parmi lesquels avait été soupçonné le rôle possible du potentiel d'oxydo-réduction. Le glutathion réduit M/6600 et l'acide ascorbique M/1750 avaient donc été essayés, mais sans succès (2). Il importait cependant, pour la compréhension du phénomène de l'induction, d'identifier les facteurs chimiques responsables du développement des bactériophages. De nouvelles recherches ont montré que les substances réductrices à concentration notablement supérieure à celles précédemment mises en œuvre induisent, à l'instar des rayons ultraviolets, la production des bactériophages.

Si l'on ajoute du glutathion réduit M/2000 à une culture de *B. megatherium* en voie de croissance exponentielle en milieu levuré caséiné (2), la croissance se poursuit à vitesse réduite : la densité optique double en une quarantaine de minutes à 37°. Puis, en une vingtaine de minutes, toutes les bactéries se lysent. Il apparaît dans le milieu de 100 à 200 bactériophages

---

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

(2) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815-858.

par bactérie lysée. Des concentrations en glutathion plus élevées, M/400, induisent également la lyse mais la croissance résiduelle est alors moins importante. L'acide thiomalique M/1500 à M/750, l'acide thioglycolique M/740 à M/370, l'acide *l*-ascorbique M/150 à M/30 produisent le même effet que le glutathion réduit. L'acide *l*-malique M/30, le glutathion oxydé M/400 sont dépourvus de propriétés inductrices.

Les bactéries qui se multiplient en milieu synthétique à base de $SO_4(NH_4)_2$ et de glucose [2] sont insensibles au glutathion réduit M/100 et à l'acide thiomalique M/25 : ceux-ci n'induisent pas de lyse. Cette observation confirme le défaut d'« aptitude » de ces bactéries déjà mis en évidence par l'étude des effets du rayonnement ultraviolet [2].

Ajoutons enfin que, dans les conditions de nos expériences, l'acide thiomalique M/10 n'a pas induit la lyse des souches lysogènes de *Pseudomonas pyocyanea* [3] et d'*Escherichia coli* K 12 [4]; or ces germes sont des aérobies facultatifs alors que *B. megatherium* est un aérobie strict. L'acide thiomalique est donc un inducteur moins général que le rayonnement ultraviolet lequel provoque la production de bactériophages aussi bien chez *P. pyocyanea* [5] et *E. coli* K 12 [6] que chez *B. megatherium*.

On sait que les composés thiolés possèdent la propriété d'activer par réduction certains enzymes à — SH. L'acide *l*-ascorbique agissant comme donneur d'hydrogène peut également exercer le même effet. On est ainsi conduit à se demander si le développement du probactériophage en bactériophage ne serait pas sous la dépendance de l'activation d'un système enzymatique.

Quoi qu'il en soit, on comprend que l'accumulation dans le milieu de culture, sous l'effet du métabolisme microbien, de substances entraînant une modification du régime d'oxydo-réduction, puisse induire la production, en apparence spontanée, de bactériophages chez une bactérie lysogène.

Les bactéries lysogènes perpétuent héréditairement un probactériophage non pathogène et non infectieux [7]. Nous sommes aujourd'hui en mesure, par l'action de substances réductrices, de modifier le métabolisme de *B. megatherium* de façon telle qu'un processus soit déclenché qui entraîne la mort des bactéries et transforme un prévirus en bactériophage infectieux.

---

(3) Résultats inédits de F. Jacob.

(4) Résultats inédits de E. Borek.

(5) F. Jacob, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1585-1587.

(6) J. Weigle et M. Delbrück, communication personnelle.

(7) F. Burnet et D. McKie, *Austr. J. exp. Biol.*, 6, 1929, p. 277-284; E. et E. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 60, 1938, p. 13-58; A. Lwoff et A. Gutmann, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 711-739.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la biochimie des composés phosphorés du lait. III. Les protéines phosphorées de la glande mammaire en lactation.* Note de MM. **Henri Le Bars, Henri Simonnet** et **Joseph Sternberg**, présentée par M. Robert Courrier.

Les recherches sur l'origine des constituants du lait ont été généralement réalisées au moyen de la méthode la plus commode, celle de la comparaison entre les constituants du sang afférent à la mamelle à ceux du sang efférent et au produit de sécrétion (1). Quant à la biochimie du tissu mammaire, l'étude n'a été systématiquement faite que pour quelques enzymes, comme la phosphatase alcaline et l'arginase (2), (3).

Les composés phosphorés de la glande mammaire ont été étudiés dans une Note précédente (4) chez la Rate en lactation. Après une injection de $P^{32}$ sous forme minérale, on constate que l'isotope s'intègre dans l'acide désoxyribonucléique moins rapidement que dans l'acide ribonucléique. Cette différence de vitesses d'utilisation a permis de supposer que les constituants nucléoprotéiques du noyau sont plus stables que ceux du cytoplasme glandulaire. Il serait ainsi possible que le rapport phosphoré nucléo-plasmatique soit lié au mécanisme de régulation du processus sécrétoire.

Dans la Note présente, la même recherche a été faite dans la glande mammaire de la Chienne en lactation. En outre, les protéines phosphorées du tissu mammaire ont été étudiées, en vue d'établir leur parenté avec la caséine. A cet effet, une Chienne de $7^{kg}$, en lactation depuis 40 jours, reçoit par voie sous-cutanée $8^{cm^3}$ d'une solution de 10 % de $PO_4Na_2H$, mesurant $6^{\mu c}$ de $P^{32}$. Cinq jours après, l'animal est sacrifié par saignée, après une traite à fond; dans l'intervalle, les traites ont été tri- et bi-quotidiennes. La glande est disséquée et le lait résiduel est obtenu par compression, permettant ainsi une extraction supplémentaire de 10 % de son poids total. Les analyses suivantes sont effectuées sur le tissu glandulaire : séparation des fractions phosphorées d'après la technique de Schmidt et Thannhauser (5) et extraction des protéines mammaires par 10 volumes de NaCl à 10 %. Dans le liquide d'extraction les protéines totales sont précipitées avec 4 volumes $CCl_3-COOH$ à 1,5 % jusqu'à floculation massive à pH 4.60 et les albumines et globulines avec $SO_4(NH_4)_2$ à demi-saturation et à saturation. Dans chaque précipité on dose N, $P^{31}$ et $P^{32}$ total, ainsi que N, $P^{31}$ et $P^{32}$ de la sérine. Les résultats obtenus se résument dans les constatations suivantes :

(1) A. P. Gorbachewa, *Chem. Abstr.*, **44**, 1950, p. 8453 *b*.
(2) E. W. Dempsey, H. Bunting et G. R. Wislocki, *Amer. J. Anat.*, **81**, 1947, p. 309.
(3) S. J. Folley, *Biol. Rev.*, **24**, 1949, p. 354.
(4) J. Sternberg, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2341.
(5) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 83.

1° La séparation du $P^{31}$ mammaire montre une forte proportion de P protéique (31,2 %); les autres constituants se trouvent aux taux de 49,8 % pour le P total acido-soluble, de 10,0 % pour le P ribonucléique et de 4,0 % pour le P désoxyribonucléique et lipidique.

2° L'activité spécifique de la fraction protéique, de 2,6 coups/μg $P^{31}$, est diminuée par rapport aux activités spécifiques des autres constituants, dont les valeurs sont de 10,1 coups/μg pour le P lipidique, 14,1 coups/μg pour le P désoxyribonucléique, et respectivement 22,6 et 24,1 coups/μg pour le P ribonucléique et acido-soluble total. La différence antérieurement constatée chez la Rate (4) entre les vitesses d'intégration du P exogène dans les acides nucléiques se retrouve chez la Chienne, mais à un degré moins accentué.

3° Le précipité trichloracétique a une teneur en P de 0,31 % et l'azote de la sérine représente 1,87 % du N total; le rapport P/N de la sérine est de 1,56.

4° Le précipité acétique à pH 4,60 a la même teneur en azote que le précipité trichloracétique, mais l'azote sérinique y entre pour 3,58 % de l'N total et le P atteint le taux de 3,62 %; le rapport P/N sérine est de 9,24.

5° Le précipité par $SO_4(NH_4)_2$ à demi-saturation constitue 96,3 % des protéines, le reste 3,7 % est obtenu à saturation. Dans ces deux fractions, on ne trouve pas de P et l'azote sérinique n'est présent que dans la première fraction, représentant 0,55 % de l'azote total.

Les deux premiers résultats peuvent être interprétés comme une confirmation partielle des expériences faites sur la mamelle de Rate en lactation; la différence essentielle réside dans le fait que dans ce dernier cas la concentration du P protéique est plus forte et que sa vitesse d'utilisation est diminuée par rapport aux autres constituants phosphorés. Il est permis de supposer que dans cette expérience, la synthèse intra-mammaire de la protéine phosphorée, précurseur immédiat de la caséine, est assez lente ou en relation assez éloignée avec le phosphore minéral exogène administré. En effet, une synthèse plus accélérée ou en relation plus étroite avec le P minéral exogène donnerait une protéine phosphorée d'activité spécifique élevée.

Les caractères analytiques de la protéine phosphorée isolée de la mamelle montrent qu'il ne s'agit pas de caséine, pour les raisons suivantes :

*a*. Le taux du P est 4, 5 fois plus élevé que dans la caséine : 3,62 % au lieu de 0,80 %;

*b*. Le rapport N sérine/N total est de 3,58 % au lieu de 2,40 % dans la caséine du lait de la dernière traite;

*c*. Le rapport P/N sérine est de 9,24 au lieu de 2,21 dans la phosphosérine.

Il s'agirait donc d'une protéine plus riche en P et en sérine; le phosphore peut être fixé à la sérine jusqu'à 24 % de son taux, le reste devant être fixé à un autre corps, soit un acide aminé, soit un autre constituant chimique. Il n'est pas vraisemblable qu'il s'agisse du P minéral directement fixé sur la fonction

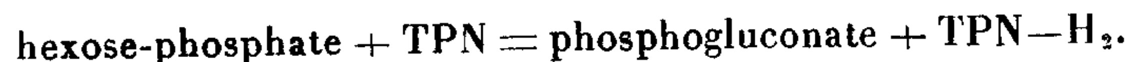
aminée de la lysine comme les travaux de Van der Burgh le laisseraient supposer ([6]), car l'activité spécifique devrait être plus forte dans le cas d'une fixation de P minéral. Par contre, il est plus probable qu'il s'agit d'un hétéroprotéide, dont la copule phosphorée se transformerait ultérieurement en phospho-sérine. Le glycoprotéide de Reinecke, Williamson et Turner ([7]) considéré par ces auteurs comme précurseur de la caséine pourrait dans cette éventualité passer dans la glande mammaire sans que sa fraction glucidique soit complètement séparée de la fraction protéique : une phosphorylation des glucides les amènerait au stade d'acide phosphopyruvique qui passerait ainsi par transamination en phosphosérine ([8]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Utilisation des hexose-phosphates dans la respiration et la glycolyse.* Note (*) de M. **Jacques Wajzer**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le glucose entretient seulement la respiration, le fructose, la glycolyse. L'apparente équivalence des deux hexoses est due à l'équilibre catalysé par l'oxo-isomérase.

Quand on examine les données accumulées dans la bibliographie, il est difficile de distinguer si les trois principaux esters hexosiques, le glucose-6-phosphate, le fructose-6-phosphate et le fructose-1.6-phosphate, servent indifféremment de substrat à la respiration et à la glycolyse, ou bien s'il faut attribuer à chacun d'eux un rôle individuel.

O. Warburg ([1]) note que le système ferment jaune-Zwischenferment oxyde l'ester de Robison, mais peu ceux de Neuberg et de Harden et Young. On fait la même observation en mesurant, par la hauteur de la bande d'absorption à $340^{m\mu}$, la réduction du triphosphopyridine-nucléotide (TPN) dans la réaction



$$\text{hexose-phosphate} + \text{TPN} = \text{phosphogluconate} + \text{TPN}-\text{H}_2.$$

En effet, l'ester de Neuberg est à peine réducteur dans cette réaction; on sait d'ailleurs qu'il contient une faible proportion d'aldose ([2]). Il réagit immédiatement, quand on lui ajoute de l'oxo-isomérase, contenue dans la

([6]) *Netherlands Milk Dairy J.*, 1, 1947, p. 69.

([7]) *J. Biol. Chem.*, 138, 1941, p. 83.

([8]) J. Colas, H. Le Bars, H. Simonnet et J. Sternberg, *Annales de l'Institut national Agronomique*, 37, 1950, p. 7.

(*) Séance du 26 février 1951.

([1]) O. Warburg, W. Christian, A. Griese, *Bioch. Z.*, 282, 1935, p. 157.

([2]) R. Robison, M. G. Macfarlane dans Bamann et Myrbäck, *Methoden der Fermentforschung*.

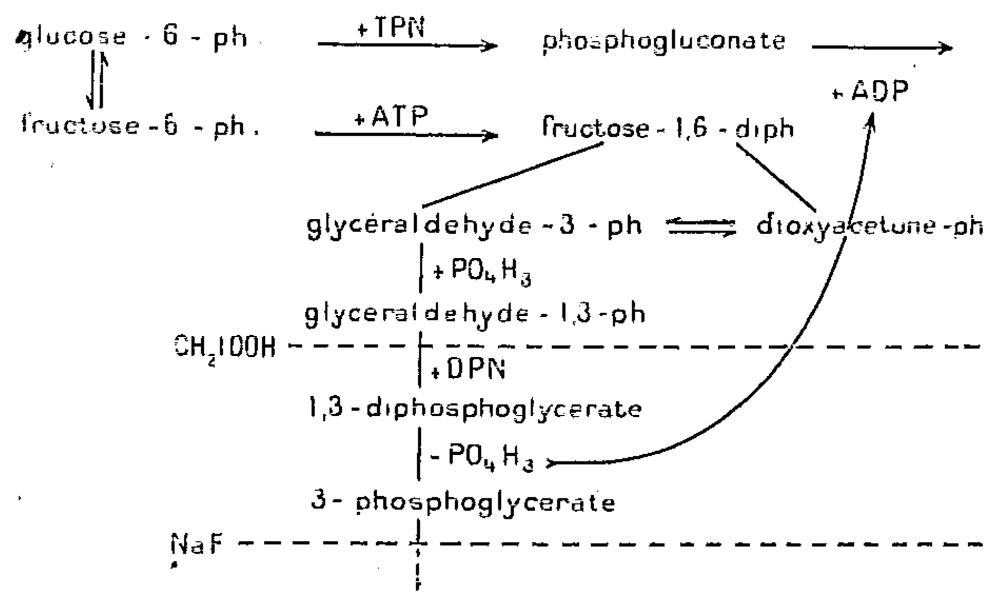
fraction du suc de Lebedew précipitant entre 33 et 50 % de saturation en sulfate d'ammonium. L'ester diphosphorique ne réagit pas dans ces conditions.

Déshydrogénase (Zwischenferment) : $0^{mg},3$ dans $0^{cm^3},1$;
Coenzyme correspondant à $42^{\mu g}$ de TPN;
Substrat : $0^{cm^3},2$ d'hexose-phosphate M/28;
Volume total : $2^{cm^3},7$.

| Ester. | | Robison. | Neuberg. | Harden-Young. |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta E_{340} . 10^3$........ | 10 min | 58 | 14 | 4 |
| | 25 » | 120 | 14 | 4 |

On ajoute $25^{mm^3}$ d'oxo-isomérase.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta E_{340} . 10^3$........ | 10 min | – | 57 | 0 |




Cette expérience montre que le glucose-6-phosphate est oxydable, mais que le fructose-6-phosphate le devient seulement après isomérisation. Le dosage du fructose que j'ai effectué prouve, d'autre part, que le fructose de l'ester de Harden et Young ne se transforme pas en glucose. Donc, la deuxième phosphorylation par l'adénosine-triphosphate (ATP), qui prépare les hexoses à la fermentation, les met à l'abri du système respiratoire. Suivant un raisonnement différent, Engelhardt et Sakov (3) ont situé la rupture entre la respiration et la fermentation au même endroit.

Comment se fait-il alors que le système hémolysat-bleu de méthylène utilise l'hexose-diphosphate dans sa respiration (4)? La comparaison directe montre qu'à dose égale (M/300), l'hexose-diphosphate est moins bien utilisé que le monophosphate.

| Substrat. | $O_2$ par heure. |
|---|---|
| Hexose-monophosphate............. | 95 |
| Hexose-diphosphate................ | 41 |
| Phospho-glycérate.................. | 33 |

(3) *Biochimia*, 8, 1943, p. 35.
(4) A. et M. LENNERSTRAND, *Enzymologia*, 8, 1940, p. 211.

Donc, $2^{cm^3}$ d'hémolysat ont consommé $95^{mm^3}$ d'oxygène à l'heure aux dépens de l'ester de Robison, $41^{mm^3}$ avec l'ester de Harden-Young comme substrat. Et en présence d'acide monoïodacétique, la respiration s'arrête complètement, quand le substrat est l'hexose-diphosphate, alors que les deux hexose-monophosphates continuent à être utilisés normalement.

Par contre, la fluorure n'inhibe que partiellement la consommation d'oxygène aux dépens de l'hexose-diphosphate. Si la partie de la respiration qui subsiste se fait aux dépens d'un produit de la glycolyse, dont la formation est interrompue par le mono-iodacétate, et continue en présence de fluorure, le phospho-glycérate devrait donc être respirable. En effet, dans l'expérience citée plus haut, la consommation horaire d'oxygène était de $33^{cm^3}$ en présence de phosphoglycérate.

Nous considérons donc que le glucose entretient seulement la respiration, et le fructose seulement la glycolyse. Si ces deux hexoses paraissent souvent équivalents, c'est grâce à l'équilibre catalysé par l'oxo-isomérase.

Au cours de la glycolyse, le cétose (dioxyacétone) est de nouveau converti en aldose (glycéraldéhyde), et de nouveau c'est l'aldose seulement qui est oxydable. Mais au niveau des trioses, c'est l'aldose qui subit la deuxième phosphorylation; l'ATP est reconstitué et cédera une molécule de phosphate à une nouvelle molécule de cétohexose. Cette étonnante double oxo-isomérisation n'aboutit pas, comme l'oxydo-réduction qui lui succède, à un profond remaniement de la molécule.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation de l'acide adénosine 5-monophosphorique basée sur l'hydrolyse spécifique de l'acide adénosinetriphosphorique par l'apyrase purifiée.* Note de MM. **Nguyen van Thoai** et **Lionel de Bernard**, présentée par M. Maurice Javillier.

La méthode classique de préparation de l'acide adénylique des muscles par extraction directe est d'un rendement très faible; elle ne permet, dans les meilleures conditions, d'obtenir que $0^g,400$ de produit par kilogramme de tissu frais (1). Le procédé décrit par Kerr (2) et basé sur l'hydrolyse barytique partielle de l'acide adénosinetriphosphorique ne conduit pas non plus à un rendement élevé en produit pur. La purification d'apyrase entièrement exempte d'activité sur le glycérophosphate et l'acide adénylique (3) nous a permis d'élaborer une méthode de préparation quantitative de l'acide adénosine 5.monophosphorique.

(1) P. Ostern, *Biochem. Z.*, 254, 1932, p. 65.
(2) *J. biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 131.
(3) J. Roche, Nguyen van Thoai et P. Saltmann, *C. R. Soc. biol.*, 1950 (sous presse).

L'apyrase est obtenue de la façon suivante : $500^{g}$ de pommes de terre pelées sont broyées (Waring blendor) avec $300^{cm^3}$ de solution 0,01 M KCN glacée. On laisse macérer une demi-heure à $+3^{\circ}$ et l'on passe sur toile (expression manuelle). Le liquide est porté à pH = 5,0 avec de l'acide acétique glacial, puis centrifugé. L'extrait est dialysé 20 à 24 heures contre de l'eau courante, puis centrifugé. Le précipité est repris successivement avec 150 et $50^{cm^3}$ de solution KCl 0,5 M glacée. Les extraits réunis, portés à pH = 6,5, sont fractionnés entre 50 et 60 % de saturation en sulfate d'ammonium. Le précipité dissous dans $20^{cm^3}$ d'eau distillée est dialysé sous agitation pendant 24 heures à $+3^{\circ}$ contre de l'eau distillée. Après centrifugation, la solution enzymatique claire est prête pour l'emploi (3 500 à 4 000$^{\gamma}$ de P libérés par minute et par milligramme d'azote protéique, par action de l'enzyme sur l'acide adénosinetriphosphorique) [3].

On dissout par ailleurs $1^{g}$ d'adénosinetriphosphate de baryum

$$(C_{10}H_{12}O_{13}N_5P_3)Ba_2,\ 4\,H_2O$$

dans 50 à $60^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique 0,2 N glacé; on ajoute $2^{cm^3}$ de solution saturée de sulfate de sodium et l'on centrifuge. Le liquide clair, ajusté à pH = 6,3 avec de la soude diluée, est complété ensuite à $100^{cm^3}$.

La solution d'adénosinetriphosphate portée 5 minutes à $37^{\circ}$ est additionnée de $20^{cm^3}$ de solution d'apyrase. On suit l'évolution de l'hydrolyse enzymatique en prélevant toutes les 15 minutes $0^{cm^3},1$ de mélange réactionnel dans lequel on dose l'acide phosphorique libéré; on observe en général que la réaction est terminée en une demi-heure et correspond à la libération totale du phosphore labile de l'acide adénosinetriphosphorique. La prolongation du temps de réaction n'entraîne d'ailleurs aucun inconvénient, du fait que les préparations n'hydrolysent guère l'acide adénylique. En pratique, nous arrêtons la réaction après une heure d'incubation.

Dans ce but, on ajoute $20^{cm^3}$ de solution d'acétate de baryum à 25 % et de la solution saturée de baryte jusqu'à coloration très légèrement rose à la phénolphtaléine. On plonge le récipient pendant 5 minutes dans un bain-marie bouillant et l'on centrifuge. On lave le précipité avec $15^{cm^3}$ de solution à 1 % d'acétate de baryum à 60-70°. La solution initiale d'adénylate de baryum et les eaux de lavage sont réunies et acidifiées avec de l'acide acétique (2 %°). On ajoute un excès d'acétate mercurique (solution à 20 % dans l'acide acétique 2 %°). Après repos une nuit à $+4^{\circ}$ on centrifuge, on lave le précipité avec une solution 1 % d'acétate mercurique et on le met en suspension dans l'eau distillée ($40^{cm^3}$ pour $1^{g}$ de produit initial). On fait passer $SH_2$ et l'on centrifuge. Le précipité de sulfure mercurique est lavé avec une solution saturée de $SH_2$ ($20^{cm^3}$). Le liquide surnageant et l'eau de lavage réunis sont débarrassés de $SH_2$ puis filtrés.

On ajoute lentement et en agitant 3 volumes d'acétone et on laisse cristalliser une nuit à — 10°. On recueille le précipité, on le lave à l'acétone pure et on dessèche sous vide sulfurique. Les cristaux d'acide adénylique ainsi obtenus sont pratiquement purs.

| | | | |
|---|---|---|---|
| N théorique.............. | 20,17% | P théorique.............. | 8,93% |
| N trouvé, préparation 1.... | 19,70 | P trouvé, préparation 1.... | 8,60 |
| » 2.... | 20,05 | » 2.... | 8,75 |
| » 3.... | 19,80 | » 3.... | 8,60 |

Les rendements sont de 0,300, 0,310 et 0g,290 à partir de 1g d'adénosinétriphosphate de baryum.

En résumé, l'action de l'apyrase purifiée sur l'acide adénosinetriphosphorique, libérant complètement les deux restes phosphoriques labiles, permet de préparer l'acide adénosine 5.monophosphorique avec un rendement égal à 80-85 % de la théorie; le produit dosé est d'un haut degré de pureté (95 % au moins).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation d'un bi-cholestadiène à partir de la réaction de Salkowski sur le cholestérol et activation antirachitique de ce corps.* Note de MM. **Yves Raoul, Jean Chopin, Paul Meunier,** Mlle **Noëllie Le Boulch** et Mme **Andrée Guérillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le corps générateur de produit antirachitique par voie *purement chimique* antérieurement décrit comme éther-oxyde de tachystéryle est en fait un *bi-cholestadiène.*

Dans une Note précédente [1], nous avons montré qu'au cours du traitement à chaud du cholestérol par un réactif voisin de celui de Liebermann, on peut isoler un corps peu soluble, à point de fusion élevé, présentant une absorption lumineuse voisine de celle du tachystérol. L'analyse et le poids moléculaire s'accordaient sensiblement avec ceux d'un « éther-oxyde de tachystéryle ».

L'isolement de ce corps nous est apparu ensuite tout à fait exceptionnel dans les conditions que nous avons indiquées; aussi avons-nous cherché un autre mode de préparation qui fait l'objet du présent exposé.

L'action de l'acide sulfurique seul sur le cholestérol fournit une coloration rouge sang connue sous le nom de réaction de Salkowski. Nous avons pu en isoler un solide identifiable au corps que nous avions envisagé comme un « éther-oxyde de tachystéryle ».

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 259-260.

Dans une fiole cônique de 250$^{cm^3}$, on dissout 0$^g$,5 de cholestérol dans 20$^{cm^3}$ de chloroforme et l'on ajoute 10$^{cm^3}$ d'acide sulfurique. On abandonne une demi-heure en agitant de temps en temps. L'ensemble prend une coloration jaune, puis rouge. On verse dans une ampoule à décantation de 750$^{cm^3}$ contenant 500$^{cm^3}$ d'eau distillée. La teinte devient verte. On soutire la couche chloroformique que l'on lave à nouveau à trois reprises avec de grands volumes d'eau jusqu'à ce qu'elle devienne jaune pâle. Après dessiccation sur $SO_4Na_2$, la solution chloroformique est concentrée et additionnée d'éthanol à 96°; on obtient un précipité que l'on recristallise dans le chloroforme ou le benzène. Le rendement est de 20 % environ.

Cette substance se décompose par chauffage à 200-225° à l'air, comme le corps précédemment obtenu. Sa solubilité est également très faible dans presque tous les solvants et notable seulement dans le chloroforme et le benzène. Une comparaison très précise des spectres d'absorption dans l'ultraviolet des deux produits soigneusement purifiés a montré une complète identité : maximum à 281 m$\mu$ et deux épaulements secondaires à 270 et 295 m$\mu$ (solvant : chloroforme) ($E_{1\,cm}^{1\,\%}$ à 281 m$\mu$ : 420). Le poids moléculaire, déterminé par la méthode de Rast, est de l'ordre de 700.

L'analyse élémentaire a fourni les résultats suivants : C = 87,90 %, H = 11,91 %. Cette analyse *ne laisse pas place à un atome d'oxygène.* Pour $(C_{27}H_{43})_2$, on aurait : C = 88,20 %, H = 11,8 % et P. M. : 734. La dénomination d' « éther-oxyde de tachystéryle » que nous avions envisagée doit donc faire place à celle de bi-cholestadiène; une étude détaillée de la structure confirmant le bien-fondé de cette notion sera exposée ailleurs (²).

Un autre argument permettant d'identifier le bi-cholestadiène avec le corps antérieurement décrit comme « éther-oxyde » est la transformation des deux corps en produits antirachitiques par simple ébullition d'une solution saturée de ceux-ci dans le mélange à parties égales de dichloréthane (É 83°) et d'acide acétique pendant 15 minutes. Après refroidissement, on évapore à sec sous vide et on reprend par l'alcool éthylique ou l'éther sulfurique. Il y a un très petit insoluble formé de bi-cholestadiène non attaqué et la solution présente une absorption ultraviolette avec maximum à 265 m$\mu$. L'activité du produit dissous dans l'alcool, vérifiée sur plusieurs séries de rats rachitiques par la méthode curative (régime de Steenbock et Black n° 2965) et contrôle radiologique est de l'ordre de 250 à 500 000 U. I. par gramme de produit dissous dans l'alcool.

Ce résultat confirme la possibilité d'obtenir sans irradiation des produits doués d'une notable activité antirachitique; notre corps ne saurait être soufré puisque, à partir du bi-cholestadiène, l'activation finale ne comporte l'emploi d'aucun réactif renfermant du soufre.

(²) *Voir* un Mémoire à paraître au *Bulletin de la Société chimique de France.*

En résumé, il est facile de préparer, à partir de la simple réaction de Salkowski sur le cholestérol et avec un rendement d'environ 20 %, un carbure de haut poids moléculaire, directement activable, sans réactif soufré, en produit fortement antirachitique. L'étude de cette activation est actuellement poursuivie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Croissance d'une souche d'*Escherichia coli (¹) *en présence des couples : acide fumarique-acide maléique, acide fumarique acide succinique, glucose-acide succinique.* Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons observé, au cours d'un précédent travail (²), que l'acide fumarique (isomère *trans*) peut convenir comme source de carbone pour diverses espèces bactériennes, alors que l'acide maléique (isomère *cis*), non seulement ne convient pas, mais possède une action empêchante.

Utilisant l'acide fumarique comme source de carbone, dans notre milieu synthétique habituel (³), nous avons étudié l'action de l'acide maléique sur la croissance d'une souche *Escherichia coli* Monod dans ce milieu.

Les résultats montrent que l'acide maléique exerce une action empêchante qui va en s'accentuant quand on augmente les proportions de ce corps par rapport à une même quantité d'acide fumarique; on peut même arrêter ainsi complètement la croissance.

Les quantités d'acide maléique utilisées ont varié de 0,01 à $110^{mg}$ dans $20^{cm^3}$ de notre milieu contenant $30^{mg}$ d'acide fumarique.

Les courbes que nous présentons ici, réalisées en densités optiques en fonction du temps, illustrent ce phénomène en mettant en évidence des temps de latence de plus en plus longs ou des croissances de moins en moins élevées obtenues par la présence d'acide maléique dans le milieu.

Nous avons également opéré dans les mêmes conditions avec l'acide succinique et nous avons constaté que ce dernier corps n'empêchait nullement la croissance de notre souche *Escherichia coli* Monod dans les cas où la source de carbone utilisée était constituée par du glucose ou de l'acide fumarique, mais s'est montré lui-même une très bonne source de carbone pour les bactéries envisagées.

Le fait que l'acide succinique se révèle être (comme l'acide fumarique) une

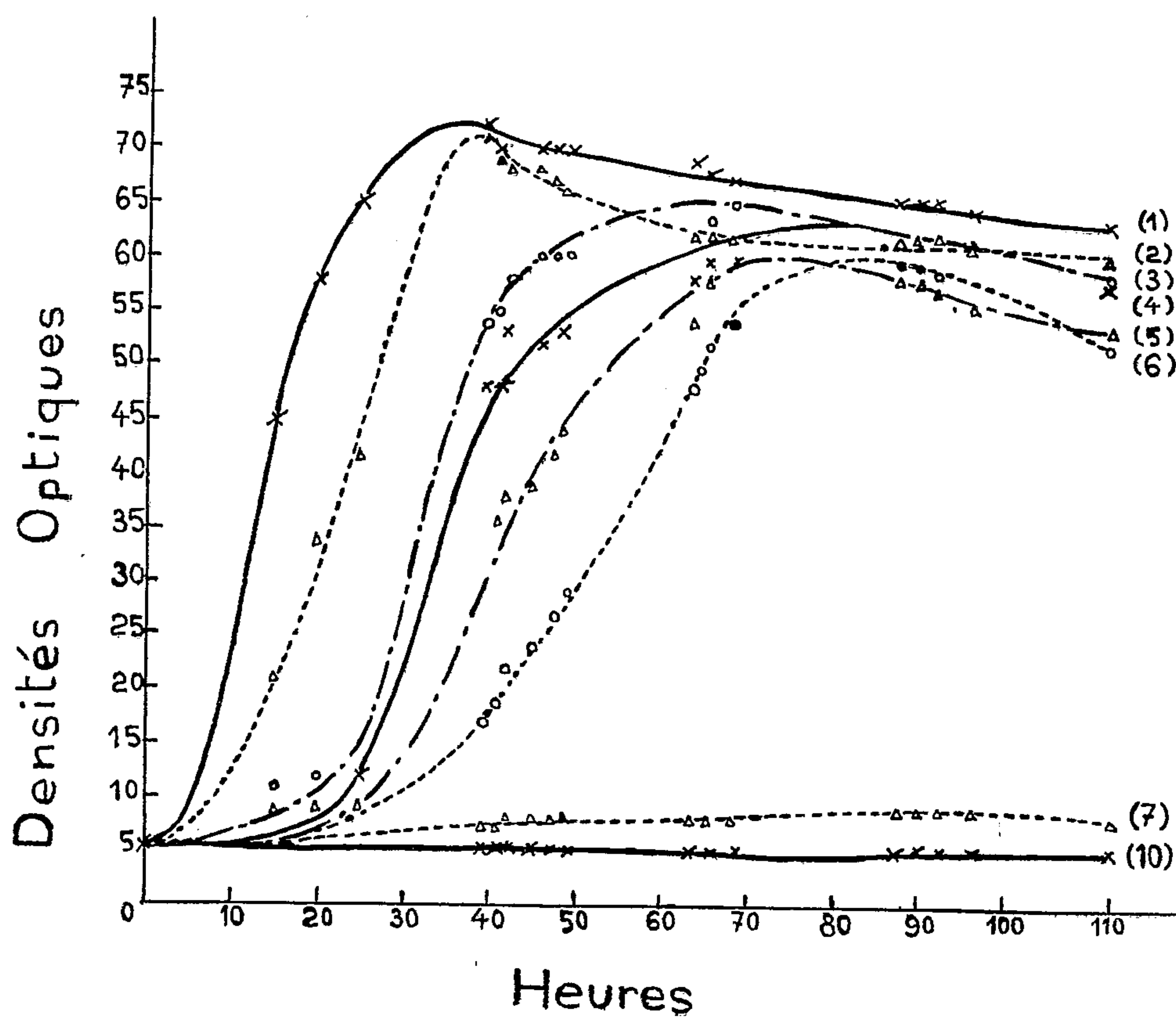
---

(¹) Souche de l'Institut Pasteur de Paris.

(²) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1576.

(³) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst., Pasteur*, **67**, 1941, p. 177.

bonne source de carbone, alors que l'acide maléique se montre empêchant, laisse à supposer que la simple liaison entre les groupes $CH_2$, permet une




Courbe (1). Témoin glucose 30mg dans 20 cm³ de milieu synthétique.
Courbe (2). Témoin acide fumarique 30mg dans 20 cm³ de milieu synthétique.
Courbe (3) comme pour la courbe (2) plus 0mg,01 d'acide maléique.
Courbe (4) » » 0mg,1 »
Courbe (5) » » 1mg »
Courbe (6) » » 10mg »
Courbe (7) » » 20mg »
Courbe (10) » » 60mg »

mobilité conduisant à une orientation favorable semblable à celle de l'acide fumarique.

PHARMACODYNAMIE. — *L'existence de groupements fonctionnels dans la musculature intestinale, révélée par l'analyse de variance.* Note de M. **Ivan Bertrand**, Mme **Thérèse Gayet-Hallion** et Mlle **Denise Quivy**, présentée par M. Léon Binet.

Bien que, théoriquement, il ne puisse y avoir aucune assimilation entre les réponses *quantales*, qui font l'objet des études de toxicité, et les réponses

*graduées* rencontrées dans de nombreux essais biologiques, certains auteurs [Chen (1), nous-mêmes (2) et J.-L. Perrot (3)] ont considéré un organe tel que l'intestin comme formé d'une population d'unités biologiques; dans cette conception, les réponse graduées d'un segment intestinal résultent de l'intégration des réponses élémentaires, à caractère quantal, fournies par les diverses unités anatomiques.

Dans une série d'expériences effectuées sur l'intestin du Cobaye avec le dérivé di-iodé de la saligénine (2), nous avons cherché à évaluer les poids respectifs de nos observations, en admettant que le nombre d'unités biologiques mises en jeu était proportionnel à la hauteur de la contraction témoin. Malheureusement, en utilisant l'analyse des probits pour le traitement des données, il est impossible d'évaluer la variance du coefficient de régression obtenu pour le diagramme effet/log dose; cette variance $V(b)$ est en effet directement proportionnelle à la grandeur de l'unité L, choisie pour mesurer l'amplitude de la contraction.

Par contre, en appliquant la méthode des pourcentages aux mêmes données expérimentales, on détermine, à l'aide des formules classiques, le coefficient de régression $\beta$ et la variance $V(\beta)$ correspondante. Il est facile de voir que les dimensions de cette variance sont

$$V(\beta) = [x^{-2}],$$

c'est-à-dire que l'unité de mesure adoptée pour la contraction témoin n'intervient pas.

Si l'on a soin d'éliminer les points expérimentaux excentriques, c'est-à-dire ceux dont le probit est extérieur à l'intervalle (4-6), on obtient constamment pour le rapport $\beta/b$ une valeur voisine de 37 (4); il en est donc de même pour le rapport des erreurs-types correspondantes $\sigma_\beta/\sigma_b$.

Nous pouvons réduire dans la même proportion $\beta$ et son erreur-type $\sigma_\beta$, de façon que le nouveau coefficient $\beta'$, ainsi réduit en probits, soit égal à $b$. Il est alors facile de comparer les deux variances $V(b)$ et $V(\beta)$; l'une réelle $V(\beta')$, l'autre $V(b)$ ajustable suivant l'unité de longueur $L$ choisie pour la mesure des contractions.

Dans le calcul des probits, les dimensions de la variance sont

$$V(b) = [Lx^{-2}];$$

---

(1) G. Chen, C. R. Ensor et I. G. Clarke, *J. Pharmacology*, **92**, 1948, p. 90-97.

(2) Ivan Bertrand, Th. Gayet-Hallion et D. Quivy, *Arch. int. Pharmacodyn.*, **82** 1950, p. 477-493.

(3) *J. Physiologie*, **42**, 1950, p. 697-699.

(4) Ivan Bertrand, D. Quivy et Th. Gayet-Hallion, *Arch. int. Pharmacodyn.*, 1951, sous presse.

c'est-à-dire que, l'unité pondérale ne variant pas, pour un même ensemble de données, $V(b)$ sera directement proportionnelle à l'unité de longueur L adoptée pour la mesure des contractions. Le calcul préalable de $V(b)$ ayant été fait en utilisant le millimètre, le nombre d'unités fonctionnelles effectivement mises en jeu par « millimètre de contraction » correspond au rapport des variances $V(b)/V(\beta')$.

Dans nos trois groupes d'expériences, ce rapport était de 1,58, 2,74 et 3,92; l'amplitude maximum des contractions étant respectivement de 40, 49 et $32^{mm}$.

On peut donc envisager, par segment, dans chaque série d'expériences, une moyenne de 63, 134 et 125 unités biologiques.

Il est ainsi possible, par la comparaison des variances, d'obtenir une évaluation du nombre d'unités anatomiques ou fonctionnelles mises en jeu dans nos expériences successives. Il ne s'agit certainement pas là d'unités cellulaires : une numération basée sur des coupes histologiques montre que 6 à 10 millions de fibres lisses entrent dans la constitution des segments étudiés.

Comme nous ne sommes pas très éloignés de la contraction maximale, on est amené à concevoir l'existence de vastes unités ou groupements fonctionnels, analogues aux « pools » neuro-musculaires déjà envisagés par Sherrington *et al.* (5) dans le fonctionnement spinal. Ces groupements ne semblent pas avoir été signalés pour les fibres musculaires lisses. Le rôle intégrateur joué par les plexus sympathiques paraît extrêmement marqué; il a pour effet d'augmenter dans des proportions considérables la variance des réponses vis-à-vis d'un même agent.

La séance est levée à $16^h5^m$.

L. B.

---

(5) *Reflex activity of the spinal cord.*, Oxford 1932, (en collaboration avec R. S. Creed, D. Denny-Brow, J. C. Eccles et E. G. T. Liddell).

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 3 janvier 1951.)

Note présentée le 18 décembre 1950, de M^lle^ *Cécile Stora*, Sur l'influence théorique, en faisceau divergent, de la géométrie du dispositif expérimental sur la formation des raies de Debye-Scherrer :

Page 84, *remplacer la formule du bas de la page par la suivante :*

$$2\omega = 2\theta_1 - 2\theta = \psi + \arc\sin\frac{\rho a}{R}\left\{\cos 2\theta \sin(\psi - \delta) \pm \sin 2\theta \sqrt{1 - \frac{a^2}{\rho^2}\sin^2(\psi - \delta)}\right\}.$$

Page 85, 5e ligne, *remplacer la formule par la suivante :*

$$[R(2\omega') - (R + a\cos 2\theta)\psi']^2 + (a^2\psi'^2 - \rho^2)\sin^2 2\theta = 0.$$

(*Comptes rendus* du 5 février 1951.)

Note présentée le même jour, de M^lle^ *Madeleine Friant* et M. *John Perry*, Morphologie du cerveau d'un fœtus d'Éléphant (*Loxodonta africana* Blum.) :

Page 560, 3e ligne en remontant, *au lieu de* le 18 janvier 1940, *lire* le 18 janvier 1950.

Note présentée le 29 janvier 1951, de M. *Henri Cabannes*, Étude de la courbure au sommet de l'onde attachée dans un écoulement de révolution :

Page 483, 3e ligne, *au lieu de* $R u_0(\theta_s) - 2\mathcal{R} v_1(\theta_s) = 0$, *lire* $3 R u_0(\theta_s) - 2\mathcal{R} v_1(\theta_s) = 0$.

» » 8e ligne, *au lieu de* $M_0 \leq M < M^{**}$, *lire* $M_0 \leq M < M^*$.

» » 22e ligne, *au lieu de* $\mu^2(2 - \mu^2)\operatorname{cotg}\theta_w$, *lire* $\mu^2(2 - \mu^2)\operatorname{cotg}^2\theta_w$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 19 MARS 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.


## MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **JOSÉ LUIS MASSERA**, Professeur à l'Université de Montevideo, qui assiste à la séance.

M. le **PRÉSIDENT** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 28 au lieu du lundi 26.

### CHIMIE ORGANIQUE. — *Indènes et indanes triphénylés.*
Note (*) de MM. **CHARLES DUFRAISSE** et **MICHEL VAILLANT**.

On montre que la déshydratation du triphényl-1.2.2 indanol-1 conduit par transposition au triphényl-1.1.2 indène. Les corps obtenus dans ce travail sont : l'éther méthylique du triphényl-1.2.2 indanol-1, le triphényl-1.1.2 indane, le dérivé époxy du triphényl-1.1.2 indène et l'acide benzopinacolone orthocarboxylique. Au passage, on rectifie certaines constitutions trouvées dans la littérature.

Le diphényl-2.2 isoindène, I, et ses dérivés possèdent une structure orthoquinonique qui nous attire parce que nous la supposons douée de la propriété de former des photooxydes.

En vue de préparer dans cette série l'isoindène portant un troisième phényle, II, on a déshydraté le triphényl-1.2.2 indanol-1, V, antérieurement décrit (1). Quels que soient les procédés employés ($ZnCl_2$, $KHSO_4$, HBr), on n'obtient qu'un seul hydrocarbure. En particulier, par action de l'acide bromhydrique en solution acétique, à température ambiante, le rendement est sensiblement quantitatif : par chromatographie, on n'isole qu'une quantité négligeable de résines incristallisables. Mais ce produit n'est pas le triphé-

(*) Séance du 12 mars 1951.

(1) M. VAILLANT, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 762.

nyl-1.2.2 isoindène espéré, II; on démontrera à la fin de la présente Note que c'est le triphényl-1.1.2 indène, IX, corps nouveau, se présentant en parallélépipèdes droits incolores (ligroïne), $C_{27}H_{20}$, ($F_{inst}$ 130°).

Comme il règne une certaine confusion dans les structures de plusieurs indanes et indènes phénylés, on apporte un soin particulier à justifier la constitution proposée. En premier lieu l'indanol initial, V, lui-même, faisait l'objet d'un désaccord déjà signalé [1].

Son éther méthylique, VI, $C_{28}H_{24}O$, a été obtenu par séjour à température ambiante dans du méthanol contenant un peu d'acide fort et par action de l'iodure de méthyle en présence de potasse. C'est un corps incolore, en parallélépipèdes droits (acétone), fondant à 170° par chauffage lent aussi bien qu'instantané.

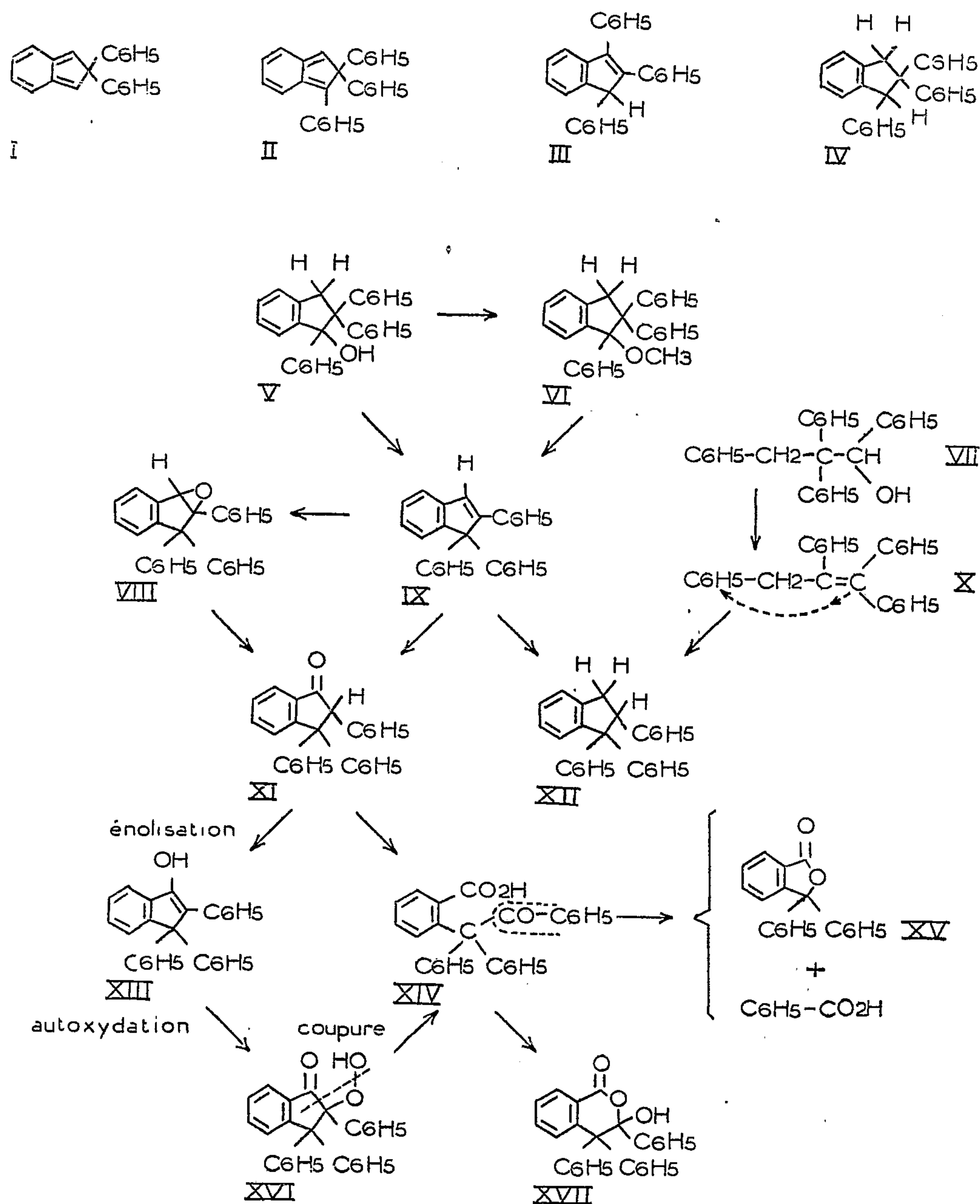
On s'est alors aperçu que cet éther présentait le même point de fusion et presque la même composition centésimale que le triphényl-1.2.2 indanol-1 annoncé par Schlenk [2]. Cet auteur a obtenu son produit dans des conditions apparemment semblables à la préparation de notre indanol [1], mais n'a pu l'isoler qu'après macération prolongée du mélange brut sous méthanol, c'est-à-dire avec les plus grands risques de méthylation, pour peu qu'il s'y fût trouvé une trace d'acide. Le corps donné antérieurement [2] à nos travaux comme triphényl-1.2.2 indanol, $C_{27}H_{22}O$ (F172°), est donc en réalité l'éther méthylique, $C_{28}H_{24}O$, de ce carbinol.

Ajoutons que, par hydrogénation catalytique (nickel Raney) de notre indène, IX, on parvient au triphényl-1.1.2 indane correspondant, XII, $C_{27}H_{22}$. Le composé cristallise en tablettes incolores carrées (ligroïne ou acétone); il présente le phénomène de dimorphisme avec double fusion : la première, instantanée, est à 135°, elle est suivie d'une resolidification, puis d'une deuxième fusion à 140-141°, tandis que, par chauffage lent au bain liquide, on a directement F 140-141°. Ce corps est certainement identique au prétendu triphényl-1.2.2 indane, IV, $C_{27}H_{22}$, de même point de fusion 140°, obtenu par Schlenk [2] en hydrogénant à l'acide iodhydrique le soi-disant carbinol mentionné plus haut, c'est-à-dire, au vrai, l'éther VI. La transposition de l'un des deux phényles géminés en 2 a échappé à l'auteur : elle se produit, comme nous l'avons spécialement vérifié, dès le contact de l'acide iodhydrique avec l'éther VI, aussi bien d'ailleurs qu'avec le carbinol V lui-même. Schlenk, il est vrai, appuie ses conclusions sur une autre synthèse du prétendu indane IV [2] : cyclisation sulfurique du tétraphényl-1.2.2.3 propanol, VII. Mais ce sont les conditions mêmes d'un réarrangement rétropinacolique inévitable, VII $\rightarrow$ X, de sorte que, en réalité, cette synthèse est à citer à l'appui de la formule que nous donnons.

---

(2) *Lieb. Ann.*, 463, 1928, p. 260-261.

Par voie de conséquence, un autre hydrocarbure, donné par Schlenk [3] comme étant le triphényl-1.1.2 indane ($C_{27}H_{22}$) et qui fond dès 83°, ne peut pas avoir la constitution annoncée.




Nous avons maintenant à prouver que la déshydratation de l'indanol V conduit bien au triphényl-1.1.2 indène IX. On a vérifié d'abord, par

(3) *Lieb. Ann.*, 463, 1928, p. 268.

l'épreuve du mélange, que ce carbure n'était pas le triphényl-1.2.3 indène isomère, III, déjà connu ([4]). Puis, par oxydation chromique, on l'a transformé en triphényl-2.3.3 indanone-1, XI, ($F_{inst}$ 198°) que Kœlsch ([5]), puis Gagnon ([6]), ont déjà obtenue d'autres manières, et que l'on a authentifiée par l'épreuve du mélange avec un échantillon préparé suivant la technique de Kœlsch et fondant instantanément à 198° [F 193° (Kœlsch) et 195° (Gagnon)]. Par oxydation permanganique dans l'acétone légèrement acidifiée, on a réussi à isoler un autre produit qui est l'époxy VIII, cristaux incolores en bâtonnets courts (acétone), $C_{27}H_{20}O$, ($F_{inst}$ 201-202°) : il s'isomérise aisément par les acides en l'indanone précédente. Or, jusqu'ici, cette indanone n'a été obtenue qu'en présence de chlorure d'aluminium : craignant l'éventualité de réarrangements, que Kœlsch aussi avait d'ailleurs envisagés, on a jugé utile de confirmer encore cette structure par une voie tout autre. On a appliqué la réaction de scission par autoxydation des cétones énolisables (XI → XIII → XVI → XIV) ([7]). Il suffit d'abandonner une semaine à l'air une solution dans la potasse méthanolique de triphényl-2.3.3 indanone-1, pour recueillir l'acide benzopinacolone orthocarboxylique, XIV, $C_{27}H_{20}O_3$ ($F_{inst}$ 235°).

Restait à fixer la constitution de cet acide. La décarboxylation n'a pas réussi, sans doute parce que le corps est sous la forme pseudo XVII, ou s'y met par la chaleur. Par contre, l'oxydation chromique donne une scission en diphénylphtalide et acide benzoïque, XIV → XV, qui démontre la position géminée juxtanucléaire de deux phényles, caractéristique de la structure en cause.

ENDOCRINOLOGIE. — *Cortisone et gestation chez la Lapine.*

Note de M. **Robert Courrier** et M^me **Andrée Colonge.**

Nous avons étudié autrefois l'influence de la désoxycorticostérone sur la gestation chez la Lapine. Cette substance est capable de remplacer l'hormone du corps jaune, elle permet l'évolution de la grossesse chez la femelle gestante castrée ([1]).

L'Institut national d'Hygiène nous ayant procuré de la cortisone, nous avons recherché l'action de cet autre cortico-stéroïde sur la gestation. La question valait la peine d'être envisagée, car désoxycorticostérone et cortisone

---

([4]) *Voir* entre autres K. Ziegler et E. Crösmann, *Ber.*, 62, 1929, p. 1770.

([5]) *J. Org. Chem.*, 3, 1938, p. 456.

([6]) *Can. J. Research*, 23 B, 1945, p. 194.

([7]) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 253.

([1]) R. Courrier, *Endocrinologie de la Gestation*, Paris, Masson, 1945, p. 302.

peuvent avoir des propriétés très différentes. En outre, la cortisone exerce une action pernicieuse sur le conjonctif, elle altère les fibroblastes, elle s'oppose à la formation du collagène et du tissu de granulation, elle ralentit la cicatrisation des plaies. On vient de signaler aussi que cette hormone retarde nettement la croissance des rats et des poussins ([2]).

Jusqu'à présent, les données qui concernent l'influence de la cortisone sur le tractus génital sont fragmentaires et contradictoires : certains auteurs décrivent une légère action nocive chez le mâle et chez la femelle ; d'autres affirment l'absence de toute action. N'ayant trouvé aucun travail au sujet de la gestation, nous avons effectué quelques expériences au cours des trois derniers mois. Nous en apportons les résultats.

Le produit utilisé est une suspension d'acétate de cortisone préparée par Merck aux États-Unis. Nous l'avons administré en injection sous-cutanée à des lapines gestantes à la dose quotidienne de 25$^{mg}$ d'acétate dans 1$^{cm^3}$ de l'excipient.

| Lapines n°. | Durée du traitement au cours de la gestation. | Résultats. |
|---|---|---|
| 35... | du 10$^e$ au 14$^e$ jour | le 17$^e$ jour, on trouve dans les cornes utérines 4 fœtus vivants de taille normale et 4 résorptions. |
| 40... | du 10$^e$ au 15$^e$ jour | le 16$^e$ jour, on trouve dans les cornes 8 fœtus vivants de taille normale, mais leurs placentas sont pâles. |
| 38... | du 11$^e$ au 18$^e$ jour | le 19$^e$ jour, on trouve dans les cornes 2 fœtus vivants de petite taille (20$^{mm}$ au lieu de 26). On ne voit pas de résorption. |
| 34... | du 10$^e$ au 14$^e$ jour et du 17$^e$ au 20$^e$ jour | le 21$^e$ jour, la gestation est totalement interrompue. On trouve un magma de dégénérescence dans les cornes utérines et le vagin. |
| 36... | du 15$^e$ au 20$^e$ jour | le 21$^e$ jour, la femelle avorte et rejette des placentas. A l'autopsie, les cornes utérines sont vides. Les corps jaunes ovariens sont petits et pâles. |
| 43... | du 15$^e$ au 22$^e$ jour | le 23$^e$ jour, la femelle présente une hémorragie utérine. A l'autopsie, on trouve dans les cornes 7 fœtus macérés de taille comprise entre 15 et 38$^{mm}$ (la taille normale au 23$^e$ jour est d'environ 54$^{mm}$). Les mamelles renferment du lait. |
| 60... | du 16$^e$ au 23$^e$ jour | le 24$^e$ jour, la femelle présente une hémorragie utérine. A l'autopsie, on trouve dans les cornes 7 fœtus macérés (de taille comprise entre 18 et 44$^{mm}$), et 2 fœtus dont le cœur bat encore, mais faiblement ; leur taille est petite (56$^{mm}$ au lieu de 62) et leurs placentas sont pâles. |

([2]) La bibliographie de ces résultats récents se trouve longuement citée dans la revue importante de D. J. Ingle, *J. of clinical endocrinology*, **10**, 1950, p. 1312.

*En conclusion*, les résultats obtenus permettent d'affirmer que la préparation de cortisone, telle que nous l'avons utilisée, peut retentir sur la gestation de la Lapine d'une manière nocive. Cette action paraît surtout nette quand on intervient à partir du 15ᵉ jour de la grossesse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'hydrogénation sélective de cétones éthyléniques au moyen des nickels de Raney.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert, Claude Kaziz** et **Philippe Thomas**.

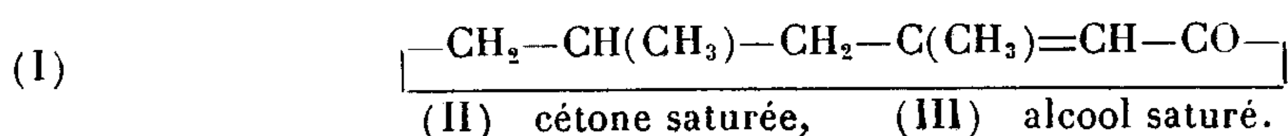
Les auteurs n'ont pas encore réussi à entraver totalement la production d'alcool saturé, mais seulement à en ralentir considérablement la génération. A ce point de vue ils ont trouvé un quatrième type de catalyseur de Raney qui donne les mêmes résultats que les catalyseurs « chloroformés », carboniques ou enflammés.

Dans de précédentes Notes il a été relaté [1], [2] que les nickels de Raney travaillant en présence d'une petite quantité de chloroforme, transforment sélectivement la benzylidèneacétone en benzylacétone. De plus il a été établi [2] que la différence des vitesses d'hydrogénation de la liaison double et du carbonyle de la benzylidèneacétone est d'autant plus marquée que le catalyseur est plus lavé. Finalement l'un de nous et J. Phélisse ont obtenu des catalyseurs très sélectifs en procédant à 12 lavages à l'eau (catalyseurs dénommés C 12-20 ou C 12-50 suivant qu'ils sont issus d'alliages à 20 ou à 50 % de nickel). Ce sont ces catalyseurs qui, sauf indication contraire, ont été utilisés dans les études ici décrites.

I(Cl.K). — Des essais ont été conduits avec la cétone I (15ᵍ, nickel de 30ᵍ d'alliage AN 20, 100$^{cm^3}$ d'alcool à 95); ils ont été arrêtés à la fixation de $H_2$ et ont fait connaître les résultats suivants :

1° *Sans chloroforme* (catalyseurs C 12-20).

*a.* On trouve de 1,3 à 3,3 % d'alcool III en faisant passer la quantité d'alliage AN 20 de 30 à 3ᵍ, le rendement en cétone saturée II restant d'environ 95 % (d'après la quantité de combinaison bisulfitique isolée).

(I) 

$$-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-C(CH_3)=CH-CO-$$

(II) cétone saturée, (III) alcool saturé.

La sélectivité spontanée est donc considérable [3]; elle se maintient au cours du vieillissement du catalyseur. En effet le travail d'un catalyseur C 12-20 ayant hydrogéné totalement 7 charges successives de 15ᵍ, a été interrompu

(*) Séance du 12 mars 1951.

[1] R. Cornubert et J. Phélisse, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1131.

[2] R. Cornubert et J. Phélisse, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 460.

[3] Si l'on continue l'hydrogénation au delà de 1 $H_2$ l'opération se poursuit rapidement, mais moins vivement que dans la première phase.

lors de la 8<sup>e</sup> opération à la fixation de 1 $H_2$; il a été alors trouvé un rendement en alcool III d'environ 3 %. La sélectivité reste donc pratiquement constante; or la fixation de $H_2$ a duré 123 minutes lors de la 8[e] opération contre 18 lors de la première.

*b.* L'acide formique a freiné l'hydrogénation au même degré que l'acide chlorhydrique tandis que l'acide acétique a eu une influence nettement moins marquée (quantité d'acide : 3-100 mol. gr.).

*c.* L'influence des bases organiques (3-100 mol/gr) a été également étudiée; la triéthylamine a ralenti légèrement l'hydrogénation de la double liaison et accéléré la réduction du CO; par contre, et ceci dans l'ordre suivant, la diéthylamine, la monoéthylamine, la pipéridine et surtout la pyridine, ont de plus en plus ralenti les deux phénomènes, mais ces bases ne s'inscrivent pas dans l'ordre décroissant de leurs constantes d'affinité.

*d.* La soude et l'eau ont donné lieu aux observations suivantes qui montrent leurs rôles respectifs (volume total de solution : 100$^{cm^3}$).

| | | | | | Fixation de | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C $x$/20. | Alcool. | NaOH dans (g). | Eau (cm³). | | 1 $H_2$ (min). | 2 $H_2$ (min). |
| $x$ = 12 | 95° | – | – | | 30 | 510 |
| 12 | 95 | 0,12 | 1,3 | | 18 | 146 |
| 12 | 95 | 0,28 | 3 | optimum | 22 | 80 |
| 12 | absolu | 0,12 | – | | 18 | 290 |
| 12 | 80 % | – | – | | 40 | 410 |
| 1 | 95° | – | – | | 17 | 134 |

2. *En présence de chloroforme.* — Avec des catalyseurs issus soit de 30$^g$ d'alliage AN 20, soit de 12$^g$ d'alliage AN 50, le rendement en alcool III n'a pu être abaissé au-dessous de 2,5 % lors de la fixation de 1 $H_2$, l'opération étant d'autant plus ralentie que la quantité de chloroforme employée a été plus grande. Avec 2$^g$,8 de chloroforme il a fallu 5 jours effectifs pour fixer 1 $H_2$ et le rendement en alcool III a été précisément de 2,5 %. La poursuite de l'opération au delà de 1 $H_2$, a révélé une hydrogénation considérablement plus lente.

En résumé il n'a jamais été possible d'entraver totalement la formation de l'alcool III.

II. (Ph. T.). — Cette impossibilité nous a fait reprendre l'hydrogénation sélective de la benzylidèneacétone, mais sur 30$^g$ au lieu de 2. A la fixation de 1 $H_2$, le benzylisopropanol a été caractérisé pour 3-4 % à côté de 94 % de benzylacétone (d'après la combinaison bisulfitique isolée) si l'on opère sans chloroforme, et pour 2 % au minimum si l'on travaille en présence de celui-ci; mais si, dans ce dernier cas, on dépasse la fixation de 1 $H_2$, on observe une montée infiniment lente de la proportion de benzylisopropanol, montée d'autant plus lente que la teneur en chloroforme est plus forte (Ex. : matière 30$^g$,

catalyseur de 30g AN20, alcool 100$^{cm^3}$, $CHCl_3$ : 0$^{cm^3}$,7 : fixation de 4900$^{cm^3}$ d'hydrogène en 1h 13m (1 $H_2$) faisant caractériser 2 % de benzylisopropanol, puis de 300 nouveaux centimètres cubes d'hydrogène seulement en 17 nouvelles heures faisant alors déceler 4 % d'alcool). Le chloroforme fonctionne donc à la manière d'un organe régulateur qui ne permettrait plus que l'admission d'une très faible quantité d'hydrogène.

De plus nous avons observé que si des nickels C 12-20 sont conservés sous eau distillée pendant des temps croissants, ils commencent par n'éprouver qu'une très légère modification de leurs propriétés hydrogénantes pour aboutir (essai 5) à une courbe présentant une brisure très marquée à la fixation de 1 $H_2$, brisure tout à fait comparable à celle fournie par un nickel fortement chloroformé :

| N° | Durée de séjour sous l'eau. | Fixation de 1 $H_2$ (min). | 2 $H_2$ |
|---|---|---|---|
| 1....... | 0 | 25 | 8 h 30 min |
| 2....... | 41 h | 32 | 7 |
| 3....... | 83 | 37 | 7 |
| 4....... | 10 j 1/2 | 44 | 7 h 30 min |
| 5....... | 28 j 1/2 | 47 | 4 j |

De plus, avec les essais 2 à 4, tout comme lors de l'addition de triéthylamine ou d'une solution aqueuse de soude, on note un ralentissement de l'hydrogénation de la liaison double et une accélération de celle du carbonyle.

En augmentant encore le temps de séjour sous l'eau, et surtout en employant l'alliage AN 50, nous espérons atteindre des catalyseurs de Raney n'ayant plus qu'une activité vraiment négligeable vis-à-vis du CO et qui pourraient remplacer les nickels formiques pour des hydrogénations rigoureusement sélectives d'une liaison double, car ces nickels formiques, qui travaillent assez lentement, ne sont pas activables à la soude.

EMBRYOLOGIE. — *Sur les relations entre la brachymelie et l'expression de la polydactylie chez l'embryon de Poule.* Note de MM. **Paul Ancel** et **Jean Courtial.**

Les travaux de divers auteurs ont montré que la fréquence de la polydactylie chez les embryons issus du croisement de Poules appartenant à une race à quatre orteils avec un mâle de race polydactyle peut être diminuée par l'incubation des œufs à des températures basses (Sturkie [1], Warren [2], Ancel et Courtial [3] ou des substances chimiques (Gabriel [4]),

(1) *J. exper. zool.*, **93**, 1943, p. 225.
(2) *Genetics*, **29**, 1944, p. 216.
(3) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1921.
(4) *J. exper. zool.*, **101**, 1945, p. 339.

Landauer [5], Ancel et Courtial [3], l'intensité de l'action de ces facteurs physiques ou chimiques étant variable avec les croisements utilisés. On sait, d'autre part, que de mauvaises conditions d'élevage ou des carences alimentaires en substances déterminées (protéines, manganèse, biotine) peuvent conditionner la brachymélie chez les embryons de Poule.

Certains résultats de nos expériences, que nous allons rapporter, montrent l'existence d'une relation entre l'apparition de la brachymélie et l'expression de la polydactylie.

Ces expériences ont été faites avec des œufs de Leghorn blanches (4 orteils) croisées avec un mâle de race Faverolle (5 orteils). Les animaux étaient placés dans des conditions d'élevage défectueuses antérieurement précisées [6]. Entre la 48e et la 72e heure de l'incubation, une fenêtre était ouverte dans la coquille après prélèvement de 2 $^{cm^3}$ cube d'albumine puis obturée par une lame de verre lutée à la paraffine. Les statistiques n'ont porté que sur des embryons ayant dépassé le huitième jour de l'incubation, celle-ci étant faite à la température de 37°,5.

178 embryons ont été ainsi examinés. Ils ont été rangés au point de vue de la polydactylie en trois catégories : 1° Ceux qui ont 2 pattes polydactyles (polydactiles bilatéraux); 2° Ceux qui n'ont que 1 patte polydactyle (hétérodactyles); 3° Ceux qui ont 4 orteils à chacune des 2 pattes (non polydactyles). Les proportions suivantes ont été trouvées : Polydactyles bilatéraux 136 (76,4 %), hétérodactyles 17 (9,5 %); non polydactyles 25 (14 %).

Le degré de l'action des mauvaises conditions d'élevage sur l'expression de la polydactylie ressort de la comparaison de ces résultats avec ceux donnés par des œufs provenant du même élevage installé dans des conditions normales. La coquille de ces œufs a été munie d'une fenêtre entre la 48e et la 60e heure, comme dans les expériences précédentes puis ils ont été ou non soumis à l'action des facteurs physique ou chimique :

1. *Témoins-incubation à* 37°,5. — Polydactyles bilatéraux 83,5% hétérodactyles 13,7 %; non polydactyles 2,5 %.

2. *Incubation à* 34°5. — Polydactyles bilatéraux 43,4 %; hétérodactyles 29,5 %, non polydactyles 25 %.

3. *Embryons traités par la colchicine.* — A la 48e heure de l'incubation et incubés à la température de 37°5 : Polydactyles bilatéraux 53,3 %; hétérodactyles 11,4 %; non polydactyles 35,2 %.

Une statistique portant sur les non polydactyles bilatéraux donne : pour les témoins 16 %; pour les œufs incubés à basse température 54 %; pour les œufs traités à la colchicine 46 % et pour les embryons provenant

(5) *Genetics*, **33**, 1948, p. 133.

(6) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1390.

d'œufs de poules soumises à des conditions défectueuses d'élevage 29 %. L'action des basses températures et celle de la colchicine apparaissent donc supérieures à celle de l'élevage défectueux.

Un certain nombre des embryons provenant de cet élevage ont présenté de la brachymélie compliquée, dans certains cas de malformations du bec, et même de gueule de loup. Une statistique concernant la brachymélie a été faite à partir du moment où cette malformation est apparue. L'absence de la polydactylie a été observée chez des embryons non brachymèles et la brachymélie chez des embryons polydactyles uni ou bilatéraux, mais la fréquence avec laquelle on a rencontré la brachymélie est beaucoup plus grande chez les non polydactyles que chez les polydactyles bilatéraux et intermédiaire chez les hétérodactyles.

Le nombre total des brachymèles a été en effet de 44. Ils se répartissent comme suit : 18 chez les polydactyles bilatéraux, 6 chez les hétérodactyles et 20 chez les non polydactyles. Ces chiffres mettent en évidence une relation entre la brachymélie et la non apparition de la polydactylie. La proportion des brachymèles chez les polydactyles bilatéraux est en effet de 13,2 % (18 sur 136), de 35,3 % chez les hétérodactyles (6 sur 17), et de 80 % chez les non polydactyles (20 sur 25). Le trouble du développement responsable de la brachymélie apparaît donc lié à celui qui empêche l'apparition de la polydactylie.

*Conclusions.* — Les mauvaises conditions d'élevage peuvent modifier l'expression de la polydactylie au même titre que certains agents physiques ou chimiques.

L'absence de la polydactylie est apparue beaucoup plus fréquemment chez les embryons brachymèles que chez ceux qui ne présentaient pas cette malformation.

BIOLOGIE. — *Évolution du mésoderme cœloblastique chez la trochophore d'un Echiurien indochinois.* Note (*) de M. **Constantin Dawydoff.**

En 1930, j'ai publié (¹) quelques résultats sommaires de mes recherches faites en Indochine (eaux du Sud-Annam) sur une trochophore d'un Echiurien. En me basant sur le fait que cette trochophore même aux stades très avancés de son évolution n'a présenté aucune trace des soies ventrales, réglementaires pour les trochophores des Echiuriens qui en possèdent à l'état adulte (*Echiurus, Thalassema*), je suppose qu'elle appartient à une forme dépourvue à l'état adulte de l'appareil sétifère antéroventral. Il

(*) Séance du 12 mars 1951.

(¹) *Bull. Soc. Zoo. France*, 60, p. 86.

s'agit peut-être de quelque espèce du genre *Urechis* (notons qu'*Urechis unicinctus* est un Echiurien le plus répandu dans les mers du Japon).

Le premier lot des larves est tombé entre mes mains en 1929. Depuis cette date j'ai eu l'occasion de les rencontrer à plusieurs reprises (parfois en quantité prodigieuse) dans les mêmes parages, de telle sorte que j'ai recueilli un matériel considérable. Ce matériel contenant plusieurs stades de l'évolution de la larve en question et de sa métamorphose est resté jusqu'ici non étudié, et c'est seulement tout récemment que j'ai eu l'occasion de m'en occuper.

Le premier but que je me suis proposé en vue d'étudier la trochophore qui nous occupe c'est le mode de l'évolution de son mésoderme cœloblastique : une des questions les plus discutées de l'ontogenèse des Echiuriens. Dans ma Note précédente, j'ai décrit chez la jeune larve indochinoise deux gros téloblastes mésodermiques. J'ai pu suivre leur évolution et j'ai constaté que ces deux initiales du cœloblaste donnent les bandelettes mésodermiques qui finalement se métamérisent. En considérant que ces observations (ainsi que celles de Hatschek et de Salensky) se trouvent en opposition avec une assertion formelle de Baltzer sur l'absence totale de la segmentation dans les dérivés du cœloblaste chez la larve d'*Echiurus abyssalis*, j'ai entrepris une révision complète de cette partie de mes anciennes recherches. Or, je dois constater que cette nouvelle série d'études, tout en introduisant quelques rectifications dans mes observations faites sur place (*in vitro*), les confirme dans leurs grandes lignes sur tous les points. La conclusion subsiste que dans la trochophore d'Echiurien indochinois, prête à se métamorphoser, les bandelettes mésodermiques subissent une métamérisation. Mais il n'est pas moins vrai que *cette métamérisation, extérieurement très nette, n'est pas complète*. Elle ne conduit pas à la transformation de chaque bandelette en une rangée de somites complètement individualisés l'un de l'autre. Si dans certains cas cette individualisation a lieu (surtout dans la partie distale, antérieure, de chaque bande en question), les somites ainsi formés ne tardent pas à se souder entre eux. Quoiqu'il en soit, la métamérisation extérieure des formations structurales qui nous occupent, persiste quelque temps et même se traduit par la formation sur la surface de l'hyposphère de la larve des rainures circulaires correspondantes. Puis cette segmentation disparaît.

Passons au cœlome. D'après mes observations les cavités cœlomiques qui apparaissent dans les deux bandelettes cœloblastiques ne montrent initialement aucune trace de segmentation. Chaque cavité cœlomique creusée au sein de chacune de ces bandelettes, primitivement massives, se présente comme une large fissure continue, totalement dépourvue de dissépiments. Mais chez la trochophore âgée qui commence sa métamorphose *décisive* (au cours de toute la durée de son existence libre la larve

nageante améliore progressivement son organisation en la rapprochant de celle de l'animal adulte), cet état de chose change : *chacun des antimères de l'appareil cœlomique se subdivise en une série de compartiments arrangés en pile.* Cependant, il faut noter qu'ici aussi la métamérisation est loin d'être complète. Le processus se réduit à un simple plissage simultané de la paroi somatopleurale (la splanchnopleure ne participe à ce phénomène que d'une façon très limitée et même plus ou moins occasionnelle). Or, les duplicatures pariétales circulaires, n'atteignant que rarement le revêtement splanchnique du tube digestif, les dissépiments restent nécessairement rudimentaires, ou, en tous cas, incomplets, et le processus n'aboutit pas à la transformation de la cavité cœlomique en chambres bien individualisées.

Il importe de noter que les deux sacs cœlomiques restent parfaitement clos et cela jusqu'aux stades les plus avancés que j'ai observé. J'insiste sur ce fait qui est en contradiction avec les observations de Baltzer, selon lesquelles chez *Echiurus* de la Méditerranée (*E. abyssalis*) les cavités cœlomiques se trouvent en communication très large avec la cavité primaire (blastocœlienne) de la larve.

Pour conclure, nous voudrions mettre en relief les frappantes ressemblances que présentent les processus que nous venons de décrire avec les phénomènes analogues connus chez certains Annélides. Ainsi, P. P. Iwanoff (1928) a constaté que chez certains Polychètes seuls les segments de la région postérieure de l'hyposphère de la larve produisent leurs métamères cœlomiques par la voie normale, classique, c'est-à-dire, sériairement, l'un après l'autre, par une sorte de bourgeonnement du matériel cœloblastique localisé en avant du pygidium, dans une zone de prolifération (zone de croissance). En ce qui concerne les cœlomes des segments les plus antérieurs, ceux qu'Iwanoff désigne sous le nom de *segments larvaires*, (par opposition aux segments postérieurs, appelés *post-larvaires* ou *imaginaux*), leur métamérisation suit une voie originale qui rappelle singulièrement celle que nous avons observée chez la larve de l'Echiure indochinois. En effet, d'après Iwanoff, le processus se caractérise par les faits suivants : 1° la métamérisation est synchrone ; 2° elle s'effectue par un plissage ; et 3° elle est parfois incomplète.

En nous basant sur ce parallélisme il nous semble permis de poser la question suivante : n'est-il pas légitime d'envisager la région thoracique d'un Echiurien comme un ensemble des segments larvaires d'un Polychète et le considérer comme un Annélide totalement dépourvu de segments imaginaux ?

Au nom de l'**Institut international de Chimie Solvay** au Comité scientifique duquel il appartient, M. **Paul Pascal** présente le compte rendu du

huitième Conseil de Chimie tenu à Bruxelles, en septembre 1950. Le thème des Rapports et des Discussions qui ont suivi était consacré au « Mécanisme de l'oxydation ». Douze rapporteurs ont présenté l'état de nos connaissances sur l'ensemble des phénomènes de l'oxydation, depuis ceux qui se développent dans les mélanges explosifs jusqu'à ceux qui ont lieu dans la cellule vivante; les mécanismes les plus divers ont été discutés : catalyse proprement dite, rôle des radicaux libres, effets photochimiques, déplacements électroniques.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau le *Volume jubilaire de Jules Bordet*, publié dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

M. **Louis Fage** fait hommage d'un Mémoire intitulé : *Cumacés*, qui forme le volume 54 de *Faune de France*.

## DÉSIGNATIONS.

M. **Paul Portier** est délégué à la Cérémonie d'inauguration de la statue de S. A. S. le Prince **Albert Ier de Monaco**, qui aura lieu à Monaco au mois d'avril 1951.

M. **Roger Heim** est délégué au soixante-dixième Congrès de l'**Association française pour l'avancement des sciences**, qui se tiendra à Tunis, du 9 au 16 mai 1951.

MM. **Jules Rouch**, Correspondant de l'Académie, **Robert Bureau** et **Gaston Grenet** sont adjoints à la délégation précédemment formée pour représenter la France à la IXe Assemblée générale de l'**Union internationale de Géodésie et Géophysique** qui se tiendra à Bruxelles, au mois d'août prochain.

M. **Léon Binet** est délégué au second « **International Gerontological Congress** », qui aura lieu à Saint-Louis, Missouri, en septembre 1951.

## CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la célébration à Calcutta, dans le courant du mois de mars, du soixante-quinzième anniversaire de la fondation de l' « **Indian Association for the cultivation of science** ». Des félicitations seront adressées à cet Organisme.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Problèmes concrets d'analyse fonctionnelle,* par Paul Lévy. Seconde édition des Leçons d'Analyse fonctionnelle. Avec un *complément sur les fonctionnelles analytiques,* par F. Pellegrino.

2° Union internationale pour la protection de la Nature. *Procès-verbaux* et *Comptes rendus de la deuxième Assemblée générale de l'Institution* tenue à Bruxelles, du 18 au 23 octobre 1950.

3° Gr. C. Moisil. *Matricele asociate sistemelor de ecuatii cu derivate partiale, introducere in studiul cercetărilor lui I. N. Loparinschi.*

ALGÈBRE. — *Quelques propriétés arithmétiques dans un demi-groupe demi-réticulé entier* T. Note (*) de M^me^ **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Henri Villat.

T est un ensemble dans lequel sont définies une multiplication associative et une union $\cup$, associative, commutative, idempotente et distribuée à gauche et à droite par la multiplication. Cet ensemble est partiellement ordonné par $a \leqq b \rightleftharpoons a \cup b = b$, ordre qui est conservé par la multiplication à gauche et à droite en vertu de la distributivité. L'hypothèse T « entier » implique l'existence d'un élément unité à gauche et à droite pour la multiplication qui est plus grand élément de T.

On sait [1] que dans un demi-groupe on peut associer à tout élément $a$ deux nombres $m$ et $r$ tels que $a^m = a^{m+qr}$ pour tout entier $q$, $m$ étant le plus petit entier $\alpha$ tel que l'on puisse avoir $a^\alpha = a^\beta$ ($\alpha < \beta$). Ici, T étant entier, $r$ est égal à 1 pour tout $a \in T$ et nous appellerons *exposant* $\alpha$ de $a$ le plus petit entier tel que $a^\alpha = a^{\alpha+1}$, alors $a^\alpha = a^{\alpha+N}$ pour tout N et si $x$ et $y$ sont $\leqq \alpha$, $a^x = a^y$ entraîne $x = y$. Si T satisfait à la règle de simplification, $\alpha$ est infini; $\alpha = 1$ pour un élément idempotent.

Théorème d'unicité. — *Dans* T *deux produits d'éléments couverts par e (maximaux) deux à deux permutables ne peuvent être égaux sans être identiques :*

$$m_1^{\lambda_1} \ldots m_k^{\lambda_k} = m_1'^{\lambda'_1} \ldots m_l'^{\lambda'_l} \quad (\text{avec } 0 < \lambda_i \leqq \alpha_i,\ 0 < \lambda'_i \leqq \alpha'_i,\ \alpha_i \text{ et } \alpha'_i \text{ exposants de } m_i \text{ et } m'_i)$$

entraîne, en indexant convenablement les $m$ et les $m'$, $l = k$, $m_i = m'_i$, $\lambda_i = \lambda'_i$, pour $i = 1, \ldots, k$. On sait, en effet, qu'un élément couvert par $e$ est premier [2]. De $\prod_{j=1}^{k} m_j^{\lambda_j} \leqq m'_i$ résulte, les $m_j$ étant maximaux, qu'il existe un $m_j$ égal à tout

(*) Séance du 12 mars 1951.

(1) D. Rees, *Proceeding of the Cambridge Philosophical Society*, 35, 1940, p. 388.

(2) G. Birkhoff, *Lattice Theory*, 1948, p. 207.

$m'_i$ et inversement. On a donc, en indexant convenablement,

$$m_1^{\lambda_1} \ldots m_k^{\lambda_k} = m_1^{\lambda'_1} \ldots m_k^{\lambda'_k}.$$

Mais, $m_1^{\lambda_1}$ étant premier à $m_2^{\lambda_2} \ldots m_k^{\lambda_k}$, et $m_1^{\lambda_1} m_2^{\lambda_2} \ldots m_k^{\lambda_k}$ étant inférieur où égal à $m_1^{\lambda'_1}$, on a $m_1^{\lambda_1} \leqq m_1^{\lambda'_1}$ et de même $m_1^{\lambda'_1} \leqq m_1^{\lambda_1}$, d'où l'égalité, qui entraîne $\lambda_1 = \lambda'_1$.

Tout élément maximal dans T est indécomposable ($m = ab \rightarrow a = e$, $b = m$ ou $a = m$, $b = e$) ou idempotent. Nous allons donner des conditions moyennant lesquelles tout élément de T est produit fini d'éléments maximaux.

*Remarque I.* — T peut être sous demi-treillis entier d'une infinité de demi-treillis $\mathfrak{T}$ de propriétés différentes. [T étant par exemple sous treillis entier d'un groupe réticulé, on peut l'immerger dans $\mathfrak{T}$ obtenu en adjoignant à T un élément $s \geqq e$ tel que $as = sa = s$ pour tout $a \in$ T. $\mathfrak{T}$ n'est même pas résidué ($e : a$ n'existe pas).] Il est donc indiqué d'étudier les propriétés intrinsèques de T puisque, en général, l'immersion dans un treillis déterminé ne s'impose pas comme dans le cas du treillis des idéaux entiers d'un anneau.

*Remarque II.* — Si le demi-treillis T, où tout élément est produit fini d'éléments maximaux, possède un élément zéro, la représention $o = \Pi m_i^{\lambda_i}$ est unique; on a alors pour tout élément maximal $m : o.m = o = m \Pi m_i^{\lambda_i}$, ce qui exige que $m$ figure parmi les $m_i$ et que $\lambda_i = \alpha_i$. Il n'y a donc qu'un nombre fini d'éléments maximaux N; $o = \prod_{i=1}^{N} m_i^{\alpha_i}$ et la structure de T est très simple : c'est un produit direct d'un nombre fini de chaînes finies.

Appelons $T_{\Phi'}$, $T_F$ et $T_\Phi$ des demi-groupes demi réticulés entiers T satisfaisant à l'une des trois conditions suivantes, où $a$ et $b$ désignent deux éléments de T quelconques, mais comparables, $a \leqq b$ par exemple :

$\Phi'$ : il existe $c \in$ T tel que $a = bc$;

F : $\Phi'$ avec : $c$ est unique;

$\Phi$ : $\Phi'$ avec : $c$ est strictement plus grand que $a$.

On définit de même ${}_{\Phi'}T$, ${}_F T$, et ${}_\Phi T$ en remplaçant $a = bc$ par $a = cb$. F d'un côté est équivalente à $\Phi'$ et la règle de simplification du même côté, et F entraîne $\Phi$.

*Moyennant* $\Phi'$ *d'un côté,* on démontre que, dans T, *tout élément indécomposable est maximal; moyennant* $\Phi$, que *tout élément premier est maximal.* Enfin, *moyennant* F *d'un côté que tous les éléments maximaux sont permutables deux à deux;* F (d'un côté) *est* d'ailleurs *une condition nécessaire et suffisante pour que* T *puisse être immergé dans un groupe réticulé dont il est sous treillis entier.*

Théorème fondamental. — *Dans tout* T, *dont les éléments maximaux éventuels sont deux à deux permutables, la condition nécessaire est suffisante pour que tout élément* ($\neq e$) *soit représentable d'une manière unique en produit fini d'éléments maximaux est que* T *satisfasse à* $\Phi$ *d'un côté et à la condition de chaîne ascendante.* ($T_\Phi$ Noetherien).

$T_\Phi$ *est* alors *commutatif*, réticulé et distributif.

*Cas particuliers.* — 1° Si T satisfait à F, on retrouve le théorème classique de décomposition des groupes réticulés ([3]).

2° Si la multiplication est idempotente, l'exposant de tout élément maximal est 1 ; l'intersection est égale au produit, le treillis est relativement complémenté. On peut dans ce cas particulier remplacer dans le théorème fondamental $\Phi +$ Noetherien par :

*a.* $\Psi$ : Si $a < b$, $a$ et $b \in T$, il existe $m \in T$ maximal tel que $a < m$, $b \not\leq m$ et

*b.* La condition de chaîne descendante affaiblie (ou, ce qui est équivalent moyennant *a* et l'idempotence de la multiplication, tout élément n'est contenu que dans un nombre fini d'éléments maximaux). Si l'on a un zéro, on a un treillis de Boole fini ([4]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouveaux théorèmes pour l'intégrale de Laplace* (II). Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Préliminaires.* — Dans ce qui suit, $V(t)$, $\rho$, E et $h$ ont la même signification que dans notre précédente Note de même titre ([1]). D'autre part, $k$ est un nombre réel supérieur à 1.

$\alpha(t)$ étant une fonction réelle ou complexe de la variable réelle $t$, définie pour $t \geqq t_0 \geqq 0$ et bornée sur tout intervalle fini, on pose

$$w_{V,k}(\alpha, E, h) = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{1}{V(t)} \left\{ \sup_{t \leq t' \leq t + ht^{\frac{1}{k}}} |\alpha(t') - \alpha(t)| \right\}.$$

$w_{V,k}(\alpha, E, h)$ peut prendre une valeur finie positive ou nulle ou la valeur $+\infty$, et c'est une fonction non décroissante de $h$.

On désigne par $w_{V,k}(\alpha, h)$ la valeur de $w_{V,k}(\alpha, E, h)$ pour E égal à l'ensemble de tous les nombres positifs.

Ou bien $w_{V,k}(\alpha, h) = +\infty$ quel que soit $h$ positif, ou bien $w_{V,k}(\alpha, h) < +\infty$ quel que soit $h$ positif.

Dans ce dernier cas, quand $h$ tend vers zéro, $w_{V,k}(\alpha, h)$ et, quel que soit E, $w_{V,k}(\alpha, E, h)$ tendent vers des limites finies $w_{V,k}(\alpha, +0)$ et $w_{V,k}(\alpha, E, +0)$.

Dans le cas où $\alpha(t)$ est réelle, on pose encore

$$-\varpi'_{V,k}(\alpha, E, h) = \underline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{1}{V(t)} \left\{ \inf_{t \leq t' \leq t + ht^{\frac{1}{k}}} [\alpha(t') - \alpha(t)] \right\}$$

([3]) G. Birkhoff, *Lattice Theory*, 1948, p. 236.

([4]) Les démonstrations paraîtront dans un Ouvrage sur la théorie des Treillis écrit en collaboration par M.-L Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot dans les *Cahiers Scientifiques*, publiés sous la direction de M. G. Julia.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 589-591.

et

$$\varpi''_{V,k}(\alpha, E, h) = \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{1}{V(t)} \left\{ \sup_{t - h t^{\frac{1}{k}} \leq t' \leq t} [\alpha(t') - \alpha(t)] \right\}.$$

$\varpi'_{V,k}(\alpha, E, h)$ et $\varpi''_{V,k}(\alpha, E, h)$ sont positifs ou nuls et finis ou non, et ce sont des fonctions non décroissantes de $h$. On désigne par $\varpi_{V,k}(\alpha, h)$ la valeur de $\varpi'_{V,k}(\alpha, E, h)$ pour E égal à l'ensemble de tous les nombres positifs.

Ou bien $\varpi_{V,k}(\alpha, h) = +\infty$ quel que soit $h$ positif, ou bien $\varpi_{V,k}(\alpha, h) < +\infty$ quel que soit $h$ positif. Dans ce dernier cas, quand $h$ tend vers zéro, $\varpi_{V,k}(\alpha, h)$ et, quel que soit E, $\varpi'_{V,k}(\alpha, E, h)$ et $\varpi''_{V,k}(\alpha, E, h)$ tendent vers des limites finies $\varpi_{V,k}(\alpha, +0)$, $\varpi'_{V,k}(\alpha, E, +0)$ et $\varpi''_{V,k}(\alpha, E, +0)$.

2. Théorème 1 ([2]). — *Hypothèses.* — 1° *$\alpha(t)$ est définie pour $t \geq 0$, mesurable et bornée sur tout intervalle fini, et l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st}\alpha(t)\,dt$ est convergente pour $\mathcal{R}[s] > 0$ et égale à $f(s)$;*

2° *$p$ étant un entier $\geq 0$, ou bien $\rho > -p$ ou bien $\rho = -p$ et $t^p V(t)$ est non décroissante; on pose $t^p V(t) = V_1(t)$;*

3° *$a$ étant une constante positive, quand $s = \sigma + i\tau$ tend vers zéro en restant dans le domaine $\sigma > a|\tau|^k$, on a*

$$f^{(p)}(s) = O\left[V_1\left(\frac{1}{r}\right)\varphi(r)\right],$$

*où $r = |s|$ et $\varphi(t)$ est une fonction positive définie pour $t$ positif assez petit, non croissante et telle que les intégrales $\int_0 \varphi(t)\,dt$ et $\int_0 \varphi(t)\log V_1\left(\frac{1}{t}\right)dt$ soient convergentes.*

*Conclusion.* — *Quel que soit* E, *on a*

$$\overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \left|\frac{\alpha(t)}{V(t)}\right| \leq \varpi_{V,k}(\alpha, E, +0)$$

*et, si $\alpha(t)$ est réelle,*

$$-\varpi''_{V,k}(\alpha, E, +0) \leq \underline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{\alpha(t)}{V(t)} \leq \overline{\lim_{\substack{t \to +\infty \\ t \in E}}} \frac{\alpha(t)}{V(t)} \leq \varpi'_{V,k}(\alpha, E, +0).$$

*En particulier, si $\varpi_{V,k}(\alpha, +0) = 0$, ou si $\alpha(t)$ est réelle et $\varpi_{V,k}(\alpha, +0) = 0$, on a $\alpha(t) = o[V(t)]$ pour $t$ tendant vers $+\infty$.*

Théorème 2 ([3]). — *Hypothèses.* — 1° *$\beta(t)$ est une fonction réelle définie pour $t \geq 0$, mesurable et bornée sur tout intervalle fini, et positive pour $t \geq t_0 \geq 0$.*

2° *Si $\gamma(t) = \log\beta(t)$ pour $t \geq t_0$, on a pour un $k$ supérieur à 1 et $V(t) = 1$, $\omega_{V,k}(\gamma, h) < +\infty$ et $\varpi_{V,k}(\gamma, +0) = 0$.*

---

([2]) Pour le cas particulier où $V(t) = 1$, un résultat analogue au nôtre a été établi par Avakumovic, *Math. Zeits.*, Bd **46**, 1940, p. 650-664.

([3]) Ce théorème généralise également un énoncé de Avakumovic, *Math. Zeits.*, Bd **46**, 1940, p. 67-69.

3° *Il existe une fonction réelle $h(u)$ définie pour $u \geq 0$, mesurable et bornée sur tout intervalle fini, telle que l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-tu} h(u)\, du$ soit convergente pour $t > 0$ et équivalente pour $t$ infini à $1/\beta(t)$.*

4° *$\alpha(t)$ est une fonction réelle non décroissante pour $t \geq 0$ et l'intégrale $\int_0^{+\infty} e^{-st} \alpha(t)\, dt$ est convergente pour $\mathcal{R}[s] > 0$ et égale à $f(s)$.*

5° *$a$ étant un nombre positif, quand $s = \sigma + i\tau$ tend vers zéro avec $\sigma > a|\tau|^k$, on a, en posant $|s| = r$,*

$$f(s) - A\int_0^{+\infty} e^{-st}\beta(t)\, dt = O[\psi(r)],$$

*avec $A > 0$, et $\psi(t)$ étant une fonction positive définie pour $t$ positif assez petit, non croissante, et telle que l'intégrale $\int_0 \psi(t)|h(t)|\, dt$ soit convergente.*

Conclusion. — *On a pour $t$ infini : $\alpha(t) \sim A\beta(t)$.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété de quasi-analyticité des fonctions de plusieurs variables.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Les propriétés qui suivent concernent les classes $(A_n)$ de fonctions indéfiniment dérivables de $n$ variables, une classe $(A_n)$ ayant le caractère suivant : si $f(x_1, \ldots, x_n)$ appartient à $(A_n)$ et s'annule ainsi que toutes ses dérivées partielles sur la frontière d'un domaine compact $\overline{G}$, on a $f \equiv 0$ sur $\overline{G}$. Par domaine compact, on entend un domaine borné de $R^n$ augmenté de sa frontière.

Le résultat obtenu précise la classe complémentaire $\mathfrak{D}$ des fonctions indéfiniment dérivables sur $R^n$, nulles en dehors de G et non identiquement nulles, classe sur laquelle sont définis les opérateurs « distributions » de L. Schwartz [1].

**1.** Soit $(\alpha) = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$, $\alpha_i$ entiers positifs, un indice de dérivation; on posera $|\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n$. Étant donné la suite de nombres positifs $M_{\alpha_1, \ldots, \alpha_n}$ ou $M_{(\alpha)}$, on dit que $f(x_1, \ldots, x_n)$ appartient à la classe $\{M_{(\alpha)}\}$ sur le domaine compact $\overline{G}$ si l'on a sur $\overline{G}$

$$D^{(\alpha)} f = \left| \frac{\partial^{\alpha_1 + \ldots + \alpha_n} f}{\partial x_1^{\alpha_1}, \ldots, \partial x_n^{\alpha_n}} \right| \leq A k^{|\alpha|} M_{(\alpha)}, \tag{1}$$

A, $k$ positifs, finis, dépendent de $f$ dans la classe $\{M_{(\alpha)}\}$. On écrit (1) pour tous les indices $(\alpha)$, en posant s'il y a lieu $M_{(\alpha)} = \infty$ pour certains $(\alpha)$.

---

(1) *Théorie des distributions* (*Actualités scientifiques*, Paris, 1950).

Il est possible de caractériser complètement les classes $\{M_{(\alpha_i)}\}$ qui sont des classes $(A_n)$ en ne faisant intervenir que les quantités

$$(2) \qquad \mu_\alpha = \min_{(\alpha_i)} M_{(\alpha)} \qquad \text{pour} \quad \alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n = \alpha.$$

En usant d'une notation classique dans la théorie des fonctions quasi analytiques de M. Denjoy et Carleman, associons à la suite $\mu_\alpha$ la fonction définie pour chaque $r > 0$ par

$$(3) \qquad T(r) = \max_\alpha \frac{r^\alpha}{\mu_\alpha} = \max_{(\alpha_i)} \frac{r^\alpha}{M_{(\alpha)}}$$

et posons

$$(4) \qquad I(\mu_\alpha) = I[M_\alpha] = \int_1^\infty \log T(r) \frac{dr}{r^2}$$

on obtient :

Théorème. — *Pour que la classe* $\{M_{(\alpha_i)}\}$ *soit une classe quasi analytique* $(A_n)$, *il faut et il suffit que* $I[M_{(\alpha_i)}]$ *diverge.*

Plus précisément, $f \in \{M_{(\alpha_i)}\}$ sur $\overline{G}$, avec les conditions $f=0$, $D^{(\alpha)}f=0$ pour toutes les dérivées $(\alpha)$ sur la frontière de G entraîne $f\equiv 0$ dans G. Réciproquement, étant donné un domaine compact $\overline{G}$ dans $R^n$ et une suite $M_{(\alpha)}$ avec $I[M_\alpha] < \infty$, il est possible de construire $f \not\equiv 0$, de classe $\{M_{(\alpha_i)}\}$ sur $\overline{G}$, nulle ainsi que toutes ses dérivées sur la frontière de G.

La quasi-analyticité $(A_n)$ peut donc être assurée en bornant *une seule dérivée partielle* [2] dont l'ordre total est $p$ et le choix de cette dérivée en fonction de $p$ est arbitraire. Il n'existe pas dans la classe $\mathfrak{D}$ de fonction $g \not\equiv 0$ dont on puisse majorer dans $\overline{G}$ même une seule dérivée d'ordre total $p$ par $\mu_p$, avec $I(\mu_p)$ divergent.

Les classes $(A_n)$ déterminées par le théorème précédent avec la condition $I(\mu_\alpha) = \infty$, $\mu_\alpha = \min M_{(\alpha_i)}$, ne sont pas additives; on obtient une classe additive $(C_n)$ pour une suite précisée $(\alpha)_1, \ldots, (\alpha)_s, \ldots$ de conditions (1); $f \in (C_n)$ est déterminée dans G par la connaissance de ses valeurs et de celles de ses dérivées sur la frontière de $\overline{G}$.

2. Soit $(\Phi)$, une famille d'opérateurs $P[f(x_i)]$ où P est un polynome de dérivation homogène, à coefficients constants; soit $M_P$ un nombre positif associé à $P \in (\Phi)$; soit $\alpha$ le degré de P ; on dira que $f(x_i)$ appartient à la

---

(2) Une solution très incomplète du « problème de Watson » associé aux inégalités (1) par la transformation de Laplace a été donnée par S. Kodama (*Memoirs of the College of Science*, Kyoto Imperial University, 22, n° 5, 1939, p. 282) : l'existence dans le cylindre $|z_k| < 1$, $1 \leq k \leq n$, d'une fonction $h(z_1, \ldots, z_n) \not\equiv -\infty$, avec $h \leq 0$, et $h$ harmonique quand chacun des $z_k$ varie séparément, n'entraîne pas l'existence d'une fonction $\varphi(z_1, \ldots, z_n) \not\equiv -\infty$ avec $\varphi \leq h$ si $\varphi$ est pluriharmonique, c'est-à-dire partie réelle d'une fonction holomorphe, pour $|z_k| < 1$.

classe $\{M_P\}$ dans $\bar{G}$ si l'on a

$$|P[f(x_i)]| \leq A k^{\alpha} M_P \tag{4}$$

sur $\overline{G}$, A, $k$ étant relatifs à $f$ dans $\{M_P\}$.

Soit $\lambda_P > 0$ un facteur associé à P, tel que les fonctions $(1/\alpha)\log|\lambda_P P(z_k)$ forment une famille de fonctions plurisous-harmoniques bornée supérieurement sur tout compact, n'ayant pas la constante $-\infty$ comme fonction limite. L'énoncé suivant détermine les classes $\{M_P\}$ qui sont quasi analytiques $(A_n)$ :

THÉORÈME. — *Pour que la classe* $\{M_P\}$ *relative à la famille* $\Phi$ *d'opérateurs* P *soit quasi analytique* $(A_n)$, *il faut et il suffit que l'intégrale*

$$I[\Phi] = \int_1^{\infty} \log T(r) \frac{dr}{r^2}$$

*diverge, la fonction* $T(r)$ *étant définie par*

$$T(r) = \max_{P \in (\Phi)} \frac{r^{\alpha}}{\lambda_P M_P} \qquad (r \text{ fixé}).$$

Dans le cas où $(\Phi)$ est la suite des puissances d'un même opérateur $P_1$, le facteur $\lambda_P$ disparaît, le résultat a la forme classique dans l'étude des fonctions quasi analytiques d'une variable.

AÉRODYNAMIQUE. — *Équations paramétriques des profils utilisés en Aérodynamique.* Note (*) de M. **Serge Boudigues**, présentée par M. Maurice Roy.

Les profils d'aile empiriques utilisés en Aérodynamique sont habituellement définis par une ligne moyenne ou squelette et par la loi de variation, le long de cette ligne, de la demi-épaisseur du profil. Pour les profils NACA bien connus, la ligne moyenne est formée de deux arcs de parabole, se raccordant au point dit de flèche maximum sans continuité des courbures, de sorte que, même en exceptant la pointe arrière, le contour de tels profils n'est pas une courbe analytique en tout point.

L'expérience montre, d'autre part, que les propriétés aérodynamiques d'un profil sont assez bien déterminées par quelques caractères de la forme du squelette et de la loi de variation de l'épaisseur.

La présente Note a pour objet d'indiquer une méthode de définition de profils à contour entièrement analytique permettant, avec un nombre réduit de paramètres, de faire varier systématiquement les caractères essentiels précédents pour des familles arbitraires de profils empiriques, et aussi d'approcher de très près une forme théorique quelconque à contour analytique.

(*) Séance du 12 mars 1951.

A cet effet, on exprime les coordonnées $x$ et $y$ (axe $x$, parallèle à la corde de référence) du point courant du profil en fonction périodique d'un paramètre $t$ variant de $2\pi$ pendant la description complète du contour, et par les formules ($p$, $q$, $n$, entiers, et indices de sommation) :

$$x = a_p \cos pt; \qquad y = b_q \cos qt + c_n \sin nt.$$

Pour deux valeurs $t$ et $2\pi - t$, les points M et M′ ont même abscisse et sont séparés, par la demi-épaisseur du profil suivant l'axe $y$, de la « ligne médiane » :

$$x_m = a_p \cos pt; \qquad y_m = b_q \cos qt.$$

Pour les profils à squelette peu cambré, cette ligne médiane peut se substituer audit squelette, et l'inclinaison de ses tangentes extrêmes sur sa corde peut servir au repérage des angles dits d'entrée et de sortie.

Pour représenter analytiquement selon cette méthode un profil empirique donné, il suffit d'exprimer les caractères géométriques essentiels de sa ligne médiane et de sa loi d'épaisseur en fonction des coefficients $a_p$, $b_q$, $c_n$ à déterminer.

Pratiquement, huit paramètres au plus suffisent, en général, pour approcher un profil donné à moins que la tolérance pratique de fabrication.

Nous avons donné ailleurs les expressions des $a_p$, $b_q$, $c_n$ pour le cas où l'on définit un profil empirique par les huit éléments géométriques suivants :

*a.* pour la ligne médiane : corde, angles d'entrée et de sortie, position de la flèche maximum ;

*b.* pour la loi d'épaisseur : valeur et position de l'épaisseur maximum, rayons de courbure au bord d'attaque et de fuite.

Pour ce cas nous avons établi les formules explicites de la surface et des inerties centrales ainsi que des coordonnées du centre d'inertie, éléments qui interviennent dans les calculs de fatigue et de vibration des aubes et dont la détermination usuelle, mécanique ou graphique, est longue. D'une manière très générale, toute intégrale double attachée à la section se transforme ici, par la formule de Rieman, en une intégrale curviligne facile à calculer le long du contour.

La définition d'un profil par une forme analytique assurant la continuité de la courbure, et la méthode ci-dessus permet de l'assurer même au bord de fuite, répond à des suggestions antérieures de M. Maurice Roy (1).

Notre méthode permettrait aisément la comparaison d'un profil à squelette non analytique, tel qu'un profil NACA, avec un profil extrêmement voisin et à courbure parfaitement continue.

La simplicité des formules à utiliser permet aussi, pour le tracé de gabarit

---

(1) *Mécanique des milieux continus et déformables*, 1, 1950, p. 124.

de fabrication par pointage, une définition aussi précise et aussi détaillée qu'on le désire.

En faisant varier les coefficients $a_p$, $b_q$, $c_n$, analytiquement suivant un axe $z$ normal ou oblique au plan $xy$ du profil, on définirait la surface d'une aube dans l'espace, avec continuité en tout point des courbures.

La simplicité des formes analytiques mises en jeu peut favoriser des études théoriques, en notant d'ailleurs le rôle que peuvent jouer les séries de Fourier dans l'application de la théorie des fonctions analytiques à l'étude des écoulements.

HYDRAULIQUE. — *Influence de l'élimination de la couche limite sur le fonctionnement des grands ouvrages hydrauliques.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

L'élimination des décollements, consécutive à l'aspiration de la couche limite, apporte de profondes modifications et des améliorations notables au fonctionnement des grands ouvrages hydrauliques.

L'élimination de la couche limite, au contact d'une paroi avec un fluide en mouvement, permet d'éviter la naissance du décollement.

Fréquemment utilisée en Aérodynamique, souvent énoncée à propos de l'Hydraulique (1), cette propriété classique et fondamentale n'a jamais donné lieu, à notre connaissance tout au moins, à des démonstrations expérimentales ou à des applications pratiques, dans ce dernier domaine.

Nos expériences nous permettent de signaler, d'ores et déjà, les améliorations très importantes que l'on peut obtenir, dans le fonctionnement des grands ouvrages hydrauliques, par l'aspiration de la couche limite, que celle-ci soit réalisée au moyen de la gravité ou par tout autre dispositif.

1° Les barrages déversoirs dont le seuil correspond à une forte courbure peuvent éliminer (*fig.* 2) le décollement normal (*fig.* 1), au bénéfice du coefficient de débit qui dépasse alors de 15 à 20 % les valeurs obtenues avec les meilleurs profils normalement utilisés.

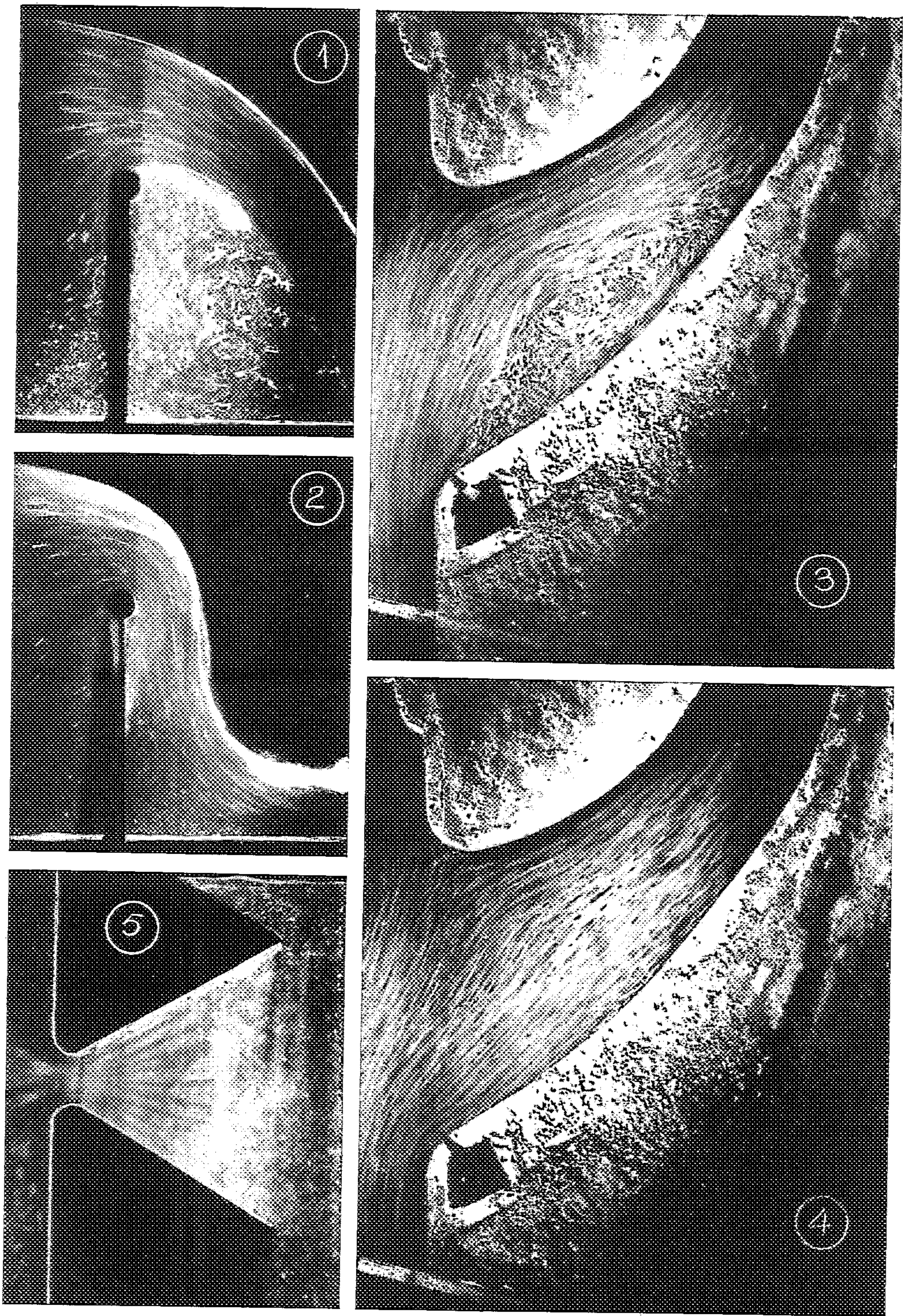
2° Une prise d'eau, tout en étant limitée à une longueur restreinte, peut fonctionner sans décollement (*fig.* 4), quand le barrage débite, en temps de crue, tandis qu'en l'absence d'aspiration, il se forme normalement une zone de remous et de dépôts (*fig.* 3).

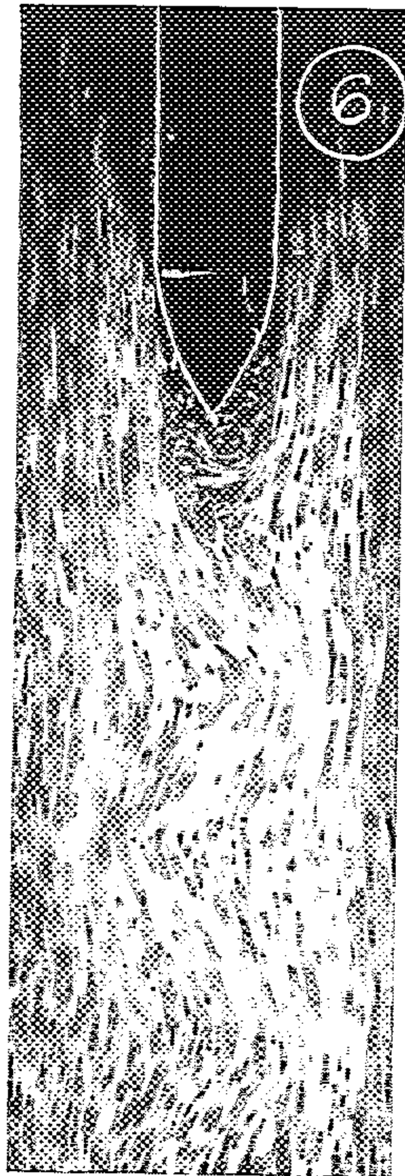
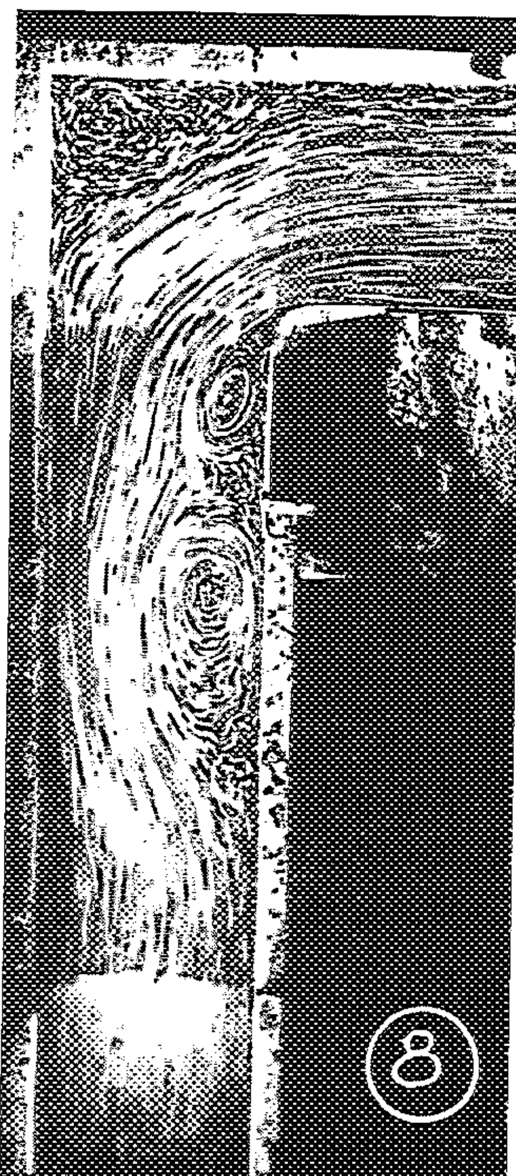
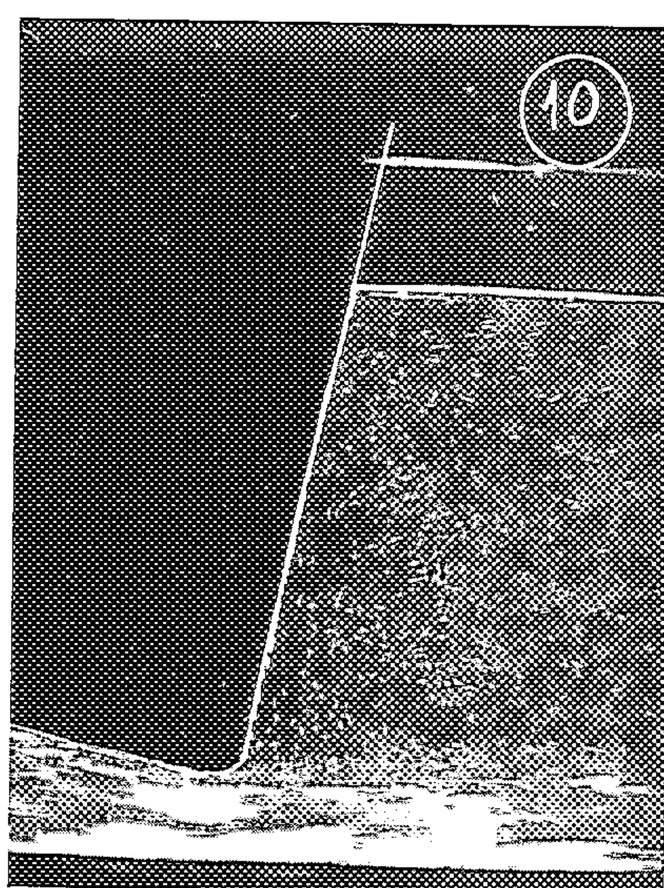
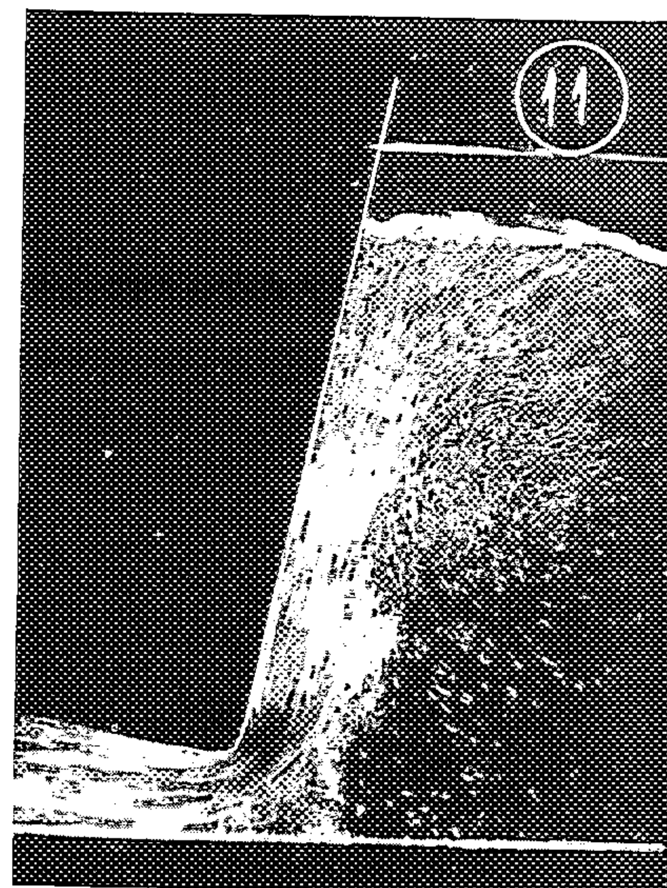
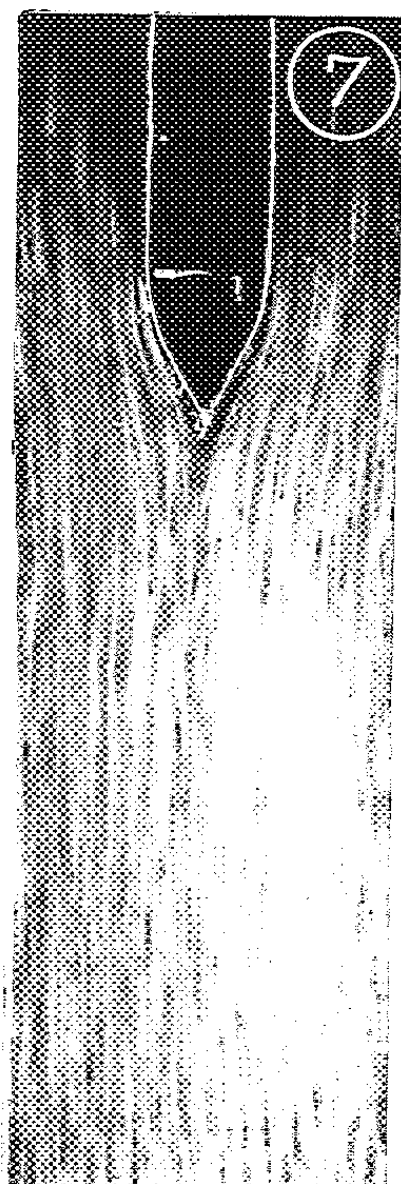
3° La capacité de débit des vannes peut être notablement accrue au moyen d'un diffuseur à fentes d'aspiration, fonctionnant sans décollement (*fig.* 5), avec un grand angle d'ouverture.

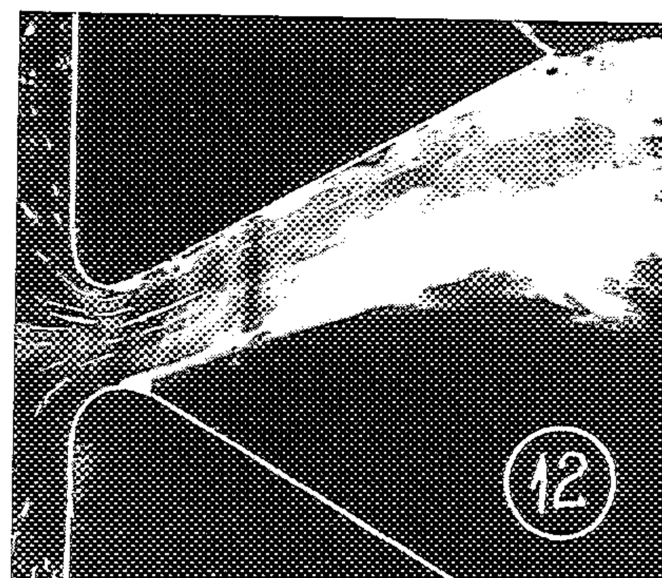
---

(*) Séance du 12 mars 1951.

(1) *Voir*, en particulier, le Brevet d'invention français n° 586979, délivré le 10 janvier 1925 à l'Institut Voor aero-en- hydro-dynamiek, des Pays Bas.


1
2
3
4
5


6

8

10

11

7

9

12

4° Les tourbillons dus au sillage d'une pile (*fig.* 6), disparaissent (*fig.* 7), lorsqu'on réalise une double aspiration latérale, dans la portion rétrécie de l'aval.

5° Le décollement qui existe dans un coude de canal à angle droit (*fig.* 8), peut être éliminé par une méthode analogue (*fig.* 9).

6° L'orientation normale des veines peut être entièrement modifiée, comme le montrent les figures 10 et 11 (veine noyée) et la figure 12 (veine dénoyée).

Ces quelques exemples mettent en évidence toute l'étendue des possibilités ainsi offertes pour une conception nouvelle de nombreux ouvrages hydrauliques.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Les méthodes de seconde quantification et de l'espace de configuration en théorie relativiste des systèmes de particules.* I. *Fermions sans interaction.* Note de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'application des récents développements de la théorie relativiste des champs quantifiés aux problèmes d'états liés a fait l'objet d'études d'approche ([1]) en connection avec le problème du deutéron en théorie mésique. Ces considérations sont toutefois obscurcies par la question des équations à utiliser pour décrire les systèmes de particules relativistes en interaction ([2]). Une possibilité d'attaque ([3]) de ce problème consiste à effectuer le passage de la méthode de seconde quantification à celle de l'espace de configuration. L'équivalence des deux traitements a été prouvée par V. Fock ([4]) il y a 20 ans pour des particules non relativistes. Nous réexaminons ici cette question du point de vue du formalisme relativiste covariant en généralisant une méthode non relativiste indiquée par R. Becker et C. Leibfried ([5]). Cette première Note traitera d'abord du cas de particules sans interaction obéissant à la statistique de Fermi.

En introduisant les parties à énergie positive des opérateurs de champ de la représentation d'Heisenberg ([6]) l'opérateur de charge Q s'écrit

$$\frac{Q}{e} = i\int_\sigma d\sigma_\mu \overline{\psi^{+}}(x)\gamma_\mu \psi^{+}(x) - i\int_\sigma d\sigma_\mu \overline{\psi'^{+}}(x)\gamma_\mu \psi'^{+}(x) = N - N',$$

([1]) M. Maurice Lévy, *On the relativistic Meson Theory of Nuclear Forces* (non publié).

([2]) Voir cependant H. A. Bethe et E. E. Salpeter, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, **26**, 1951, p. 22 qui annoncent, sans détails, une équation relativiste pour le deutéron.

([3]) Elle a déjà été utilisée par S. M. Dancoff, *Phys. Rev.*, **78**, 1950, p. 382.

([4]) *Z. Physik*, **75**, 1932, p. 622.

([5]) *Phys. Rev.*, **69**, 1946, p. 34.

([6]) Les notations et formules utilisées sont celles de J. Schwinger, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1439 et **75**, 1949, p. 651.

N et N′ sont alors les opérateurs invariants du nombre de particules et d'antiparticules respectivement. A l'aide des propriétés d'anticommutation des $\psi$ on démontre que

$$[\psi^{(+)}, N] = \psi^{(+)}; \quad [\overline{\psi^{(+)}}, N] = -\overline{\psi^{(+)}}; \quad [\psi^{(+)}, N'] = [\overline{\psi^{(+)}}, N'] = 0, \quad \ldots$$

Il est alors aisé de prouver : 1° que, si $\Phi_n$ est un vecteur propre de N correspondant à la valeur $n$, $\psi^{(+)}\Phi_n$ est aussi un vecteur propre correspondant à la valeur propre $n-1$ et de même pour $\overline{\psi^{(+)}}\Phi_n$ qui correspond à la valeur propre $n+1$; 2° que N et N′ n'ont que des valeurs propres positives ou nulles; 3° que le vecteur propre $\Phi_0$ correspondant à la valeur propre zéro de N et N′ satisfait à $\psi^{(+)}\Phi_0 = \psi'^{(+)}\Phi_0 = 0$, le vide ainsi défini est l'état de plus basse énergie.

Il est alors possible de construire une représentation dans laquelle N et N′ sont simultanément diagonaux. Utilisant les résultats ci-dessus on définit

$$\overline{\Phi}(x_1, \ldots, x_n;\ x'_1, \ldots, x'_{n'}) = (n!n'!)^{-\frac{1}{2}}\,\overline{\psi^{(+)}}(x_1)\ldots\overline{\psi^{(+)}}(x_n)\,\overline{\psi'^{(+)}}(x'_1)\ldots\overline{\psi'^{(+)}}(x'_{n'})\,\Phi_0.$$

Si $\Phi_0$ est normalisé à 1, on a des relations de normalisation du type

$$\Phi_{\beta_1}(y_1)\,\overline{\Phi_{\alpha_1}}(x_1) = \frac{1}{i}\,S^{(+)}_{\beta_1\alpha_1}(y_1 - x_1);$$

$$\Phi_{\beta_1\beta'_1}(y_1;\, y'_1)\,\overline{\Phi}_{\alpha_1\alpha'_1}(x_1;\, x'_1) = -\,S^{(+)}_{\beta_1\alpha_1}(y_1 - x_1)\,S^{(+)}_{\beta'_1\alpha'_1}(y'_1 - x'_1); \quad \ldots,$$

le produit de deux éléments $\Phi$ différents est évidemment nul. On a de plus

$$\overline{\psi^{(+)}}(x_r)\,\overline{\Phi}(x_1, \ldots, x_n;\ x'_1, \ldots, x'_{n'}) = (n+1)^{\frac{1}{2}}\,\overline{\Phi}(x_r, x_1, \ldots, x_n;\ x'_1, \ldots, x'_{n'}),$$

$$\psi^{(+)}(x_r)\,\overline{\Phi}(x_1, \ldots, x_n;\ x'_1, \ldots, x'_{n'})$$
$$= n^{-\frac{1}{2}}\sum_{j=1}^{r}\frac{(-1)^{j+1}}{i}\,S^{(+)}(x_r - x_j)\,\overline{\Phi}(x_1, \ldots, x_{j-1}, x_{j+1}, \ldots, x_n;\ x'_1, \ldots, x'_{n'}).$$

et des relations du même type pour les antiparticules. On peut alors définir le vecteur le plus général de cet espace d'Hilbert comme fonctionnelle de $\sigma$

$$\Psi[\sigma] = U_0\Phi_0 + \sum_{n=1;\ n'=1}^{\infty}(i)^{n+n'}$$
$$\times\int_\sigma\cdots\int_\sigma \overline{\Phi}(x_1, \ldots, x_n;\, x'_1, \ldots, x'_{n'})\gamma_{\lambda_1}\cdots\gamma_{\lambda_n}\gamma_{\lambda'_1}\cdots\gamma_{\lambda'_{n'}}\,U(x_1, x_n;\, x'_1, \ldots, x'_{n'})\,d\sigma_{\lambda_1}\ldots d\sigma_{\lambda'_{n'}}$$

où les coefficients $u$ sont les fonctions d'ondes de l'espace de configuration. En utilisant le fait que les spineurs des états conjugués de charge sont liés par la matrice C on trouve que la norme de $\Psi[\sigma]$ est

$$(\Psi[\sigma],\, \Psi[\sigma]) = |U_0|^2 + \sum_{n=1;\ n'=1}^{\infty}(i)^{n+n'}\int_\sigma\cdots\int_\sigma \overline{U}(x_1, \ldots, x_n;\, x'_1, \ldots, x'_{n'})$$
$$\times\,\gamma_{\lambda_1}\ldots\gamma_{\lambda_n}\gamma_{\lambda'_1}\ldots\gamma_{\lambda'_{n'}}\,U(x_1, \ldots, x_n;\, x'_1, \ldots, x'_{n'})\,d\sigma_{\lambda_1}\ldots d\sigma_{\lambda'_{n'}}.$$

En l'absence d'interaction $\Psi[\sigma]$ est en fait indépendant de $\sigma$. L'évolution du système de $n$ fermions est alors décrite par le système d'équations multitemporelles

$$\left(\gamma_{\lambda_1}\frac{\partial}{\partial x_{\lambda_1}}+m\right)U(x_1,\ldots,x_n)=0,\quad\ldots,\quad\left(\gamma_{\lambda_n}\frac{\partial}{\partial x_{\lambda_n}}+m\right)U(x_1,\ldots,x_n)=0,$$

où $x_1, \ldots, x_n$ sont sur une surface $\sigma$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Un problème relatif à un disque tournant dans un système de Galilée.* Note (*) de M. **André Metz**, transmise par M. Jean Becquerel.

Les problèmes qui se posent dans la théorie de la Relativité lorsque l'on considère un disque tournant par rapport à un système de Galilée, suscitent des difficultés particulières.

Tel est le problème posé par M. F. Prunier ([1]) à propos de l'expérience de Sagnac (où les rayons lumineux seraient remplacés par des mobiles matériels) : deux mobiles, partant d'un même point O′, sont supposés circuler en sens inverse, à des vitesses égales, sur le pourtour d'un disque. Lorsque le disque est immobile par rapport à un système de Galilée, les rencontres successives des mobiles ont toujours lieu en ce même point O′ (et au point diamétralement opposé).

Si le disque est animé d'un mouvement de rotation, les rencontres ont encore lieu au point O′, d'après la cinématique classique. Il n'en est pas de même d'après la théorie de la Relativité.

Le problème a été traité en partie par M. F. Prunier et par Paul Langevin ([2]) mais ces auteurs n'ont pas donné dans le cas général la valeur de la distance O′B′, en désignant par B′ le premier point de rencontre des deux mobiles lorsque chacun d'eux a accompli (approximativement) un tour complet.

De plus ils ont pris pour base de leurs raisonnements la considération des « temps locaux » des éléments du disque parcourus par les mobiles, en faisant des sommations de ces temps. Or, comme le faisait remarquer à ce propos Paul Langevin, la question de la définition du temps pour des observateurs solidaires du système en rotation est « délicate », car « il n'est pas possible de décomposer l'espace-temps en un espace lié au système en rotation, et un temps défini de façon cohérente et univoque pour tous les points de cet espace ».

Le calcul exact peut être fait en se plaçant dans le système de Galilée, et en utilisant seulement le temps de ce système, qui est « univoque et cohérent ».

---

(*) Séance du 12 mars 1951.

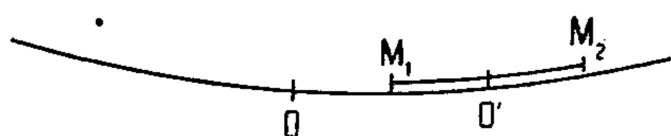
([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 46 et *Revue scientifique*, 1948, p. 729.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 47 et 1164.

Soit O le point de départ des mobiles dans ce système; le point O′ se trouve à l'origine des temps, en coïncidence avec O, et se meut ensuite avec une vitesse (circonférentielle) $u$. Le premier mobile, $M_1$, a par rapport au disque la vitesse $v'$. Par rapport au système de Galilée, il a donc la vitesse

$$v_1 = \frac{u + v'}{1 + \frac{uv'}{c^2}}$$

puisque les vitesses $u$ et $v'$ sont de même direction et de même sens.




Le second mobile a, par rapport au disque la vitesse $-v'$. Donc, par rapport au système de Galilée

$$v_2 = \frac{u - v'}{1 - \frac{uv'}{c^2}}.$$

Il y aura nouvelle rencontre des mobiles (en faisant abstraction de la première rencontre, qui a lieu au voisinage du point diamétralement opposé) lorsque la différence des parcours des deux mobiles sera $2l$, en appelant $l$ la longueur de la circonférence : c'est-à-dire au temps $t$ tel que

$$v_1 t - v_2 t = 2l \quad \text{ou} \quad \frac{u + v'}{1 + \frac{uv'}{c^2}} t - \frac{u - v'}{1 - \frac{uv'}{c^2}} t = 2l.$$

Après simplifications, on trouve

$$t = \frac{l}{v'} \frac{1 - \frac{u^2 v'^2}{c^4}}{1 - \frac{u^2}{c^2}}.$$

Les mobiles se rencontrent au point B′ dont la distance de O (mesurée le long de la circonférence) est $v_1 t$, ou $v_1 t - l$, ou $v_1 t - 2l$, etc. Pour comparer avec le point O′, dont la distance est $ut$, il faut former

$$d = v_1 t - l - ut.$$

Le calcul donne, après simplifications,

$$d = l \frac{uv'}{c^2}.$$

Ce résultat peut également être obtenu par l'intermédiaire des calculs

précités de P. Langevin et F. Prunier, mais ceux-ci sont moins convaincants pour les raisons énumérées plus haut.

A remarquer que la distance $d$ est du « second ordre » alors que les désaccords temporels sont, comme l'avaient noté ces auteurs, du premier ordre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Introduction géométrique des particules élémentaires en théorie unitaire affine.* Note de M. **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

On part de la théorie unitaire affine de M. Schrödinger [1], où l'espace est défini à l'aide des 64 coefficients de connexion $\Gamma^i_{kl}$. L'espace-temps réel est alors donné par la condition de minima

$$\delta \int \mathfrak{L}\, d\omega = \delta \int \frac{2}{\lambda} \sqrt{\text{dét}\, R_{kl}}\, d\omega = 0, \qquad (d\omega = dx_0\, dx_1\, dx_2\, dx_3),$$

les $R_{kl}$ étant les teneurs de courbure d'Einstein, déduits des $\Gamma^i_{kl}$ par les formules habituelles. On peut alors introduire une métrique dans l'espace-temps en posant $\mathfrak{q}^{kl} = \partial\mathfrak{L}/\partial R_{kl} = g^{kl}\sqrt{-g}$ ce qui conduit aux relations $R_{kl} = \lambda g_{kl}$, avec $g_{kl} = h_{kl} + f_{kl}$; les $h_{kl}$ et $f_{kl}$ désignant respectivement les parties symétriques et anti-symétriques des $g_{kl}$ et $\lambda$ la constante cosmologique. Les $h_{kl}$ seront désormais utilisés, comme d'habitude, pour élever et abaisser les indices.

Assimilons alors, conformément à l'esprit de la théorie, les champs physiques réels, définissant les particules, aux déformations infinitésimales de l'espace-temps euclidien (où $g_{ik} = \delta_{ik}$); les particules élémentaires correspondront aux déformations infinitésimales de base, à l'aide desquelles on peut reconstituer n'importe quelle autre déformation (donnée par ses $g_{ik} = h_{ik} + f_{ik}$).

La première de ces déformations de base fait apparaître des $f_{ik}$ infiniment petits, sans modifier les $\delta_{ik}$. Les autres s'obtiennent en décomposant la déformation symétrique restante $h_{ik} = \delta_{ik} + s_{ik}$ (les $s_{ik}$ étant infiniment petits). Une telle déformation revient à effectuer sur l'espace-temps euclidien une transformation ponctuelle, confondue dans le cas considéré avec la transformation linéaire tangente. Celle-ci transforme l'hypersphère S, centrée en M, correspondant au $ds^2 = \sum_{\mu=1}^{4} dx_\mu^2$ (avec $dx_4 = i\,dt$) en un hyperellipsoïde $\Sigma$ d'axes quelconques, centré en M'. Elle se décompose en conséquence en une translation qui amène M sur M' et une transformation autométrique qui transforme une quadrique (hypersphère S) en une quadrique ($\Sigma$) de même centre. Nous avons donc finalement trois déformations élémentaires infinitésimales à considérer, soient :

[1] *Proc. Roy. Irish. Acad.*, 51, 1947, p. 167; 51, 1948, p. 205.

1° *La pseudo-torsion*, que l'on peut représenter en posant par définition $f_{ik} = \lambda_1 (R/|R|).|D_i\Psi_k - D_k\Psi_i|$, où $\lambda_1$ est une constante, R la partie réelle de $|D_i\Psi_k - D_k\Psi_i|$, $\Psi$ un vecteur covariant complexe normé et D la différentiation covariante dans l'espace-temps euclidien (pourvu que les $f_{ik}$ restent infiniment petits).

2° *La translation*, représentée par ses composantes $u^i$. Le calcul donne dans ce cas $s_{ik} = D_i u_k - D_k u_i$.

3° *La transformation autométrique*, représentée par la donnée d'une seule fonction $\varphi$, densité scalaire, normée (flèche de la surface), ce qui donne $s_{ik} = \lambda_3^2 (\overline{D_i \varphi} D_k \varphi + \text{conj.})$, $\lambda_3$ étant une constante.

Les constantes sont choisies de façon à ce que les $f_{ik}$ et $s_{ik}$ aient bien les dimensions infiniment petites requises par la théorie.

Le problème consiste maintenant à déterminer les Lagrangiens auxquels doivent satisfaire les deux vecteurs et la densité scalaire qui représentent les déformations élémentaires considérées, pour qu'elles soient effectuées dans l'espace-temps réel.

On les obtient en remplaçant les $f_{ik}$ et $s_{ik}$ par les expressions données plus haut dans le Lagrangien $\mathcal{L} = \sqrt{-g}$ qui peut s'écrire

$$\mathcal{L} = 1 - \frac{1}{2} s_i^i - \frac{1}{4} f^{lm} f_{lm},$$

si les $f_{ik}$ et $s_{ik}$ sont des infiniment petits du premier et du second ordre, (en négligeant les termes d'ordre supérieur).

Dans l'espace-temps euclidien on a $\Gamma^i_{kl} = \delta^i_k M_l$, où les $\partial M_l/\partial x^k$ sont des infiniment petits d'ordre supérieur au second. Les $M_l$ varieront indépendamment dans les présentations, mais devront être assujettis à des conditions de compatibilité, pour que les résultats de leurs équations de champ, réintroduits dans les Lagrangiens (ce qui est légitime, puisque les $\partial M_l/\partial x^k$ n'y figurent pas) n'altèrent pas leur caractère d'invariance. Le calcul donne alors :

1° *Pour la pseudo-torsion*

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} f^{lm} f_{lm} = -\frac{\lambda_1^2}{4} (\overline{D_i\psi_k - D_k\psi_i}) (D_i\psi_k - D_k\psi_i) \delta^{ii}\delta^{kk}.$$

Les relations d'Euler pour les M réintroduites sous le signe $\int$ donnent pour les $\psi_k$ un $\mathcal{L}$ qui n'est pas invariant. La condition de compatibité $\Sigma_i \overline{M}_i M^i \overline{\psi}_i \psi^i$ qui s'ensuit conduit à l'expression

$$\mathcal{L} = -\frac{\lambda_1^2}{2} \left[ \frac{1}{2} \delta^{ii}\delta^{kk} (\partial_i \overline{\psi}_k - \partial_k \overline{\psi}_i)(\partial_i \psi_k - \partial_k \psi_i) + \mu^2 \overline{\psi}_i \psi^i \right]$$

en posant $\mu^2 = -\overline{M}_i M^i = \text{const.}$ conformément aux conditions auxquelles les $M_i$ doivent satisfaire. On obtient donc le Lagrangien des particules de spin 1.

2° *Pour la translation* $\mathcal{L} = -(1/2)s_i^i = -(\partial_i u^i + M_i u^i)$. — Lorsque $u^i$ et $M^i$ varient arbitrairement $\mathcal{L}$ est dépourvu de sens. On peut dans ce cas introduire en chaque point un système d'axes orthogonaux, poser $u^i = \lambda_2 \bar{\psi} \alpha^4 \alpha_i \psi$ et $M_i = \bar{\varphi} \alpha_4 \alpha^i \varphi$ dans ce système (les $\alpha_i$ étant les matrices de Dirac, $\lambda_2$ une constante et $\psi$ un spineur normé) et y définir le mode de variation particulier

$$du^i = \lambda_2 \bar{\psi}_4 \alpha_i \Delta_k \psi \, dx_k,$$

où $\Delta_i$ représente la dérivée covariante de $\psi$ dans l'espace-temps affine euclidien. Le calcul donne alors $\Delta_i \psi = \partial_i \psi - M_i \psi$ ainsi, que la condition de comptabilité

$$\psi^+ \alpha^i \psi \varphi^+ \alpha_i \varphi = \bar{\varphi} \alpha_4 \varphi \bar{\psi} \alpha_4 \psi = \mu . \psi^+ \psi.$$

Comme $\bar{\varphi} \alpha_4 \varphi =$ const. compte tenu des propriétés des $M_i$, il vient finalement :

$$\mathcal{L} = -\lambda_2 \psi^+ (\alpha_i \partial_i + \mu) \psi,$$

ce qui est le Lagrangien habituel des particules de spin $1/2$.

3° *Pour la transformation autométrique* $\mathcal{L} = -\lambda_0^2 \partial^{ii} (\partial_i \bar{\varphi} - \overline{M}_i \bar{\varphi})(\partial_i \varphi - M_i \varphi)$. Procédant comme en 1° on obtient

$$\mathcal{L} = -\lambda_2^2 (\partial^{ii} \partial_i \bar{\varphi} \partial_i \varphi + \mu^2 \bar{\varphi} \varphi), \qquad \text{avec} \quad \mu^2 = \overline{M}_i M^i = \text{const};$$

c'est-à-dire le Lagrangien des particules de spin 0.

Ces calculs montrent qu'une conception purement géométrique de la nature des particules élémentaires conduit aux particules de spin 0, $1/2$ et 1. Nous verrons dans un prochain travail comment on justifie les représentations adoptées et nous calculerons les interactions qui en résultent.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la production des mésons* Π *dans les collisions nucléon-nucléon* (*théorie scalaire*). Note de M. **Jacques Prentki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié la production des mésons Π dans les collisions nucléon-nucléon en théorie mésique pseudo-scalaire. En suivant la même méthode que dans (1) nous envisageons maintenant le cas du méson scalaire et nous calculons d'une manière relativiste les sections efficaces différentielles correspondantes aux processus A, B, C, D. Les notations sont données dans (1). Les sections efficaces différentielles obtenues sont d'une forme plus compliquée que celles de (1) et, en général, ne s'intègrent pas élémentairement. Nous discutons ici les résultats des approximations N. R. En tenant compte uniquement des termes principaux, qui dans le système C. G.

---

(1) J. Prentki, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1434.

donnent des distributions angulaires isotropes, on obtient

$$(1)\quad \begin{cases} dQ_C = dQ_D = 0, \\ dQ_A = dQ_B = 64 f^2 (f^2 - f_0^2)^2 \Pi^2 \dfrac{p_3}{p_1} \dfrac{M^2}{q_0^2} q \left\{ \dfrac{1}{P} - \dfrac{1}{R} \operatorname{tg} h^{-1} \dfrac{2p_1p_3}{p_1^2 + p_3^2 + \mu^2} \right\} dq_0 \end{cases}$$

avec

$$P = (p_1^2 + p_3^2 + \mu^2)^2 - 4p_1^2p_3^2 \quad \text{et} \quad R = p_1p_3(p_1^2 + p_3^2 + \mu^2)$$

on en déduit que :

1. Pour les processus A et B, contrairement au cas pseudoscalaire, les contributions des mésons neutre et chargés sont égales. Pour des théories des F. N. purement chargée ou purement neutre on obtient des sections efficaces égales et grandes.

2. Si donc on adoptait pour le formalisme des F. N. soit une théorie chargée soit une théorie neutre, on devrait s'attendre à une dissymétrie profonde entre les mésons chargés et neutre produits. En raison des résultats expérimentaux ceci semble permettre d'exclure de tels formalismes des F. N.

3. Dans le cas d'une théorie symétrique ([2]) la présence du facteur $(f^2 - f_0^2)^2$ dans (1) conduit à $dQ_A = dQ_B = 0$. Donc seule une telle théorie pourrait enlever la difficulté 2. Mais il est alors nécessaire de prendre une meilleure approximation. On trouve pour une théorie symétrique

$$dQ_A = 16 \Pi f^6 \frac{p_3}{p_1} \frac{q}{q_0^4} \left\{ \frac{1}{P} \left[ \Pi \left( q^2 + \frac{q_0^2}{4} \right)^2 + \frac{1}{3}(16p_1^2 - 4Mq_0)q^2 + \mu^2 q^2 \right] - \frac{1}{R} \left[ \Pi \left( q^2 + \frac{q_0^2}{4} \right)^2 + \frac{1}{3}(-2p_1^2 - 4Mq_0)q^2 + \mu^2 q^2 \right] \operatorname{tg} h^{-1} \frac{2p_1p_3}{p_2^2 + p_3^2 + \mu^2} \right\}$$

$$dQ_C = \frac{3\pi}{2} \frac{\left( q^2 + \dfrac{q_0^2}{4} \right)^2}{q^2 \left( p_1^2 + p_3^2 + \dfrac{\mu^2}{2} \right)} dQ_D = 32 \Pi^2 f^6 \frac{p_3}{p_1} \frac{q}{q_0^4} \left( q^2 + \frac{q_0^2}{4} \right)^2 \left\{ \frac{1}{P} - \frac{1}{R} \operatorname{tg} h^{-1} \frac{2p_1p_3}{p_1^2 + p_3^2 + \mu^2} \right\}$$

on obtient $dQ_B$ à partir de $dQ_A$ par les substitutions $p_1 \leftrightarrow p_3$, $q_0 \leftrightarrow -q_0$ dans $\{\ \}$.

On en déduit que :

4° En raison de $dQ_A > dQ_B$, dans le cas d'une collision $p$-noyau de carbone le rapport $\Pi^+/\Pi^- > 2$.

5° Pratiquement pour toute l'étendue du spectre $dQ_C \ll dQ_D$.

6° Bien que $dQ_D$ soit de l'ordre de $dQ_B$ il lui est néanmoins de beaucoup inférieur. Donc les rapports $\Pi^0/\Pi^+$ et $\Pi^0/\Pi^-$ seront petits. La dissymétrie signalée en 2° subsiste, bien qu'un peu atténuée. Il nous semble que l'on trouve ici des indications qui défavorisent nettement une théorie scalaire, couplage

([2]) Ce problème a été discuté par H. Fukuda et G. Tageda, *Prog. Theor. Phys.*, 5, 1950, p. 800. Cependant ces auteurs s'intéressent à d'autres questions que celles soulignées dans cette Note.

scalaire, par rapport à une théorie pseudo-scalaire. Ceci concorde avec l'ensemble des résultats connus.

7° Nous noterons que les distributions angulaires ne sont isotropes que dans le cas E. Pour les autres processus elles sont en $a + b\cos^2\theta$; $a$ et $b$ sont du même ordre et sont des fonctions de $q_0$.

Nous remarquerons encore que pour une théorie scalaire, le couplage vectoriel pur donne, au troisième ordre, des sections efficaces nulles dans tout le domaine des énergies. On a ainsi une règle de sélection. Cependant, il ne faut pas en déduire, que l'on a un théorème « d'équivalence » valable comme dans le cas des F. N. Dans le cas du couplage général, la constante $g$ ne s'élimine pas mais, par l'intermédiaire de la « branche composée » du graphe, donne une contribution. C'est uniquement dans le cas E que le couplage vectoriel s'élimine entièrement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Champ soustractif et énergie propre de l'électron.* Note de M. **Serge Slansky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Énergie d'un champ résultant de la superposition d'un champ mésonique vectoriel à un champ électromagnétique. Le résultat paraît s'accorder avec les masses de l'électron et du méson.

1. La théorie du champ soustractif (¹) associe à la charge électrique $\varepsilon$ qui produit le potentiel électrostatique $V_1 = \varepsilon/r$ une charge mésonique $\varepsilon' = -\varepsilon$ qui produit le potentiel mésonique (de type vectoriel) $V_2 = -\varepsilon e^{-k_0 r}/r$. Le calcul de l'énergie du champ total, dérivant du potentiel $V(r) = V_1 + V_2 = \varepsilon(1 - e^{-k_0 r})/r$ présente une difficulté due au fait que deux répartitions de charges, l'une électrique et l'autre mésonique, peuvent créer des champs de même forme en ayant des énergies propres très différentes. Suivant que l'on applique à l'expression ci-dessus de $V(r)$, les lois classiques de l'électricité ou celle du champ mésonique, l'énergie totale du champ peut passer de $k_0/4$ à l'infini. On peut tourner cette difficulté de la manière suivante. Soit $\vec{E}$ le champ, $V$ le potentiel, $k_0 = 2\pi Mc/h$ la constante de masse du méson. On a pour le champ mésonique la densité d'énergie

$$\rho W = \frac{1}{8\pi}(E^2 + k_0^2 V^2).$$

Comme on a $\operatorname{div}\vec{E} = -k_0^2 V - 4\pi\sigma$, où $\sigma$ est la densité de charge mésonique, on a aussi

$$\rho W = \frac{1}{8\pi}[E^2 - (\operatorname{div} E + 4\pi\sigma)V].$$

(¹) L. de Broglie, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 269 et 401.

Cette formule (valable dans le cas statique $H = A = 0$) ne faisant pas de distinction entre champ mésonique et champ électrique, admettons qu'elle s'applique encore quand on superpose les deux sortes de champs. La charge totale étant nulle, dans le cas du champ soustractif, nous trouvons pour le champ dérivant du potentiel $V(r)$ l'énergie totale

$$W = \int \frac{1}{2} [(E_1 + E_2)^2 + k_0^2 V_2^2] r^2 \, dr = \frac{1}{2} k_0 \varepsilon^2,$$

soit le double de ce qu'on trouverait pour un champ purement électrique de la même forme. Ce résultat paraît assez satisfaisant, car on retrouve l'énergie propre $m_0 c^2$ de l'électron en posant $k_0 = 2 m_0 (c^2/e^2)$, ce qui correspond à un méson de masse $274 m_0$, valeur assez vraisemblable d'après les données expérimentales.

I. On peut retrouver l'expression précédente de l'énergie en réunissant les équations du champ électromagnétique et du champ mésonique vectoriel par l'emploi d'une cinquième coordonnée $x_5$ telle que $\partial/\partial x_5$ représente $ik_0$ pour le méson et O pour le photon. Suivant une méthode analogue à celle de M. Kwal ([1]) nous pouvons décrire l'état vectoriel (maxwellien) de la particule de spin 1 par les 10 composantes d'un tenseur antisymétrique $\mathcal{H}_{ij}$ dans l'espace à 5 dimensions, qui dérive d'un potentiel vecteur $\mathcal{A}_k$.

On peut prendre

$$\mathcal{A}_5 = 0, \qquad \mathcal{A}_j = A_j \text{ pour } j = 1, 2, 3, \qquad \mathcal{A}_4 = V.$$

L'expression généralisée de la densité d'énergie devient

$$\rho W = \frac{1}{8\pi} |\mathcal{H}_{ij}|^2.$$

Si l'on ne considère que les termes en E et V, on a

$$\rho W = \frac{1}{8\pi} \left[ |E|^2 + \left| \frac{\partial V}{\partial x_5} \right|^2 \right]$$

Pour une superposition de deux champs électrique et mésonique, E doit être pris sous la forme $E_1 + E_2 . \exp(ik_0 x_5)$. Dans le cas du champ soustractif, $E_1$ et $E_2$ sont en opposition, de sorte que l'on a

$$|E|^2 = |E_1|^2 + |E_2|^2 - 2 |E_1 E_2| \cos(k_0 x_0).$$

Avec les valeurs de $V_1$ et $V_2$, $E_1$ et $E_2$ considérées plus haut, l'intégrale de la densité d'énergie converge quand $k_0 x_5$ devient négligeable, on trouve à la limite

$$W = \frac{1}{2} \int [(|E_1| - |E_2|)^2 + k_0^2 V_2^2] r^2 \, dr = \varepsilon_0 k_0/2.$$

---

([1]) *Journ. de Phys.*, **10**, n° 5, 1949, p. 189.

D'après certaines analogies entre la cinquième coordonnée et le temps propre, la condition $k_0 x_5$ très petit pourrait signifier que la durée de vie du méson émis, évaluée dans son système propre, doit être plus petite que $1/k_0 c$, ou que $a/Mc^2$, autrement dit que *l'effet de champ soustractif est lié aux états virtuels* du méson

OPTIQUE. — *Au sujet d'une bonnette pour photographie sous-marine.* Note de M. Alexandre Ivanoff, présentée par M. Jean Becquerel.

Réalisation d'un système optique fournissant d'un objet immergé une image virtuelle située dans l'air et superposée à l'objet.

Pour faire de la photographie sous-marine on dispose généralement l'objectif derrière un hublot constitué par une simple lame de verre à faces parallèles. Le dioptre plan eau-air fournissant des objets immergés des images virtuelles de même grandeur mais rapprochées dans un rapport égal à l'indice de l'eau, le champ en largeur se trouve diminué et la perspective est faussée.

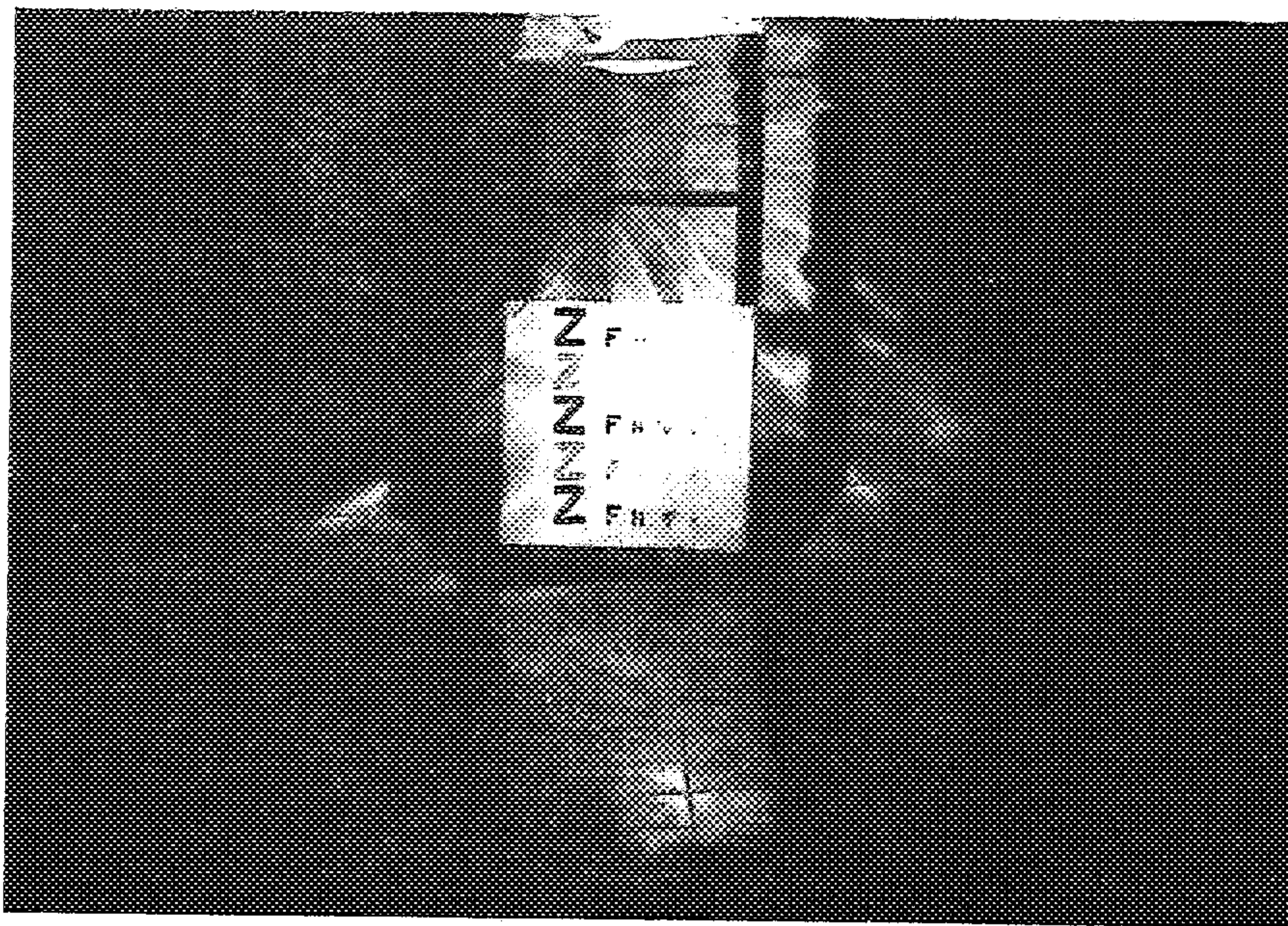


Photo n° 1.

Pour pallier à ces inconvénients le seul procédé utilisé actuellement est à notre connaissance la réalisation d'objectifs *spéciaux* dont la face avant, immergée, constitue le hublot. Nous avons pensé qu'il serait plus simple et plus économique de faire précéder les objectifs *ordinaires* d'un système optique formant hublot et fournissant de l'objet immergé une image virtuelle

*superposée à l'objet*. On peut arriver à ce résultat à l'aide simplement de deux lentilles non accolées, lentilles dont les convergences sont déterminées en écrivant par exemple que les plans principaux de l'ensemble coïncident avec le plan de front objet. La photographie 1 a été prise dans une piscine, à $4^m$ de distance, à l'aide d'une telle bonnette, corrigée de l'aberration chromatique et de l'astigmatisme, suivie d'un objectif Oplar de $50^{mm}$, ouvert à 1/3,5. La photographie 2 a été prise exactement dans les mêmes conditions et à la même

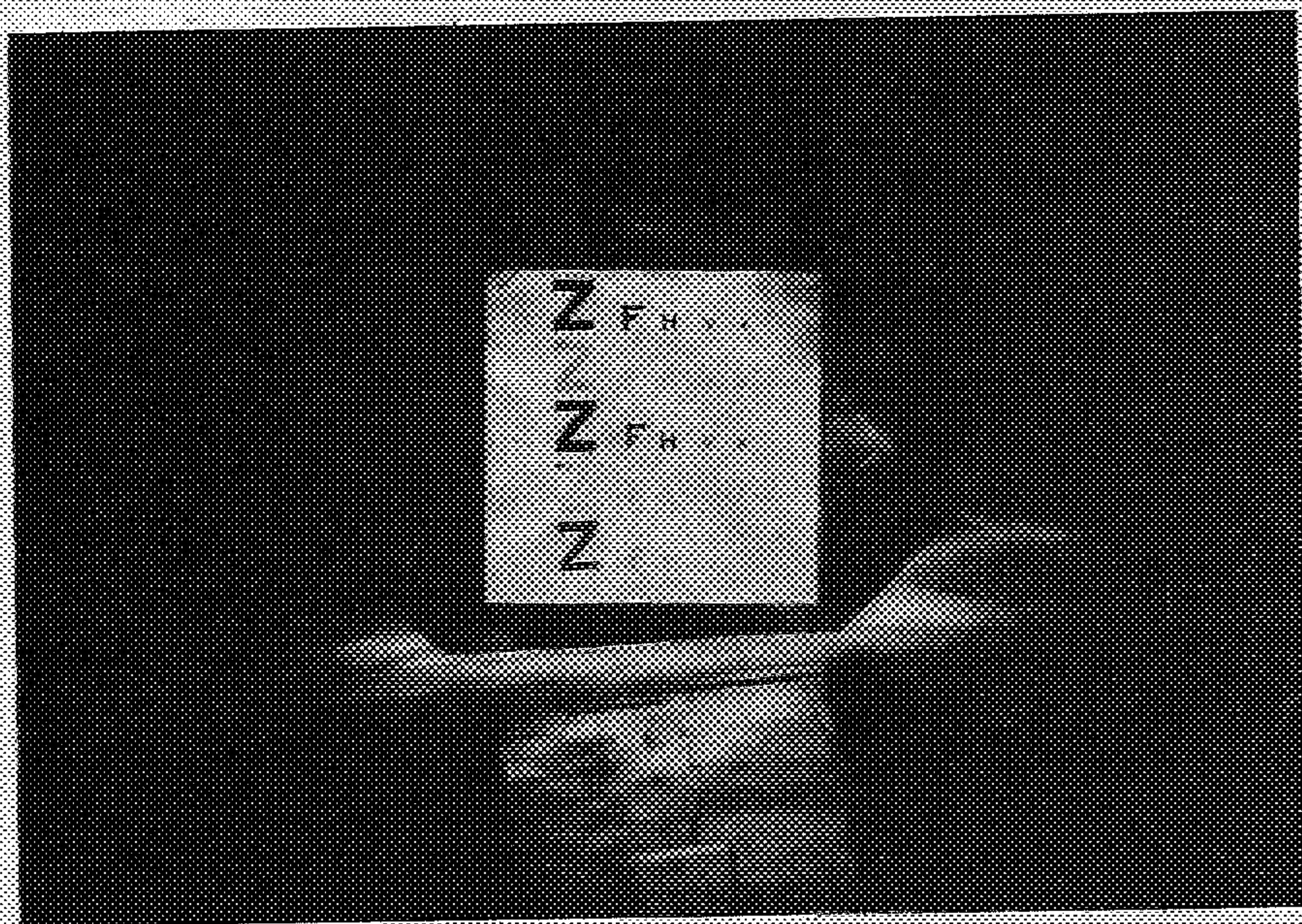


Photo n° 2.

distance, mais à travers une simple lame de verre à faces parallèles. On voit que la bonnette augmente le champ en largeur (dans un rapport égal à l'indice de l'eau), sans nuire à la netteté de l'image. Par ailleurs la perspective n'est plus faussée, puisque tout se passe comme si les objets se trouvaient dans l'air.

OPTIQUE. — *Détermination de l'indice de réfraction ordinaire de la calcite entre 5 et 14$^{\mu}$*. Note (*) de M^me^ JACQUELINE RAMADIER-DELBÈS, présentée par M. Jean Cabannes.

On a déterminé l'indice de réfraction ordinaire de la calcite de 5 à $14^{\mu}$, de part et d'autre de la fréquence d'absorption fondamentale $\nu_1$($6,71$ à $6^{\mu},99$), en utilisant les spectres cannelés produits par des lames minces semi-métallisées, taillées perpendiculairement à l'axe optique.

On sait que dans tout domaine spectral où l'on peut négliger l'indice

(*) Séance du 5 mars 1951.

d'extinction $\chi$, la position des maxima des cannelures est donnée par la relation

$$(1) \qquad nz = k\lambda,$$

$n$, représente l'indice de réfraction de la substance; $r$, l'angle de réfraction; $k$, l'ordre d'interférence; $z = 2e \cos r$ ($e$ épaisseur de lame traversée).

Le dispositif expérimental, la détermination de l'ordre d'interférence $k$, et de l'indice de réfraction $n$, ont été décrits dans un article précédent ([1]).

L'utilisation de la formule (1) suppose négligeable toute absorption; or, outre les bandes fondamentales d'absorption (6,71 à $6^{\mu}$,99 et $14^{\mu}$,16), on observe un certain nombre de bandes de combinaison, de sorte que, sur les enregistrements obtenus, il y a superposition de trois phénomènes : 1° reflexion de la lumière sur la première face de la lame cristalline; 2° absorption de la lumière ayant pénétré dans cette lame; 3° interférences entre les faisceaux réfléchis sur la première face (air-calcite) et la deuxième face (calcite-or).

Le calcul en théorie électromagnétique donne pour le rapport de l'intensité incidente à l'intensité réfléchie, l'expression

$$\left|\frac{E_1^2}{E_0^2}\right| = \frac{R_{12} + 2\sqrt{R_{12}R_{23}}\, e^{-2\beta}\cos(2\alpha - \varphi_{12} + \varphi_{23}) + R_{23}\, e^{-4\beta}}{1 + 2\sqrt{R_{12}R_{23}}\, e^{-2\beta}\cos(2\alpha + \varphi_{12} + \varphi_{23}) + R_{12}R_{23}\, e^{-4\beta}}$$

$E_0$ et $E_1$ étant les amplitudes incidente et réfléchie avec $\alpha = \pi\nu z/\lambda$, $\beta = \pi z\chi/\lambda$, $\nu$ et $\chi$ étant respectivement les indices de réfraction et d'extinction de la calcite. Les termes $R_{12}$, $R_{23}$, $\varphi_{12}$, $\varphi_{23}$ représentent, les premiers, les coefficients de réflexion, les seconds, les changements de phase pour l'incidence normale pour l'intersurface séparant les milieux (1-2) (air-calcite) et (2-3) (air-métal).

La variation de $R_{12}$ en fonction de $\lambda$ exprime la variation du pouvoir réflecteur de la calcite.

Les termes exponentiels représentent l'influence de l'absorption et les termes sinusoïdaux $\cos(2\alpha \pm \varphi_{12} + \varphi_{23})$ caractérisent le phénomène interférentiel.

Dans les régions où $\chi$ reste faible (pratiquement en dehors des zones de réflexion métalliques) $\varphi_{12}$ devient très faible, $\varphi_{23}$ déphasage par réflexion métallique est négligeable à la précision de nos mesures; les maxima et minima d'interférences sont exprimés par la formule (1).

Une étude de l'absorption et de la réflexion a été faite pour distinguer les phénomènes se superposant aux interférences. Nous avons trouvé comme Matossi ([2]) les maxima de réflexion à 6,68 et $6^{\mu}$,98. Les bandes d'absorption obtenues sont pratiquement identiques à celles de Taylor ([3]) $14^{\mu}$,16 ($\nu_2$), $12^{\mu}$,90 (?), $11^{\mu}$,38 ($\nu_3$), $10^{\mu}$,60 (?), $9^{\mu}$,80 (?), $8^{\mu}$47 et extinction à peu près complète de 7,30 à $6^{\mu}$,60 ($\nu_1$). La seule bande de combinaison apparaissant

---

([1]) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 622-626.

([2]) *Z. Phys.*, 1927, p. 501.

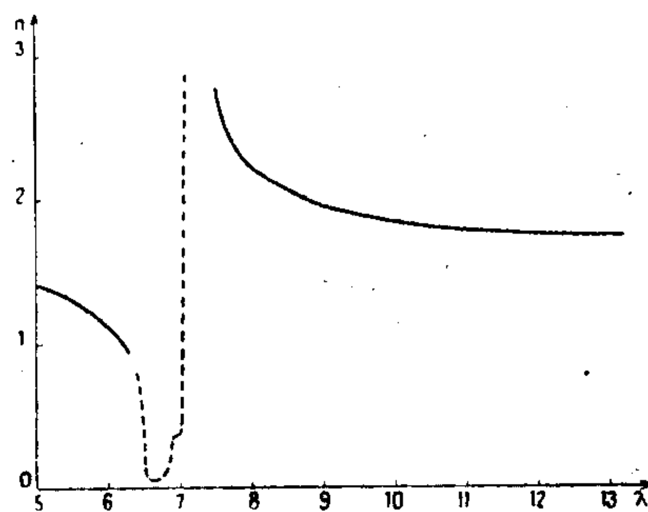
([3]) TAYLOR, *Phil. Mag.*, 16, 1928, p. 88-97.

nettement est celle à $8^{\mu},47$, attribuée par Taylor à la combinaison $\nu_2+\nu'+\nu''$ [$\nu'$ à $30^{\mu}$, $\nu''$ à $55^{\mu}$]. Les autres bandes trop faibles pour pouvoir être pointées avec précision provoquent des déformations de cannelures.

L'utilisation de couches semi-métalliques minces déposées sur la face (air-calcite), diminue considérablement l'influence de l'absorption due aux bandes de combinaisons. Par une métallisation convenable, on augmente la valeur de $R_{12}$ et l'on égalise ainsi les intensités des deux faisceaux interférents, ce qui se traduit expérimentalement par la suppression presque totale des anomalies dues à l'absorption dans le spectre cannelé.

Ce procédé nous a permis de déterminer l'indice de réfraction de part et d'autre de la bande de réflexion métallique. On observe une dispersion anomale positive du côté des grandes longueurs d'onde de la bande et négative du côté des courtes longueurs d'onde. La décroissance de l'indice est régulière de 8 à $13^{\mu}$. Il semble donc que seules les bandes à forte réflexion métallique provoquent des variations anomales de l'indice de réfraction.

La méthode interférentielle ne peut pas être utilisée entre 6,20 et $7^{\mu},40$. D'une part, à cause de la très forte valeur de $R_{12}$ (80 %), presque toute l'énergie incidente se trouve réfléchie sur la première face et l'on se trouve dans de mauvaises conditions expérimentales pour obtenir de bons contrastes; d'autre part, la très forte variation de $n$ dans cet intervalle doit provoquer un resserrement considérable des cannelures d'interférences qui ne peuvent être ainsi distinguées sur les enregistrements.




La détermination du point d'indice égal à 1 par la méthode des filtres de Christiansen (à $6^{\mu},2$), utilisée par Pfund ([1]) nous a fourni une vérification et permis de préciser sans ambiguïté l'ordre d'interférence dans cette région. L'ensemble des résultats obtenus par interférences est représenté sur la figure par la courbe en trait plein. La courbe en traits pointillés a été obtenue à l'intérieur de la bande d'absorption par Matossi et Dane ([2]) par la méthode de réflexion.

---

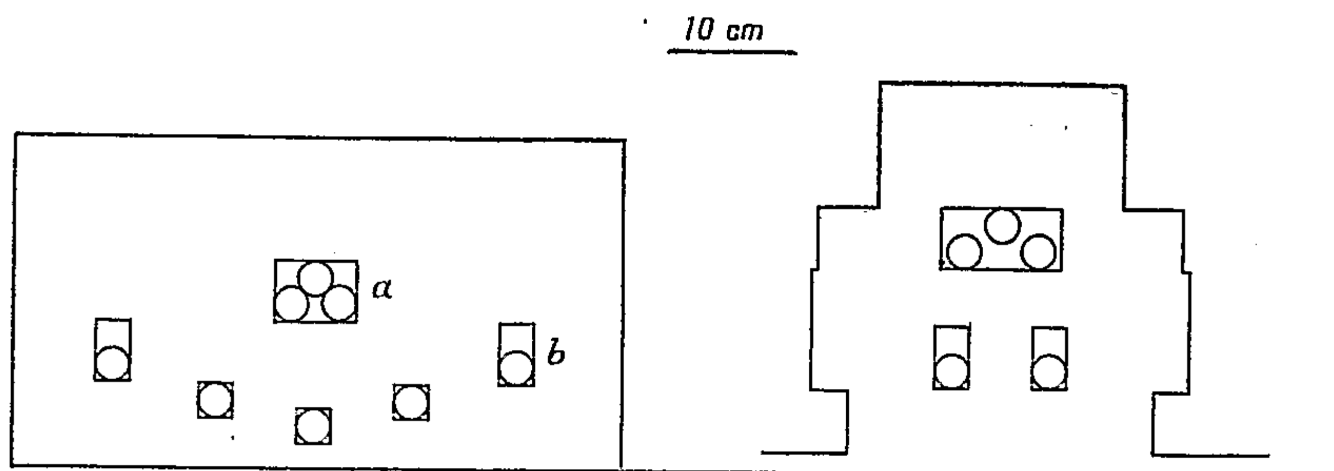
([1]) *J. Opt. Soc. Amer.*, **23**, 1933, p. 378.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'observation des bursts nucléaires au moyen de compteurs*. Note (*) de M^me **Alice Daudin**, MM. **Jean Daudin** et **Robert Robley**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. En associant à une chambre de Wilson des compteurs noyés dans du plomb, nous avions obtenu des gerbes nucléaires même au niveau de la mer en 1941 et vers 2 000$^m$ en 1942 et 1943 (1). Désirant enregistrer les variations de la composante nucléaire du rayonnement cosmique nous avons adopté un dispositif de ce genre installé au Pic du Midi (2 860$^m$).

Cependant ce dispositif étant sensible aux bursts secondaires des mésons (2), nous avons dû nous assurer que ces dernières sont négligeables à l'altitude du Pic du Midi.

2. *Effet barométrique*. — La figure 1 *a* montre la disposition des compteurs. Sont enregistrées les coïncidences entre les trois compteurs *a* en parallèle et deux au moins des cinq compteurs *b* séparés les uns des autres par 5$^{cm}$ de plomb exceptionnellement par 6. Nous avons sur 10 périodes de fonctionnement continu calculé l'effet barométrique par la méthode indiquée pour les gerbes d'Auger (3).




Un effet de 10,7 % correspond à une absorption en 128 g/cm$^2$ intermédiaire entre la forte absorption des gerbes dures de grande énergie 114 g/cm$^2$ et l'absorption plus faible des bursts dues à des neutrons 140 à 150 g/cm$^2$ (4).

3. *Variation en altitude*. — Nous avons comparé quatre dispositifs de ce type à 560$^m$ et à 2860$^m$. Celui qui nous a donné l'absorption la plus faible dans l'atmosphère est représenté par la figure 1 *b*. Il est très voisin du précédent.

---

(*) Séance du 5 mars 1951.

(1) Daudin, *Ann. Phys.*, 1943 p. 216; *Ann. Phys.*, 1944, p. 110.

(2) Maze et Thouvenin, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1477; Maze, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1295; Cocconi, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 984.

(3) A. Daudin et J. Daudin, *J. Phys.*, 10, 1949, p. 394.

(4) George et Jason, *Proc. Phys. Soc.*, 63, 1950, p. 1081; Mc Mahon, Rossi et Burditt, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 157.

Pour éprouver les appareils nous avons simultanément comparé les flux connus des mésons aux deux altitudes en déplaçant un des compteurs.

D'après cette variation en altitude et connaissant celle de la composante nucléaire et des mésons, on peut calculer l'ordre de grandeur de la proportion des événements dus à la composante nucléaire.

On corrige de 15 % les fréquences observées à Bagnères à cause du flux trop faible trouvé pour les mésons. Le rapport entre les deux stations devient $4,7 \pm 0,2$ pour une différence de pression de $170^{mm}$.

*a*. Cas le plus défavorable : Parcours de la composante nucléaire dans l'air 115 g/cm² (valable pour les très grandes énergies).

Variation du flux des mésons producteurs de Bursts identique à celle des mésons de toute énergie 1,58 ([5]).

On trouve 84 % ± 2 % dus à la composante N au Pic.

*b*. Cas le plus probable : Parcours de la composante nucléaire dans l'air 130 g/cm² (bursts d'énergie moyenne). Les mésons producteurs de bursts ont tous plus de $3.10^{9}$ eV et ne varient que d'un facteur 1,4.

On trouve 92 % ± 2 % dus à la composante N au Pic.

*Conclusion.* — *a*. Le dispositif I*a* enregistre bien des événements dus à la composante nucléaire en quasi-totalité à la fréquence de 75 bursts à l'heure.

*b*. Même au niveau de la mer et pour des coïncidences triples, la composante N intervient encore pour 40 % dans le cas le plus défavorable et pour 70 % dans le cas le plus probable. Avec des dispositifs plus ou moins exigeants que celui-ci, Cocconi([2]), Piccioni([6]) Walsh et Piccioni([7]), Walker([8]) ont trouvé 65 %, 44 %, 52 % et 24 % pour la contribution de la composante N au niveau de la mer.

TABLEAU I.

| Dates. | | extrêmes (mm Hg), | Nombre de bursts. | Effet (%) par cm Hg. | Dispersion minima. | Intervalle de dispersion double (%). | Poids conventionnel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1- 5 au | 11- 5..... | 535-545 | 18000 | 9,7 | 0,44 | ± 8 | 12 |
| 25- 5 | 30- 6..... | 538-550 | 73000 | 10,5 | 2,30 | ± 5 | 20 |
| 7- 7 | 20- 7..... | 542-548 | 20000 | 9 | 1,6 | ±12 | 8 |
| 9- 8 | 22- 8..... | 537-547 | 21000 | 14,1 | 0,9 | ± 7 | 14 |
| 5- 9 | 9-10..... | 536-548 | 50000 | 4 | 2,2 | ±12 | 8 |
| 9-10 | 28-10..... | 532-550 | 25000 | 6,9 | 1,7 | ± 7 | 14 |
| 28-10 | 17-11..... | 530-544 | 30000 | 11 | 1,5 | ± 7 | 14 |
| 17-11 | 5-12..... | 527-546 | 30000 | 13,7 | 0,9 | ± 5 | 20 |
| 13-12 | 25-12..... | 519-536 | 25000 | 10,5 | 1,6 | ± 3 | 33 |
| 25-12 | 9-2...... | 516-545 | 76000 | 11 | 1,6 | ± 3 | 33 |
| Total...... | | | 368000 | 10,7 | | ± 1 | |

(5) Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 537.

(6) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 1.

(7) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 619.

(8) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 686.

TABLEAU II.

| | | | | Rapport $\frac{2860^m}{560}$. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Mésons. | |
| | | Bursts. | Mésons. | Bursts. | observé. | connu (2). |
| Bagnères. | 1599 | 4,94±0,12 (709mmHg) | $\frac{2338}{418'}$ (709mmHg) | 5,4±0,25 | 1,89±0,06 | 1,64 |
| Pic...... | 7396 | 26,95±0,3 (540mmHg) | $\frac{2843}{267'}$ (530mmHg) | 5,4±0,25 | 1,89±0,06 | 1,64 |

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Calcul, aux grandes énergies, de la relation parcours-énergie des protons dans l'émulsion photographique Ilford* $C_2$. Note (*) de M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le calcul effectué, basé sur la formule théorique de Bethe, représente parfaitement les résultats expérimentaux déjà publiés, entre 5 MeV et 40 MeV. Il est donc légitime d'extrapoler pour E > 40 MeV.

Avec M. Bogaardt, nous avons précédemment calculé (1), indépendamment de la connaissance de la relation dans l'air, la relation $R = f(E)$ liant le parcours des protons dans l'émulsion à leur énergie.

L'emploi des valeurs, peu précises, des potentiels d'ionisation données par Mano (2) pour différents éléments pouvant expliquer le léger écart, au-dessus de 5 MeV, de la courbe calculée et des points expérimentaux, il a donc paru utile de reprendre le calcul *en déterminant directement dans l'émulsion le coefficient qui dépend des potentiels d'ionisation.*

$N_i$ étant le nombre d'atomes de l'élément chimique $i$ dans $1^{cm^3}$ d'émulsion, nous avons, pour cet élément, d'après Bethe (3),

$$(1)\qquad -\left(\frac{dE}{dx}\right)_i = \frac{1}{mv^2}4\pi e^4 z^2 Z_i N_i[\,\mathrm{Log}\,2mv^2 - \mathrm{Log}\,I_i - \mathrm{Log}(1-\beta^2) - \beta^2 - (C_K)_i - (C_L)_i\,].$$

Négligeons $(C_K)_i$ et $(C_L)_i$, mal connus, et qui s'annulent aux grandes énergies. Définissons, pour l'ensemble de l'émulsion, le nombre total N d'atomes par centimètre cube, Z *moyen et* I *moyen* par les formules suivantes :

$$(2)\qquad N = \Sigma N_i,$$

$$(3)\qquad Z = \frac{1}{N}\Sigma N_i Z_i,$$

$$(4)\qquad \mathrm{Log}\,I = \frac{1}{NZ}\Sigma N_i Z_i\,\mathrm{Log}\,I_i.$$

(*) Séance du 12 mars 1951.

(1) *Journ. Phys.*, **11**, 1950, p. 652.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 319 et *Ann. de Phys.*, **11**, 1934, p. 407.

(3) M. S. Livingston et H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, **9**, 1937, p. 245.

En admettant l'additivité des pouvoirs de ralentissement de ses constituants, ce qui est légitime ([1]), on a, pour l'ensemble de l'émulsion,

$$(5) \qquad -\frac{dE}{dx} = \frac{1}{mv^2} 4\pi e^4 z^2 ZN[\text{Log}\,2mv^2 - \text{Log}\,I - \text{Log}(1-\beta^2) - \beta^2].$$

Il est commode d'exprimer E en MeV, I en électrons-volts, $x$ en $\mu$. $\varepsilon$ et $\varepsilon'$ étant des fonctions de E nulles à basse énergie, (5) peut s'écrire

$$(6) \qquad -\frac{dx}{d(E^2)} = \frac{1}{a(1+\varepsilon)(\log_{10}E + b - \varepsilon')}.$$

Vu la composition de l'émulsion (notice Ilford 1949) et les valeurs des constantes ([4]) entrant dans (5), nous avons

$$(7) \qquad a = 0,118,$$

$$(8) \qquad b = 3,33819 - \log_{10} I.$$

Afin de raccorder avec la courbe précédemment publiée ([1]), valable pour $E < 5\,\text{MeV}$, il faut prendre $R(5\,\text{MeV}) = 170^{\mu},70$ comme constante d'intégration de (6). $a$ est fixé par la composition chimique; *considérant b comme ajustable*, nous avons constaté que $b = 0,74$ permet, après intégration de (6), de représenter parfaitement, dans la limite des erreurs indiquées par les auteurs, tous les points (E — R) publiés entre 5 MeV et 40 MeV ([5]), ([6]), ([7]), ([8]). Toutefois, en ce qui concerne Bradner et alias, dont les résultats s'étendent jusque $E = 39,5\,\text{MeV}$, le point situé à 7,8 MeV, en désaccord avec les autres expérimentateurs, est erroné et les erreurs indiquées pour les points $E = 16,4\,\text{MeV}$ et $E = 17,6\,\text{MeV}$ sont certainement sous-estimées car ces deux points, qui sont voisins, se placent l'un en dessus, l'autre en dessous de la courbe $R = f(E^2)$.

De $b = 0,74$, nous déduisons par (8) que le potentiel moyen d'ionisation de l'émulsion Ilford $C_2$ est voisin de 400 eV. Une discussion plus complète de la précision des calculs sera prochainement publiée.

Le parfait accord du calcul et de l'expérience, de $E = 5\,\text{MeV}$ à $E = 40\,\text{MeV}$ justifie l'extrapolation pour $E > 40\,\text{MeV}$.

---

([4]) J. A. Bearden et H. M. Watts, *Phys. Rev.*, **81**, 1951, p. 73.

([5]) C. M. G. Lattes, P. H. Fowler et P. Cüer, *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 883.

([6]) Green et Livesey, cités par N. Feather, *Nucléonics*, juillet 1949.

([7]) Rotblatt, *Nature*, **165**, 1950, p. 387.

([8]) H. Bradner, F. M. Smith, W. H. Barkas et A. S. Bishop, *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 462.

TABLEAU.

*Parcours* R (en μ) *des protons, calculé pour l'émulsion Ilford* $C_2$, *en fonction du carré de l'énergie* E (en MeV).

| $E^2$. | R. | $E^2$. | R. | $E^2$. | R. | $E^2$. (Deux colonnes par extrapolation.) | R. | $E^2$. | R. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25... | 170,70 | 120... | 654,9 | 600... | 2648 | 1800... | 6941 | 8000 | 25691 |
| 30... | 199,57 | 140... | 747,9 | 700... | 3030 | 2000... | 7614 | 9000 | 28472 |
| 35... | 227,72 | 160... | 839,3 | 800... | 3406 | 2500... | 9260 | 10000 | 31210 |
| 40... | 255,29 | 180... | 929,2 | 900... | 3777 | 3000... | 10875 | 12000 | 36570 |
| 45... | 282,34 | 200... | 1017,9 | 1000... | 4142 | 3500... | 12452 | 15000 | 44370 |
| 50... | 308,98 | 250... | 1235,9 | 1100... | 4504 | 4000... | 14002 | 20000 | 56860 |
| 60... | 361,17 | 300... | 1446,9 | 1200... | 4861 | 4500... | 15526 | 25000 | 68850 |
| 70... | 412,16 | 350... | 1654,5 | 1300... | 5215 | 5000... | 17028 | 30000 | 80440 |
| 80... | 462,17 | 400... | 1859,6 | 1400... | 5566 | 6000... | 19978 | 40000 | 102630 |
| 90... | 511,35 | 450... | 2059,6 | 1500... | 5913 | 7000... | 22862 | 50000 | 128780 |
| 100... | 559,80 | 500... | 2258,0 | 1600... | 5258 | | | | |

## PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rapport d'embranchement* $\beta^+ - \beta^-$ *du* $^{80}_{35}$Br.

Note (*) de Mme **JEANNE LABERRIGUE-FROLOW**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On étudie la désintégration $\beta^+ - \beta^-$ du $^{80}$Br à l'aide d'un spectrographe magnétique. On donne les spectres $\beta^+$ et $\beta^-$, on en déduit $\beta^+/\beta^- = 0{,}028 \pm 0{,}002$. On détermine les énergies maxima $\beta^+$ et $\beta^-$

$$[E_{\beta^+\text{max}} = 868 \pm 7 \text{ keV},\ E_{\beta^-\text{max}} = (2{,}11 \pm 0{,}01 \text{ MeV})].$$

On calcule la valeur théorique de la probabilité de capture K, on compare avec les résultats expérimentaux.

Les deux isobares voisins de $^{80}_{35}$Br sont $^{80}_{34}$Se et $^{80}_{36}$Kr, tous deux stables. $^{80}_{35}$Br peut donc, d'après les théories de la radioactivité β, se désintégrer par émission de $\beta^+$ et de $\beta^-$.

Ces deux modes de désintégration ont été observés : Kourtchatov et Latichev ([1]), dans une étude à la chambre Wilson observent 27 trajectoires de positrons pour 9000 d'électrons ($\beta^+/\beta^- = 0{,}003$). Barber ([2]), utilisant la méthode des trochoïdes, observe les $\beta^+$ du $^{80}_{35}$Br et trouve les valeurs de $0{,}73 \pm 0{,}1$ MeV pour l'énergie maxima $\beta^+$, par absorption, et 0,03 pour le rapport $\beta^+/\beta^-$.

Djelepov, Antoneva et Chestapolova ([3]) utilisant un spectromètre parti-

(*) Séance du 12 mars 1951.

([1]) *J. Exp. Theor. Phys.*, 5, 1935, p. 367.

([2]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1156.

([3]) *D. A. N. U. R. S. S.*, 64, 1949, n° 3.

culier donnent $E_{\beta^+ max} = (1 \pm 0,1)$ MeV et un rapport $\beta^+/\beta^- = 0,010 \pm 0,002$. Reynolds ([4]) enfin, dans une étude au spectrographe de masse, donne la valeur $K + \beta^+/\beta^- = 0,090 \pm 0,002$.

Les résultats obtenus pour le rapport $\beta^+/\beta^-$ n'étant pas concordants, il a paru intéressant d'étudier la désintégration de $^{80}_{35}Br$ à l'aide d'un spectrographe magnétique à focalisation semi-circulaire ([5]) dans lequel il est facile de séparer les $\beta^-$ des $\beta^-$ afin d'en donner une détermination plus précise. Et, en tenant compte des résultats de Reynolds, dont la méthode est précise, d'en déduire la valeur $K/\beta^+$ directement comparable à la théorie.

Les sources utilisées étaient obtenues par irradiations du bromoforme par les neutrons lents du réacteur à uranium de Châtillon suivant la méthode de Szilard et Chalmers. Le brome était extrait sous forme de BrNa et contenait un mélange de $^{80}_{35}Br$ ($4^h, 4^m$); de $^{80}_{35}Br$ (18 minutes) en équilibre avec le précédent; et de $^{82}_{35}Br$ (35 heures).

Le rayonnement $\beta^+$ a été observé et sa période suivie : elle a été trouvée égale à $4^h,4 \pm 0,1$ ce qui permet d'affirmer que ce rayonnement accompagne la désintégration de $^{80}_{35}Br$, aucun $\beta^+$ observé n'accompagnant la désintégration de $^{82}_{35}Br$ (35 heures).

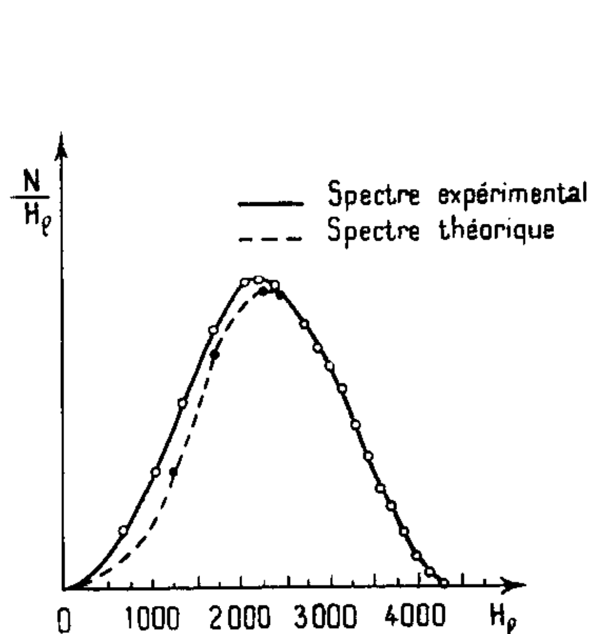


Fig. 1.

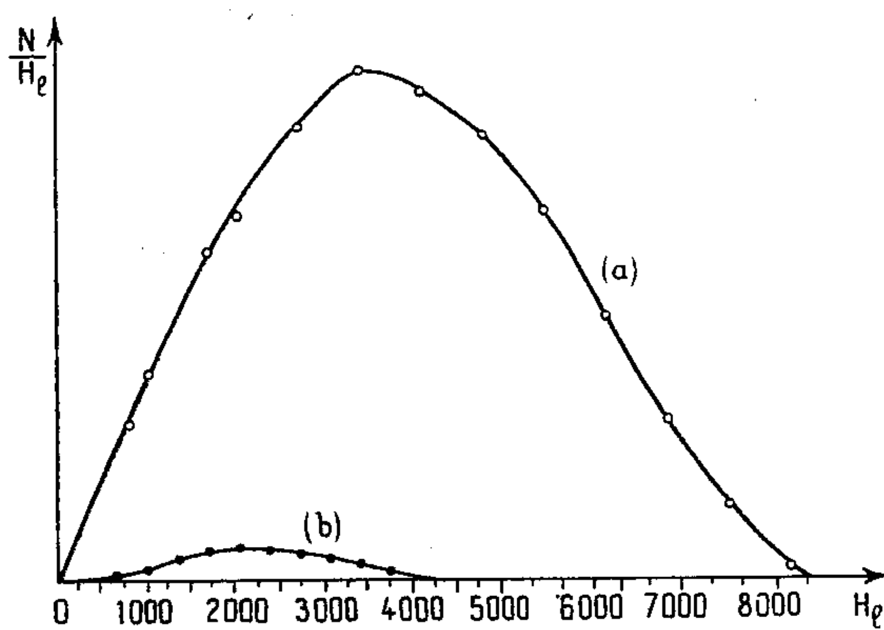


Fig. 2.

Le spectre des électrons positifs (*fig.* 1) a une énergie maximum de 4262 Hρ (868 ± 7 keV). La probabilité de désintégration $\beta^+$ étant faible, par rapport à celle des $\beta^-$, les sources utilisées pour l'étude du spectre $\beta^+$ étaient épaisses (5 Mg/cm²), ce qui entraîne une imprécision dans la forme du spectre dans le domaine des énergies basses. Le spectre $\beta^+$ a été calculé d'après la théorie de Fermi. Il diffère du spectre expérimental de moins de 5 % (*fig.* 1).

Le spectre des électrons négatifs du $^{80}_{35}Br$ (18 minutes) a également été

([4]) *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 789.

([5]) N. Marty, *Thèse*, Paris, 1950 (en cours de publication, *Annales*).

étudié (*fig.* 2). On déduisait la participation des électrons négatifs du $^{80}_{35}$Br en la déterminant par des mesures faites jusqu'à 70 heures après la fin de l'irradiation, lorsque $^{80}_{35}$Br a totalement décru. L'énergie maximum du spectre $\beta^-$ de $^{80}_{35}$Br ainsi obtenu est égale à 8594 $H\rho$, soit $(2,11 \pm 0,01)$ MeV. Le tracé des droites de Fermi correspondant à ce spectre met en évidence sa complexité, confirmant les résultats obtenus par Bleuler et Zünti ([6]).

La comparaison des aires des spectres $\beta^+$ et $\beta^-$ de $^{80}_{35}$Br donne pour le rapport $\beta^+/\beta^-$ la valeur $0,028 \pm 0,002$.

Tenant compte du résultat obtenu par Reynolds ([4]) pour le rapport $(\beta^- + K/\beta^-) = 0,090 \pm 0,002$, on est amené à prévoir une probabilité de désintégration du $^{80}_{35}$Br par capture K telle que $(K/\beta^-) \simeq 0,06$ et $(K/\beta^+) \sim 2$.

Le calcul théorique du rapport $K/B^+$, fait d'après les formules de Konopinski ([7]), avec l'énergie maximum $\beta^+$ que nous avons déterminée nous a conduit à la valeur $K/\beta^+ = 1,75$ qui concorde bien avec la valeur tirée de notre expérience et de celle de Reynolds.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Sur les particularités paramagnétiques des solutions de sels de fer et de cobalt.* Note (*) de M. **Yves Ayant**, présentée par M. Jean Cabannes.

On explique l'anomalie des moments des ions $Fe^{++}$ et $Co^{++}$ par un blocage partiel par effet Stark produit par les ions de signe opposé et les dipôles de l'eau. La théorie donne les valeurs expérimentales à 1 % près.

1. *Particularités des ions* $Fe^{++}$ *et* $Co^{++}$. — La théorie du blocage du moment orbital dans les ions paramagnétiques interprète en général correctement les valeurs des moments effectifs des ions du groupe du fer, comme le montre la table donnée dans l'Ouvrage de van Vleck ([1]). Néanmoins, on y voit deux exceptions notables, $Fe^{++}$ et $Co^{++}$ qui n'obéissent ni à la valeur spin-seul, ni aux diverses valeurs « ions-libres », mais possèdent des moments effectifs intermédiaires. On peut rendre très exactement compte de leurs valeurs en admettant que leur moment orbital est bloqué par un champ irrégulier, mais ayant à chaque instant une symétrie cylindrique; on peut alors définir un moment effectif $\mu_1$ pour un champ magnétique $\vec{H}$ parallèle à l'axe de symétrie du champ élec-

(6) *Helvetica Physica Acta*, 19, 1946, p. 375.
(7) *Rev. Mod. Phys.*, 15, 1943, p. 200.

(*) Séance du 12 mars 1951.
(1) *The theory of Electric and Magnetic Susceptibilities* (Oxford, 1932), Ch. XI, p. 285.

trique $\vec{e}$ et un moment $\mu_2$ pour un champ perpendiculaire avec

(1) $$\mu_1^2 = 4S(S+1) + 3L^2, \qquad \mu_2^2 = 4S(S+1).$$

Dans le cas où $\vec{H}$ fait un angle $\theta$ avec $\vec{e}$, on aura pour le moment magnétique dans la direction de $\vec{H}$

(2) $$M_H = H\frac{\beta^2}{3kT}\mu_1^2\cos^2\theta + H\frac{\beta^2}{3kT}\mu_2^2\sin^2\theta,$$

d'où

(3) $$M_H = H\frac{\beta^2}{3kT}\,\frac{\mu_1^2 + 2\mu_2^2}{3},$$

ce qui fournit

(4) $$\mu_{\text{eff}}^2 = 4S(S+1) + L^2.$$

Formons le tableau suivant :

| | $\sqrt{4S(S+1)}$. | $\sqrt{4S(S+1)+L(L+1)}$. | $\sqrt{4S(S+1)+L^2}$. | $\mu_{\text{eff}}$ exp. |
|---|---|---|---|---|
| $Fe^{++}$......... | 4,9 | 5,48 | 5,30 | 5,33 ([2]) |
| $Co^{++}$......... | 3,87 | 5,10 | 4,90 | 4,95 |

La formule (4) donne nettement le meilleur accord (1 %).

2. *Polarisation magnétique au voisinage d'un ion.* — Cette question est importante pour déterminer le déplacement de la fréquence de résonance magnétique d'un noyau appartenant à un ion en présence d'ion $Fe^{++}$ ou $Co^{++}$ (par exemple résonance de F ou de Li).

Les relations du paragraphe 1 donnent la réponse; plaçons l'ion considéré en O, choisissons $Oz$ parallèle à un champ magnétique appliqué $H_0$. Au voisinage de O, le blocage de l'ion paramagnétique sera principalement assuré par le champ produit par l'ion O. $M_H$ sera alors donné par la formule (2), où $\theta$ est la colatitude par rapport à $Oz$. La concentration étant fonction du rayon [en première approximation proportionnelle à $e^{-(zz'e^2/\varepsilon kT)(1/r)}$] et étant désignée par $N(r)$, on trouve alors pour la polarisation magnétique :

$$M = N(r)\frac{\beta^2 H_0}{3kT}(\mu_1^2\cos^2\theta + \mu_2^2\sin^2\theta),$$

$$M = N(r)\frac{\beta^2 H_0}{3kT}\mu_{\text{eff}}^2 + N(r)\frac{\beta^2 H_0}{3kT}\,\frac{2}{3}(\mu_1^2 - \mu_2^2)P_2(\cos\theta).$$

Le premier terme sera le terme normal que l'on retrouverait pour tous les ions. Le second qui provient des propriétés particulières de $Fe^{++}$ et $Co^{++}$ présente une dépendance angulaire qui explique le déplacement anormal de la fréquence de résonance magnétique du noyau O.

Il permet une évaluation quantitative de ce phénomène, qui sera développée dans une Note ultérieure.

---

([2]) A. Chatillon, *Ann. Phys.*, 9, 1928, p. 187.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Évolution des sols d'hydroxyde de nickel.* Note de M[me] **Jacqueline Longuet-Escard** et M[lle] **Odette Bagno**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note antérieure [1], l'une de nous avait étudié certains échantillons d'hydroxyde de nickel précipité, dont le diagramme de Debye-Scherrer présentait, en plus de la réflexion 001 normale, une série de réflexions de base correspondant à une grande période. Nous avons constaté depuis que cet aspect simple du cliché est assez exceptionnel, et qu'en règle générale, on observe, à la place de la raie 001 normale, une série de réflexions anormales et diffuses, ne correspondant pas à des indices $l$ entiers.

Dans cette série, les deux réflexions les plus intenses encadrent la réflexion habituelle 001 de $Ni(OH)_2$; la position et l'aspect de ces réflexions dépendent des conditions de précipitation et de lavage, et de l'âge des suspensions. La comparaison des clichés d'un échantillon sec et de la suspension-mère montre une parenté étroite :

*a.* Les réflexions *hkl* conservent la même largeur dans la suspension et à l'état solide.

*b.* La réflexion 001 de la suspension est très diffuse, et les réflexions anormales de l'état sec se présentent comme un effet de modulation de la réflexion diffuse de la suspension.

Ainsi, ces réflexions anormales s'interprètent comme un effet d'interférence entre les micelles agglomérées par les faces 001 en cours de séchage. Le phénomène décrit dans la précédente Note avait semblé pouvoir être attribué au chlore; or on le retrouve également en l'absence de chlore : par des lavages par dialyse, on arrive à faire baisser la teneur en chlore de 2 % jusqu'à 0,1 %, tout en conservant les raies anormales et sans qu'elles changent d'aspect. On est donc amené à penser qu'en s'agglomérant, les couches emprisonnent des anions à l'état adsorbé, ces anions pouvant être $Cl^-$, $NO_3^-$, $CO_3^{--}$, etc. C'est la nature et la quantité de ces anions qui sont responsables de l'intensité et de la position des raies. Cette question sera développée dans une publication ultérieure, mais dès à présent on peut dire qu'en première approximation, la distance des raies anormales intenses varie en raison inverse de l'épaisseur des micelles agglomérées, et qu'elle mesure en gros l'épaisseur des micelles primaires; l'évolution des intensités relatives est fonction de la polydispersion, les cas cités dans la Note précédente étant donnés par des suspensions monodispersées.

---

(1) J. Longuet, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 150.

*Phénomènes de vieillissement.* — L'évolution des raies anormales, observées notamment sur des échantillons orientés, a permis de suivre le vieillissement qui s'effectue en trois stades :

*a.* Tout d'abord, les flocons précipités se dispersent en micelles libres, très fines, et donnent une suspension translucide : c'est le phénomène de peptisation, qui, dans nos expériences, prend naissance dans les premières 24 heures suivant la préparation. Alors que les flocons ne donnent pas lieu à la formation d'agrégats orientés, ces derniers s'obtiennent très facilement dès que la peptisation a commencé.

*b.* Puis, l'on a un vieillissement se traduisant par l'augmentation de l'épaisseur des micelles : les raies anormales intenses se rapprochent progressivement; cette épaisseur reste assez homogène. Parallèlement, le diamètre des micelles croît également, comme le montre l'affinement des raies *hko*.

*c.* Enfin, la croissance des micelles se poursuivant, celles-ci deviennent de plus en plus hétérogènes quant à leur dimension perpendiculairement au plan 001 : la raie externe atteint la position correspondant à la raie normale 001 (4,60 Å), et la raie interne est très floue, tout en se rapprochant de l'autre, pour finalement se confondre avec elle. La durée totale de vieillissement peut varier, suivant les conditions expérimentales, entre 20 jours et 3 mois.

*Facteurs de vieillissement.* — Différents facteurs influent sur le vieillissement, notamment :

*a.* les conditions de préparation : le vieillissement est accéléré par des agitations plus longues, au cours des lavages, d'une part, par des séjours plus prolongés dans les eaux de lavage entre les différents lavages, d'autre part, et enfin par un nombre de lavages moins élevé;

*b.* la présence de petites quantités d'anions;

*c.* la température, lors de la précipitation et durant le vieillissement, celui-ci étant accéléré fortement par une élévation de la température.

A propos de l'effet *b*, il faut souligner que l'ion $CO_3^{--}$ ralentit très nettement le vieillissement; l'action brutale du gaz carbonique provoque la floculation du sol et en arrête à peu près totalement l'évolution.

En résumé, l'étude des raies $00l$ multiples de l'hydroxyde de nickel permet de suivre l'évolution des sols; les résultats obtenus confirment et complètent ceux que Berger [2] avait obtenus par d'autres méthodes.

---

[2] *Kol. Zeit.*, **103**, 1943, p. 185 et **104**, 1943, p. 24.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude théorique de la surtension dans les systèmes oxydo-réducteurs.* Note (*) de M. **Eugène Lewartowicz**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans les Notes précédentes nous avons résumé les résultats d'études expérimentales de la surtension dans les systèmes $Fe^{++}$ — $Fe^{+++}$ ([1]), hydroquinone-quinone ([2]) et $Ce^{+++}$ — $Ce^{++++}$ ([3]). Il est intéressant d'interpréter ces résultats du point de vue des courbes : énergie potentielle-distance. Cette interprétation a été faite dans le cas de la décharge cathodique des ions métalliques par M. Bonnemay ([4]).

Examinons le système $Fe^{++}$ — $Fe^{+++}$. Différents auteurs indiquent les nombres d'hydratation de ces ions ([5]) et tous ont constaté que l'ion ferrique est plus hydraté, donc plus grand que l'ion ferreux, ce qui est d'ailleurs conforme à la valeur plus élevée de sa charge. Si l'on admet que le minimum d'énergie potentielle d'un ion correspond à une distance de l'électrode égale au rayon de cet ion à l'état hydraté, il est normal d'envisager une disposition relative des courbes : énergie-distance qui est indiquée sur la figure 1; la courbe de l'ion $Fe^{++}$ se trouvant plus près de l'électrode que celle de l'ion $Fe^{+++}$.

Un ion ferrique qui, en s'approchant de l'électrode, dépasse le point d'intersection des deux courbes, peut capter un électron de la surface métallique et passer à l'état ferreux en libérant le nombre correspondant de molécules d'eau. La réaction inverse, l'oxydation, a lieu, lorsqu'un ion ferreux traverse la barrière potentielle en s'éloignant de l'électrode. Il y a certainement des échanges électroniques entre les deux états d'oxydation qui se font directement ou indirectement sans aucune participation de la surface métallique, mais cela ne nous empêche pas d'envisager que l'équilibre d'oxydo-réduction au voisinage immédiat d'une électrode inattaquable soit déterminé par le mécanisme proposé.

Lorsque l'électrode est polarisée à l'aide d'une source extérieure de courant et que son potentiel évolue de $\eta$, les minima d'énergie potentielle varient de $\Delta E = \pm 2\varepsilon\eta$ et de $\Delta E' = \pm 3\varepsilon\eta$, $2\varepsilon$ et $3\varepsilon$ étant les charges respectives des ions considérés. Dans le cas de la polarisation cathodique, qui s'accompagne d'une augmentation d'énergie potentielle des cations, on choisira le signe +.

---

(*) Séance du 5 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 362-365 et 1326-1328.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1173-1176.

([3]) Note en préparation.

([4]) *J. Chem. Phys.*, **44**, 1947, p. 187-196.

([5]) H. Brintzinger et C. Ratanarat, *Z. anorg. allg. chemie*, **222**, 1935, p. 113-125; H. Sachsse, *Z. Elektrochem*, **40**, 1934, p. 531-535.

Désignons par $f'(x_0)$ et par $\varphi'(x_0)$ les valeurs respectives des dérivées de nos deux courbes au point de leur intersection, O, (*fig.* 2). Pour une surtension cathodique infiniment petite $d\eta$ le nouveau point d'intersection se trouve en O′. Les valeurs d'énergie d'activation sont à l'équilibre W pour l'oxydation et W′ pour la réduction; les nouvelles valeurs sont $W + dW$ et $W' + dW'$.

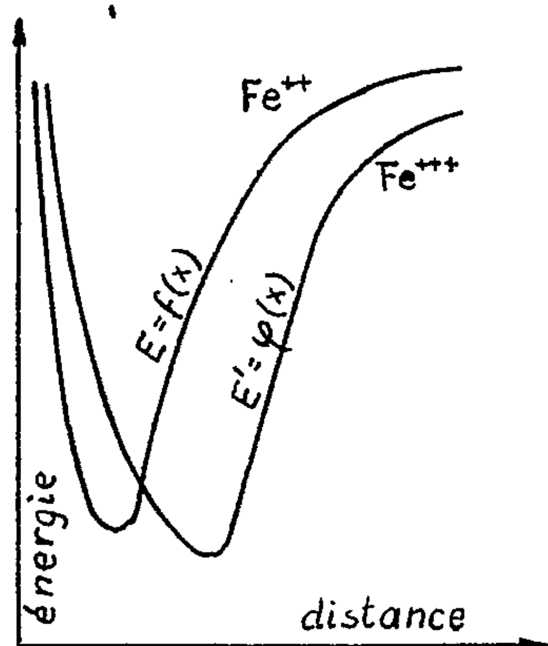



Fig. 1.

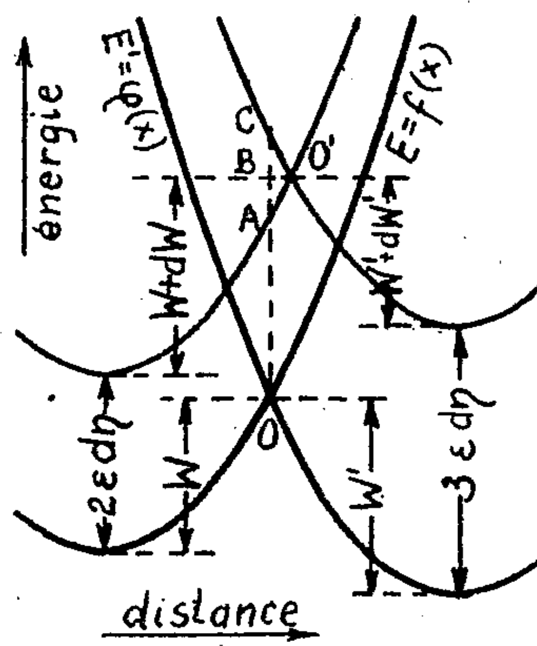



Fig. 2.

Dans les conditions envisagées on a droit d'admettre que la variation du potentiel d'électrode se traduit par une simple translation verticale des courbes et de considérer les segments O′A et O′C comme des portions rectilignes.

On voit sur la figure 2 que $dW = AB$ et $dW' = -BC$, mais on trouve par un calcul facile que

$$AB = \frac{AC}{1 - \frac{f'(x_0)}{\varphi'(x_0)}}, \qquad BC = \frac{AC}{1 - \frac{\varphi'(x_0)}{f'(x_0)}} \qquad \text{et} \qquad AC = OC - OA = \varepsilon\, d\eta,$$

d'où

$$dW = + \frac{\varepsilon\, d\eta}{1 - \frac{f'(x_0)}{\varphi'(x_0)}} \qquad \text{et} \qquad dW' = - \frac{\varepsilon\, d\eta}{1 - \frac{\varphi'(x_0)}{f'(x_0)}}.$$

D'autre part, la théorie de la surtension de R. Audubert (6) appliquée au cas de la réduction électrolytique du fer trivalent donne

$$dW = + \alpha\varepsilon\, d\eta \qquad \text{et} \qquad dW' = - \beta\varepsilon\, d\eta.$$

En comparant ces formules avec les précédentes on obtient pour les coefficients de transfert les expressions suivantes :

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{f'(x_0)}{\varphi'(x_0)}} \ \text{(oxydation)} \qquad \text{et} \qquad \beta = \frac{1}{1 - \frac{\varphi'(x_0)}{f'(x_0)}} \ \text{(réduction)}.$$

(6) *J. Phys. Rad.*, 8e série, 3, 1942, p. 81-89.

Il est facile de vérifier que $\alpha + \beta = 1$, ce qui a été confirmé par l'expérience.

On peut refaire un raisonnement analogue et arriver aux mêmes résultats dans le cas de la polarisation anodique, ou bien dans le cas d'un système composé par les anions.

Ces résultats montrent que la forme même des courbes d'énergie potentielle, qui ne peuvent être nécessairement assimilées à des droites sur une grande longueur, permet d'expliquer le fait que les coefficients de transfert ne sont constants que dans le domaine des petites surtensions où l'on peut considérer que le rapport des pentes ne varie pas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse thermique des bioxydes de manganèse activés.* Note de MM. **Jean Amiel** et **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

Poursuivant l'étude du bioxyde de manganèse utilisé comme dépolarisant dans les piles du type Leclanché ([1]), nous avons été conduits à étudier les phénomènes thermiques présentés par divers échantillons lorsqu'on les chauffe. L'étude a été faite à la fois par analyse thermique différentielle et par examen de la variation du poids en fonction de la température. Elle a porté sur un grand nombre d'échantillons, les uns normaux (naturels ou obtenus par des méthodes classiques), les autres activés en vue d'accroître leurs propriétés catalytiques.

1. Tous ces échantillons contenaient un certain pourcentage d'eau (crochet endothermique A). Ils avaient été au préalable séchés à basse température. Certains pouvant être considérés comme secs, leur eau n'est pas une eau d'humidité.

2. Tous ces échantillons présentent un crochet endothermique B, plus ou moins accusé, commençant aux alentours de 230° C. C'est ainsi que l'on obtient, pour neuf échantillons, les valeurs suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1...... | 200 | 4...... | 250 | 7...... | 230 |
| 2...... | 220 | 5...... | 230 | 8...... | 240 |
| 3...... | 250 | 6...... | 130 | 9...... | 250 |

3. Dans tous les cas, on observe, à partir de 320° C environ, un coude endothermique C. Il ne s'agit pas encore du début de la transformation de $MnO_2$ en $Mn_2O_3$, comme l'a montré l'analyse chimique. Ce coude peut correspondre à la présence d'un hydrate, d'ailleurs assez mal défini. Il n'a pas été possible de l'obtenir, dans le cas des échantillons titrant 0 % de $MnO_2$ « lié »; à cette température, la courbe de chauffage de $Mn_2O_3$ pur

([1]) *Colloque Polarisation de la matière*, Paris, 1949.

ne présente aucun accident. L'analyse chimique telle qu'elle est généralement pratiquée ne différenciant pas l'oxyde de l'hydrate, on peut en conclure que l'on se trouve en présence de l'hydrate.

D'ailleurs dans la plupart des cas, le bioxyde lui-même est un bioxyde hydraté, ainsi que le montrent les courbes d'analyse thermique, indiquant un phénomène endothermique et une perte de poids dès la température ordinaire. Cela ne se produit pas avec les échantillons obtenus par voie sèche.

Il faut noter que les crochets B et C pourraient être dus, au moins en partie, à un réarrangement des atomes de manganèse et d'oxygène. Cette hypothèse est compatible, avec l'existence, soit d'une variété cristalline caractéristique de l'activation ([2]), soit de lacunes dans les cristaux, soit d'une microporosité anormale.

En effet, dans tous les cas, il s'agit d'un état métastable que le chauffage ferait disparaître au profit d'un état plus stable; dans les trois cas, la transformation serait endothermique. Les échantillons ainsi traités perdent leurs propriétés catalytiques anormalement grandes; mais cette étude est rendue très délicate par l'influence considérable de la finesse des grains sur les températures correspondant au début des crochets.

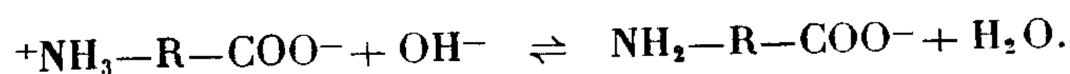
Pour confirmer ces vues, il resterait à étudier aux rayons X et par diffusion centrale les produits ainsi désactivés, ce que nous nous proposons d'entreprendre très prochainement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un complexe cuivrique de la l-leucine.* Note (*) de M. **Pierre Bretton** et M^lle^ **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étude électrométrique, par la méthode des variations continues, des mélanges *l*-leucine, $SO_4Cu$ à force ionique constante. Mise en évidence d'un complexe contenant un ion $Cu^{++}$ et un groupement *l*-leucine dont la constante apparente est $pk' = 2,80$.

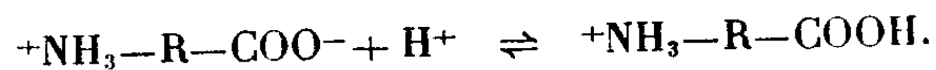
On sait que dans une solution d'amino-acide, la forme ion mixte prédomine par rapport à la forme moléculaire, de telle sorte que l'équilibre suivant le pH est :

En milieu fortement alcalin



$$^{+}NH_3-R-COO^- + OH^- \rightleftharpoons NH_2-R-COO^- + H_2O.$$

En milieu fortement acide



$$^{+}NH_3-R-COO^- + H^+ \rightleftharpoons {}^{+}NH_3-R-COOH.$$

([2]) J. Brenet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1950.

(*) Séance du 12 mars 1951.

En milieu de pH intermédiaire, les trois formes $^{+}NH_3-R-COO^{-}$, $NH_2-R-COO^{-}$ et $^{+}NH_3-R-COOH$ coexistent. Il est donc logique de penser, avec les auteurs qui ont étudié cette question pour le glycocolle notamment ([1]), que la formation des complexes d'un acide aminé avec l'ion $Cu^{++}$ par exemple va dépendre étroitement du pH de la solution puisque ce dernier influe directement sur l'ionisation de l'amino-acide.

Nous avons étudié les complexes de l'ion $Cu^{++}$ et de la *l*-leucine en appliquant la méthode des variations continues de P. Job ([2]) aux mesures de potentiel. Pour cela, on prépare deux séries de solutions, l'une avec $x^{cm^3}$ de $SO_4Cu$, $a$ dans $SO_4K_2$, $c+(1-x)^{cm^3}$ de $SO_4K_2$, $c$ (solution I) et l'autre avec $x^{cm^3}$ de $SO_4Cu$, $a$ dans $SO_4K_2$, $c+(1-x^{cm^3})$ de *l*-leucine, $a$ dans $SO_4K_2$, $c$ (solution II), avec $c \gg a$ pour que la force ionique reste constante. Chaque solution est amenée à un pH déterminé par ajustement à l'électrode de verre. On mesure sous azote à 0,1 mV près et à 24°C ± 0,1 la force électromotrice des deux chaînes.

I. *Amalgame* Cu (*deux phases*). | Solution I || KCl saturé | $Hg_2Cl_2$ | Hg.

II. *Amalgame* Cu (*deux phases*). | Solution II || KCl saturé | $Hg_2Cl_2$ | Hg,

respectivement

$$E_I = E_C - E_0 - \frac{MRT}{2\mathcal{F}} \log a.x f_{Cu^{++}} \quad \text{et} \quad E_{II} = E_C - E_0 - \frac{MRT}{2\mathcal{F}} \log(Cu^{++}) f_{Cu^{++}},$$

où $E_C$ est le potentiel de l'électrode au calomel servant d'électrode de référence, $E_0$ le potentiel normal de l'amalgame de cuivre, $(Cu^{++})$ la concentration des ions $Cu^{++}$ dans la solution et $f_{Cu^{++}}$ le coefficient d'activité de l'ion $Cu^{++}$ à cette force ionique. La figure 1 montre que la courbe $E_I = \varphi(\log x)$ est une droite de pente égale à $MRT/2\mathcal{F}$, ce qui montre d'une part que le coefficient d'activité de l'ion $Cu^{++}$ est constant. (La force ionique reste donc bien constante malgré la variation de $x$), d'autre part que la variation du potentiel de jonction avec $x$ est inférieure à la précision des mesures ([3]). En utilisant le même amalgame de cuivre et la même électrode au calomel pour les deux séries de mesures, on a donc

$$(E_I - E_{II}) \frac{2\mathcal{F}}{MRT} = \log(Cu^{++}) - \log a.x,$$

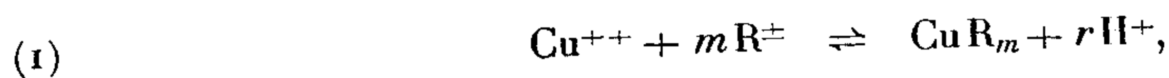
([1]) Ley, *Z. Elecktrochem.*, 10, 1904, p. 954; R. K. Gould et W. C. Vosburgh, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1630; R. M. Kaefer, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2329, H. Boorsook et K. V. Thimann, *J. Biol. Chem.*, 98, 1932, p. 671; M^lle^ Quintin, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 898.

([2]) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113; (11), 6, 1936, p. 97.

([3]) Vraisemblablement, le potentiel de jonction est lui-même inférieur à 0,1 mV. En effet, les deux courbes $E_I = \varphi(\log x)$ et $E_{II} = \varphi(\log x)$ coupent l'axe des ordonnées au même point correspondant rigoureusement à la valeur $E_C - E_0 - MRT/2\mathcal{F} \log a f_{Cu^{++}}$ calculée.

ce qui donne la valeur de la concentration en ions $Cu^{++}$ pour chaque valeur de $x$.

Si l'on suppose que le complexe formé contient $m$ groupements $l$-leucine liés à un seul cuivre, on a



(1) $$Cu^{++} + mR^{\pm} \rightleftharpoons CuR_m + rH^+,$$

d'où

(1 *bis*) $$\frac{[Cu^{++}][R^{\pm}]^m}{[H^+]^r[CuR_m]} = k.$$

Si l'on pose $y = (CuR_m)$, on tire de (1) pour une concentration maximum en complexe et à pH constant $m = (1 - x_M)/x_M$. Il est ainsi possible de déterminer $m$ d'après la valeur de $x$ obtenue en traçant la courbe $y = \varphi(x)$.

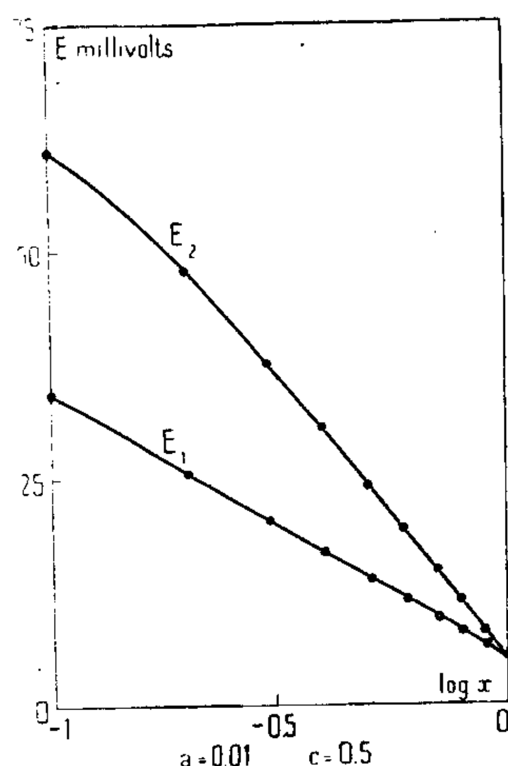



Fig. 1.

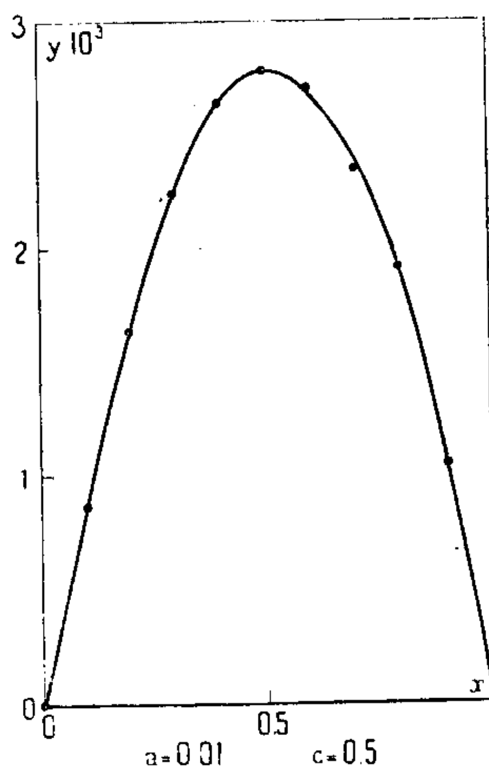



Fig. 2.

Ainsi, à pH 4,50, cette courbe présente un maximum pour $x = 0,5$, ce qui permet de supposer l'existence d'un complexe pour lequel $m = 1$ et d'un seul (*fig.* 2).

Ce fait est confirmé par le calcul de la constante apparente d'équilibre $k'$ donnée d'après (1 *bis*) par $pk' = pk + r\text{pH} + \log f_{Cu^{++}}$.

Le tableau ci-contre donne les valeurs de $pk'$ calculées pour ce pH. Elles sont sensiblement constantes, les variations provenant du fait que les pH ne sont pas rigoureusement les mêmes pour chaque valeur de $x$.

| $x$. | $E_I - E_{II}$ (volts). | $(Cu^{++})$ (10⁻³ mol-g). | (CuR) | $(R^{\pm})$ | $pk'$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1.......... | −0,0265 | 0,13 | 0,87 | 8,12 | 2,93 | |
| 0,2.......... | 217 | 0,37 | 1,63 | 6,37 | 2,84 | |
| 0,3.......... | 175 | 0,76 | 2,24 | 4,76 | 2,79 | moyenne |
| 0,4.......... | 138 | 1,36 | 2,64 | 3,40 | 2,76 | 2,80 |
| 0,5.......... | 104 | 2,22 | 2,78 | 2,22 | 2,75 | ±0,05 |
| 0,6.......... | 77 | 3,29 | 2,71 | 1,29 | 2,80 | |
| 0,7.......... | 52 | 4,66 | 2,34 | 0,67 | 2,87 | |

Cette étude électrométrique permet donc de supposer la présence, à pH 4,50, d'un complexe de la *l*-leucine avec l'ion $Cu^{++}$, constitué par un groupement acide aminé et un ion $Cu^{++}$ et dont la constante apparente est $pk' = 2,80$.

Une étude est en cours pour d'autres valeurs du pH.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Action du cuivre sur l'oxydabilité permanganique des monoacides monoaminés; ses variations avec la réaction du milieu.* Note de M. **Georges Martin**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les acides aminés sont facilement oxydables par le permanganate de potassium, cette oxydation conduisant à une désamination presque quantitative en milieu très alcalin ([1]), ([2]). Au cours d'un travail sur l'oxydabilité des extraits humiques ([3]), j'ai été conduit à étudier l'oxydabilité de ces corps, en milieu acide et en milieu légèrement alcalin, en présence de quantités variables de cuivre-métal qui possède la propriété de former des complexes avec les acides α et β aminés ([4]).

L'acide aminé (1 à $5^{mg}$ par essai, en solution dans l'eau) est oxydé par du permanganate de K N/240 (volume final $60^{cm^3}$) à pH 7,8 en milieu tamponné par l'acide borique-borax, ou en milieu acidifié par l'acide borique et l'acide suçcinique (pH 3,2). On introduit des volumes variés d'une solution de $SO_4Cu$ dont l'acidité est compensée dans le mélange par une quantité équivalente de soude et l'on porte à l'ébullition pendant 10 minutes. Le permanganate consommé est dosé en retour par l'acide oxalique.

Avec le *glycocolle*, les quantités de permanganate consommées en fonction des masses de cuivre introduites en milieu acide et en milieu alcalin sont représentées sur les figures 1 et 2.

*Oxydation à* pH 3,2. — La courbe (*fig.* 1) montre que de petites quantités de cuivre *diminuent très fortement l'oxydabilité*. L'inhibition de l'oxydation semble atteindre son maximum pour un rapport cuivre/glycocolle (Cu/G) $<$ 1/4 (en équivalent-gramme), soit moins de 1 atome de cuivre pour 8 molécules de glycocolle, proportion qui ne correspond à aucune combinaison connue.

A ce pH, la fonction carboxyle n'entre vraisemblablement pas en combinaison avec le cuivre. Par contre, une liaison du groupement aminé avec le cuivre est possible, et l'inhibition peut lui être rapportée.

En effet, j'ai trouvé que le cuivre diminue fortement l'oxydabilité par le per-

---

([1]) W. Denis, *J. Biol. Chem.*, 9, 1911, p. 365-374.

([2]) C. S. Robinson, O. B. Winter et E. J. Miller, *J. Ind. Eng. Chem.*, 13, 1921, p. 933-936.

([3]) G. Martin et J. Lavollay, *Quatrième Congrès international de la science du sol*, Amsterdam, 1950 (Compte rendu à paraître).

([4]) E. Fischer et G. Zemplen, *Ber.*, 42, 1909, p. 487-492.

manganate d'autres substances aminées comme l'éthylène-diamine (à pH 3,2 et à pH $> 7$); par contre, l'oxydation des acides aliphatiques n'est jamais inhibée par le cuivre.

*Oxydation à* pH 7,8. — Les courbes (*fig.* 2) montrent aussi une inhibition en milieu alcalin par de petites quantités de cuivre. L'oxydabilité minimum correspond au rapport Cu/G $\# 1$ (en équivalent). Pour des quantités de cuivre plus élevées, l'oxydabilité augmente d'une manière assez variable, mais d'autant plus que la concentration du glycocolle est plus faible.

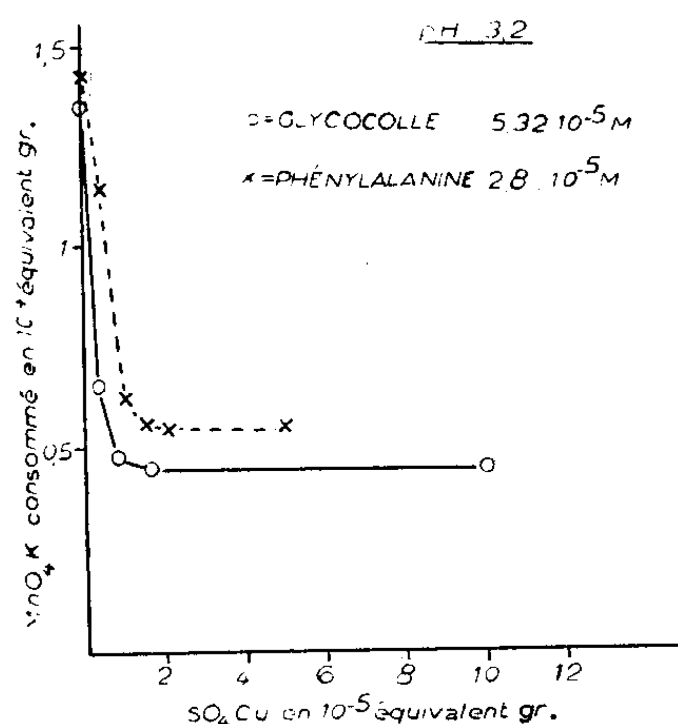



Fig. 1.

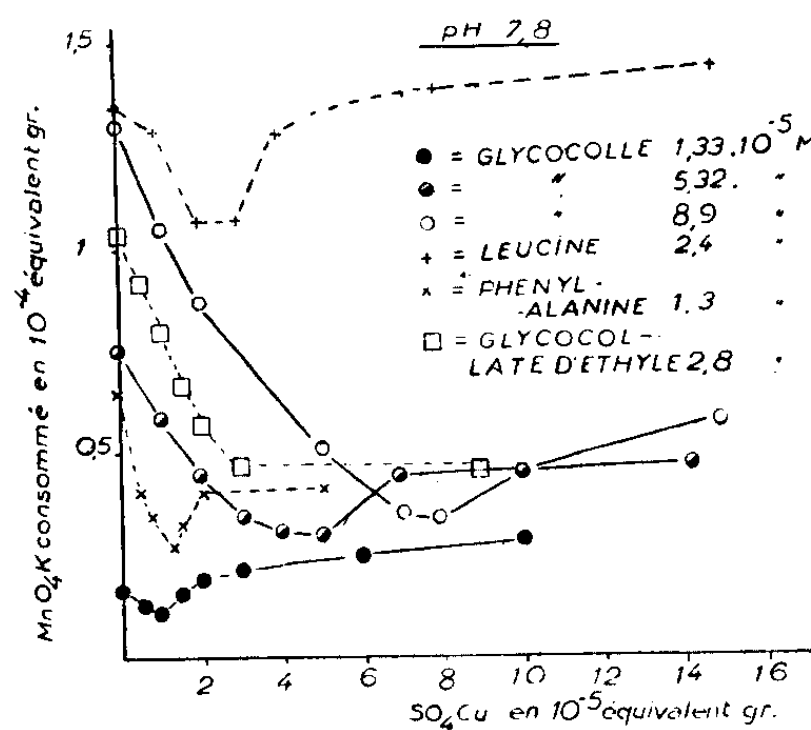



Fig. 2.

En milieu légèrement alcalin comme en milieu acide, l'*inhibition par le cuivre* peut être attribuée à une liaison entre le groupement aminé et ce métal (Cu/G $\leq 1$).

Pour des rapports Cu/G $> 1$, l'oxydabilité croissante semble correspondre à la salification progressive par le cuivre de la fonction acide, en partie dissociée à pH 7,8. Avec le glycocollate d'éthyle, le maximum d'inhibition correspond au même rapport Cu/substrat $= 1$; au-delà de cette valeur l'oxydabilité n'est pas modifiée : la substance ne comporte pas de fonction acide libre. D'autre part, les acides aliphatiques (succinique, tartrique, lactique) consomment à pH 7,8 des quantités de permanganate qui vont d'emblée en croissant avec la concentration du cuivre, jusqu'à un maximum correspondant à la salification des fonctions acides par ce métal.

La même étude a été faite avec la *phénylalanine*, la *β-alanine* et la *leucine*. Ces acides aminés se comportent de la même manière que le glycocolle au cours de l'oxydation permanganique en présence de cuivre; aussi bien à pH 3,2 qu'à pH 7,8.

*En résumé*, l'action du cuivre au cours de l'oxydation permanganique des monoacides monoaminés se manifeste tout d'abord par une diminution de l'oxydabilité. *En milieu acide*, l'oxydabilité minimum est obtenue pour un

rapport cuivre/acide, aminé très inférieur à l'unité; un excès de métal ne modifie plus l'oxydabilité. *En milieu légèrement alcalin*, l'oxydabilité minimum est obtenue pour un rapport cuivre/acide aminé très voisin de l'unité; un excès de métal augmente ensuite l'oxydabilité.

La comparaison avec l'oxydation du glycocollate d'éthyle, de l'éthylène-diamine et des acide aliphatiques, permet d'attribuer l'action inhibitrice du cuivre à sa liaison avec la fonction amine (liaison de coordination). L'effet positif du cuivre en milieu alcalin paraît lié à la salification progressive de la fonction acide par ce métal.

## CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le peruranate d'uranyle.*

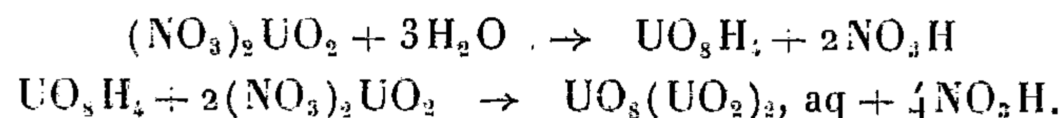
Note de M. **Gabriel Tridot**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous considérons le précipité obtenu par action de l'eau oxygénée sur le nitrate d'uranyle comme un peruranate d'uranyle. L'action de la soude sur ce persel, celle du nitrate d'uranyle sur le peruranate de sodium et les spectres d'absorption I. R. confirment la présence d'un atome d'uranium sous forme peroxydée et de deux autres sous forme de cation $UO_2^{++}$. Nous lui attribuons la formule $UO_8(UO_2)_2$, $9H_2O$.

L'eau oxygénée et le nitrate d'uranyle en solution aqueuse réagissent pour donner immédiatement un précipité jaune soufre que l'on a défini jusqu'à présent comme un peroxyde d'uranium. Rosenheim et Daehr (1) lui attribuent la formule $UO_4$, $3H_2O$ à température ordinaire et $UO_4$, $2H_2O$ à 100°, avec un seul atome d'oxygène actif. Fairley (2) propose $UO_8(UO_2)_2$, $6H_2O$ ou bien $UO_3$, $H_2O_2$, $H_2O$. De nombreux hydrates de $UO_4$ ont été définis par Huttig et von Schroeder (3) qui les écrivent par analogie avec les acides persulfuriques.

Nous avons suivi par conductimétrie la précipitation de ce composé jaune en ajoutant l'eau oxygénée au nitrate d'uranyle (solutions N/10) et en dosant les corps réagissant entrant en réaction. La conductibilité décroît rapidement d'abord, puis plus lentement jusqu'à la fin de précipitation qui correspond à l'addition d'une molécule d'eau oxygénée à une molécule de nitrate d'uranyle, ensuite sa variation est linéaire.

Nous pensons que le précipité est du peruranate d'uranyle : $UO_8(UO_2)_2$, aq, qui se forme suivant les deux réactions simultanées :



$$(NO_3)_2UO_2 + 3H_2O \rightarrow UO_8H_4 + 2NO_3H$$
$$UO_8H_4 + 2(NO_3)_2UO_2 \rightarrow UO_8(UO_2)_2, aq + 4NO_3H.$$

Nous supposons la formation intermédiaire de $UO_8H_4$ qui n'a pas été signalé et qui réagirait immédiatement avec le nitrate d'uranyle.

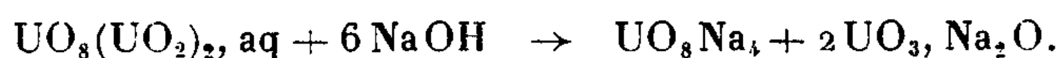
(1) *Z. anorg. Chem.*, **181**, 1929, p. 177.

(2) *J. Chem. Soc.*, **31**, 1877, p. 27.

(3) *Z. anorg. Chem.*, **121**, 1922, p. 243.

Les résultats expérimentaux semblent confirmer ce point de vue.

1° Le précipité lavé et traité par la soude en solution aqueuse donne un précipité jaune qui s'identifie avec la diuranate de sodium $2UO_3, Na_2O$ et une solution orangée de peruranate de sodium $UO_8Na_4$ bien connu entre lesquels l'élément uranium se partage dans le rapport 2/1. Tout l'oxygène actif contenu dans le précipité se retrouve dans la solution de peruranate de sodium :



$$UO_8(UO_2)_2, aq + 6\,NaOH \rightarrow UO_8Na_4 + 2\,UO_3, Na_2O.$$

Cela tend à prouver que dans le sel considéré un seul atome d'uranium se trouve à l'état peroxydé, les deux autres étant sous forme de cation $UO_2^{++}$.

2° Le peruranate de sodium en solution aqueuse (préparé par action d'un excès d'eau oxygénée et de soude sur le nitrate d'uranyle et cristallisation de la solution) donne par addition de nitrate d'uranyle un précipité identique à celui obtenu par action de l'eau oxygénée sur le nitrate d'uranyle :

$$UO_8Na_4 + 2(NO_3)_2UO_2 \rightarrow UO_8(UO_2)_2, aq + 4\,NO_3Na.$$

Ce précipité contient tout l'oxygène actif appartenant au peruranate de sodium.

3° Les spectres d'absorption I. R. [4] du peruranate d'uranyle présentent une bande située à 920 $cm^{-1}$ commune avec les spectres des autres sels d'uranyle et qui semble, d'après Lecomte et Freymann [5], caractéristique de l'ion $UO_2^{++}$. On a pu noter de plus, des bandes susceptibles d'être attribuées au groupement $UO_3$ [fréquences en $cm^{-1}$ : 890 (F); 1020 (*f*); 1095 (*f*)], car elles ne se trouvent pas dans les sels d'uranyle déjà examinés (chlorure, nitrate sulfate).

Ces trois expériences tendent à prouver qu'un atome d'uranium, sur trois contenus dans le sel jaune, se différencie en se présentant comme peroxydé. Les deux autres s'identifient avec l'uranium des sels d'uranyle.

Le peruranate d'uranyle séché à 15° dans un courant d'air sec a pour formule $UO_8(UO_2)_2, 9H_2O$. L'analyse thermogravimétrique de ce corps montre un palier situé entre 90 et 120° qui correspond à $UO_8(UO_2)_2, 6\,H_2O$. De 120 à 210° le peruranate se détruit progressivement en perdant simultanément de l'oxygène et de l'eau, on aboutit à l'hémi-hydrate $UO_3, 1/2H_2O$.

En conclusion, l'action mutuelle de l'eau oxygénée et du nitrate d'uranyle donne le peruranate d'uranyle $UO_8(UO_2)_2, 9\,H_2O$ qui perd 3^mol d'eau à 100°. Il s'agit d'un persel et non d'un peroxyde.

(4) Les spectres I. R. ont été exécutés au Laboratoire de M. le Professeur Barchewitz, avec la collaboration de M^lle Rossetti.

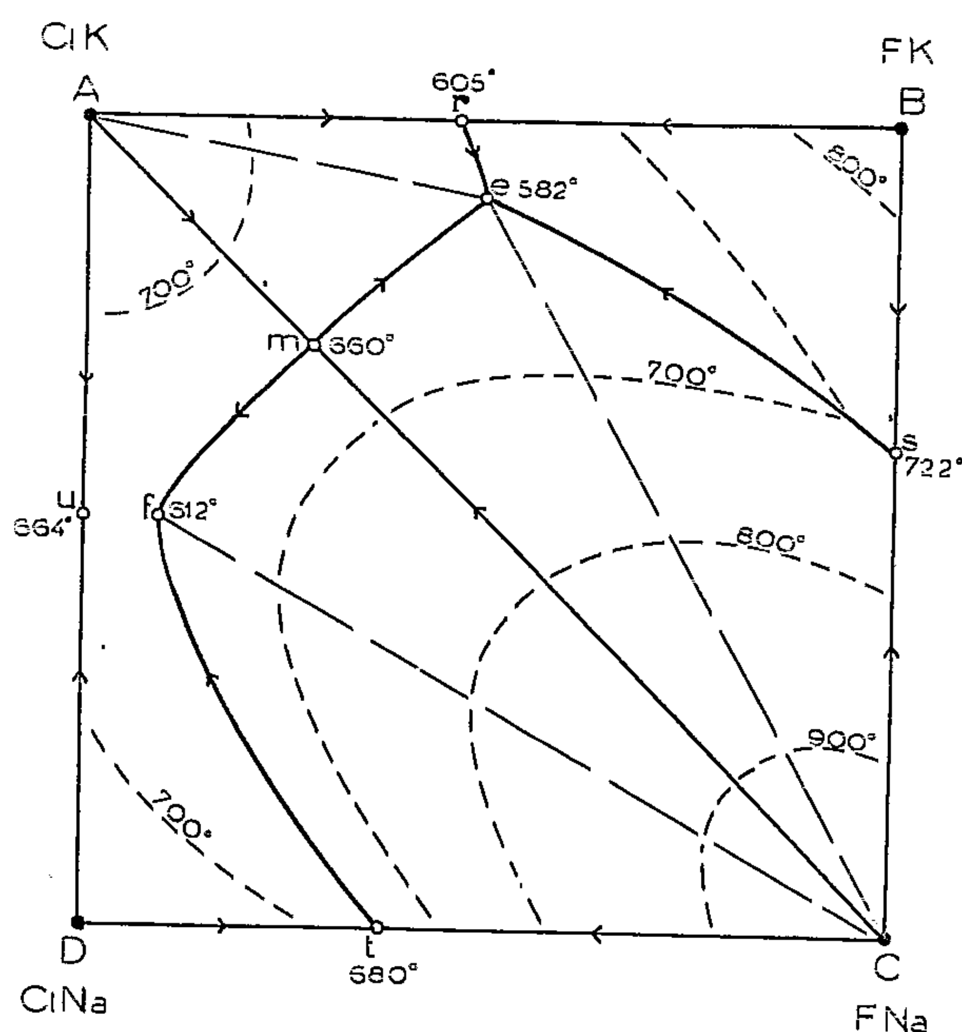
(5) *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1941, p. 622.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un exemple de diagramme de solidification particulier dans un système réciproque de sels fondus.* Note de MM. **André Chrétien**, **Pierre Silber** et **Mohammad Ishaque**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le système ClK + FNa ⇌ ClNa + FK donne cinq phases solides dont trois séries de cristaux mixtes. Seuls ClK et FNa cristallisent individuellement; ils forment le couple stable. Le diagramme n'a qu'un point de trois solides : c'est un eutectique. Il existe un autre équilibre remarquable qui correspond au minimum de température de cristallisation de la solution solide ClNa — ClK par addition de FNa. On procède par analyse thermique (courbes de refroidissement).

Les quatre binaires qui forment le système réciproque étaient connus. La représentation des équilibres ternaires utilise un prisme droit; à base carrée dont le côté correspond à 100 mol/g, en portant la température en cote.

Le diagramme (*figure*) est réduit à la projection orthogonale sur la base des lignes de cristallisation de deux solides et de quelques isothermes d'apparition de la première phase solide. Il présente quatre lignes de deux solides; deux se




rencontrent sur la diagonale relative au couple ClK — FNa. Tout mélange fondu de ces deux sels abandonne, par refroidissement, tout d'abord l'un ou l'autre des deux sels, puis les deux avec arrêt de cristallisation en *m*, 660°, F 28 % et K 72 %. Le point *m* est un eutectique particulier, et le couple ClK — FNa forme un système pseudo-binaire.

La diagonale AC partage le carré en deux triangles très différenciés, en raison de la nature des équilibres présentés par les ternaires respectifs.

1° Le ternaire ClK—FK—FNa donne trois cristallisations. Seul le chlorure de potassium y figure individualisé; le fluorure de potassium et le fluorure de sodium donnent deux séries de cristaux mixtes, avec lacune de miscibilité étendue jusqu'au voisinage du fluorure de sodium. Les chemins de première cristallisation relatifs au dépôt des cristaux mixtes riches en fluorure de sodium sont pratiquement rectilignes.

Les trois phases solides coexistent en un équilibre d'eutexie : point *e*, 582°, F 49 % et K 90,5 %. En effet, trois lignes de deux solides convergent en ce point par températures décroissantes.

2° Le ternaire ClK—ClNa—FNa ne donne que deux domaines de cristallisation; l'un correspond au fluorure de sodium, l'autre concerne une solution solide des deux chlorures.

Les deux chlorures sont miscibles en toutes proportions à l'état solide, avec température de cristallisation minimum (point *u* 664°). Cette miscibilité se conserve par addition de fluorure de sodium, ainsi que le minimum de température de cristallisation. Les cristaux mixtes des deux chlorures coexistent avec le fluorure de sodium : ligne *tm* continue, qui descend depuis ses deux extrémités jusqu'en *f*, 612°, K 50,5 % et F 9,25 %.

Le mixte ternaire *f* simule le corps pur à la cristallisation. Sa température reste fixe depuis le début jusqu'à la fin de la solidification; les solides déposés simultanément, cristaux mixtes des deux chlorures et fluorure de sodium, ont dans l'ensemble la même composition que le liquide générateur.

On retrouve en système ternaire la dépendance entre compositions respectives du liquide et du solide du fait de leur différenciation. En principe, seuls les mélanges figurés par le segment de droite C*f*, à l'exclusion de C, atteignent le point *f*. Pour tous les autres mélanges, la fin de la cristallisation se situe sur la ligne *tm*, en un point variable avec la composition initiale. Cependant, du fait de l'enrobage continuel des cristaux, l'équilibre du système n'est pas réalisé et la composition du liquide finit par aboutir au point *f*.

La surface de cristallisation du système réciproque présente donc trois vallées convergeant par baisse de température en un creux (*e*), une ligne de crête formant un col (*m*), et une vallée avec inversion de pente (*f*).

Ce diagramme présente un type non connu jusqu'alors. Dans les exemples classiques sans sel double, une diagonale pseudo-binaire partage le carré en deux triangles correspondant à deux systèmes analogues qualitativement, et elle coupe une même ligne de deux sels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action du chlorite et du bioxyde de chlore sur la laine*. Note de MM. **Charles Schirlé** et **Jean Meybeck**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant l'étude du mécanisme de l'action du chlorite acide ou du bioxyde de chlore sur la laine, nous avons pu mettre en évidence, que dans certaines conditions de pH, et à froid, ces réactifs oxydent sélectivement le tryptophane sans attaquer la tyrosine. Ce serait à cette oxydation du tryptophane que l'on devrait attribuer le rosissement de la laine.

Nous avons signalé dans des Notes précédentes (1), (2) que deux amino acides constitutifs de la laine étaient oxydés par le bioxyde de chlore et le chlorite acide :

1° la cystine qui se transformait en grande partie en acide cystéique;

2° la tyrosine qui était partiellement oxydée en « dopa » puis, en dérivés indoliques conduisant à des substances brunes genre mélanine.

Nous avons alors étudié systématiquement l'oxydation des autres amino acides constitutifs de la laine, et nous avons trouvé, que dans les conditions ordinaires de traitement au chlorite, deux autres amino acides étaient oxydés : le tryptophane et la méthionine. L'oxydation de la méthionine fera l'objet d'une prochaine Note.

1. *Action du chlorite acide ou du bioxyde de chlore sur le tryptophane pur.* — En milieu aqueux, à froid, on observe une oxydation rapide de cet amino-acide avec apparition d'une coloration rose, puis rouge vif.

Une étude chromatographique sur papier nous a montré que le tryptophane de RF value 0,78 dans le phénol, se transformait d'abord en un produit réagissant avec la ninhydrine, de RF value 0,55, puis à plus forte concentration en oxydant, en un mélange plus complexe. Par suite de l'instabilité des produits formés, il ne nous a pas été possible jusqu'à présent de préciser leur nature.

Or, nous avons remarqué, depuis longtemps déjà, que la laine traitée au chlorite à froid à pH 3,5 environ, se colore en rose, alors qu'à chaud ou à pH plus bas, on obtient une coloration jaune brunâtre. Il est possible que cette coloration rose soit due à une oxydation du tryptophane de la laine, alors que la coloration brune doit être attribuée à l'oxydation de la tyrosine, comme nous l'avons vu dans une Note précédente.

2. *Étude de l'oxydation du tryptophane de la laine par le chlorite acide et le bioxyde de chlore.* — Comme le tryptophane se trouve en faibles proportions dans la laine, il serait trés difficile d'étudier son oxydation par chromatographie sur papier des hydrolysats. D'autre part, cette méthode ne serait pas assez

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 526.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 732.

précise pour juger de faibles variations de la teneur en cet amino-acide, des laines roses qui sont traitées dans des conditions très modérées.

Nous avons donc eu recours aux méthodes de dosage classiques de la tyrosine et du tryptophane, respectivement par le nitrite mercurique et par la vanilline.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *Laines traitées au chlorite à 4,2 % de chlore actif par rapport au poids de la fibre, à 65°C, à pH variable.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH de traitement | 1,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 8 | laine pure |
| Tyrosine (%) | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Tryptophane (%) | 0,42 | 0,48 | 0,47 | 0,54 | 0,55 | 0,55 | 0,62 | 0,61 |

2° *Laines traitées à froid au bioxyde de chlore aqueux à concentration croissante.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concentration $ClO_2$ en Cl actif par rapport au poids fibre | 0 | 3,7 | 7,4 | 16,2 | 25 | 32,5 | 53 |
| Tyrosine (%) | 5 | 4,2 | 3,7 | 3,1 | 2,2 | 0,9 | 0 |
| Tryptophane (%) | 0,61 | 0,52 | 0,42 | 0,25 | 0,1 | 0 | 0 |

3° *Laines roses traitées au chlorite froid à 1 %, à pH 3,4, pendant 15 minutes.*

| | Laine pure. | Laine rose. |
|---|---|---|
| Tyrosine (%) | 5 | 5,1 |
| Tryptophane (%) | 0,61 | 0,42 |

Ces chiffres nous montrent :

1° Que par action du chlorite à chaud, les teneurs en tyrosine et en tryptophane de la laine décroissent avec le pH de traitement.

2° Que par action du bioxyde de chlore aqueux, les proportions de tyrosine et de tryptophane diminuent rapidement quand la concentration en bioxyde de chlore augmente.

3° Que pour la laine rose traitée à pH 3,5 au chlorite à froid, la teneur en tyrosine reste à peu près égale à celle de la laine pure, alors que celle du tryptophane a nettement baissé.

Ainsi, le chlorite acide à chaud et le bioxyde de chlore oxydent la tyrosine et le tryptophane de la laine en donnant une coloration jaune brunâtre, alors que le chlorite à froid à pH 3,5 semble oxyder sélectivement le tryptophane, en donnant une coloration rose.

Cependant il ne semble pas que l'on puisse affirmer que la coloration « rose » est due uniquement à l'oxydation du tryptophane.

En effet, en oxydant la tyrosine pure à froid, à pH 3,5 par le chlorite, on obtient intermédiairement une coloration rose que l'on attribue à la formation d'un produit quinonique ([2]).

Dans ces conditions, une oxydation ménagée d'une faible partie de la tyro-

sine de la laine, pourrait conduire à une telle coloration, sans modifier de façon sensible la teneur en cet amino-acide.

Des études sont en cours actuellement pour préciser ce mécanisme d'oxydation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Halochromie de quinols en série anthracénique. Sels fuchsoniums; leur évolution.* Note (*) de M. **Jacques Robert**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les quinols mésodiphénylés se colorent par les acides forts quand ils portent au moins un méthoxyle en β. Les sels fuchsoniums ainsi formés ne sont pas stables : avec l'acide chlorhydrique, deux d'entre eux se transforment en dérivés monochlorés des hydrocarbures méthoxylés correspondants.

Le *p*-méthoxytriphénylcarbinol, I, et les corps analogues donnent avec les acides, comme on le sait depuis longtemps, des sels colorés, II, pour lesquels a été proposé récemment (1) le nom de « sels fuchsoniums ».

Ayant établi (2), (3) que les quinols diphénylanthracéniques diméthylaminés, en 1, ou bien en 2, avaient les mêmes caractères d'halochromie que les triphénylcarbinols diméthylaminés respectivement en ortho, ou en para, j'ai étudié, du même point de vue, les quinols méthoxylés.

Tout comme avec les corps aminés, les phénomènes se passent différemment suivant la position α ou β du groupement chromogène, ici le méthoxyle.

*a.* Les corps du premier groupe ne se colorent pas à froid dans les solutions concentrées d'acide chlorhydrique en acide acétique. On le constate avec les corps monométhoxylé-1, IV, et avec les corps diméthoxylés : -1.4, V, -1.5, VI, et -1.8, VII.

Dans les mêmes conditions, les corps du second groupe manifestent une intense coloration, caractéristique du sel fuchsonium, III : elle est rouge vif avec le corps monométhoxylé-2, VIII, brun-rouge avec le diméthoxy-2.6, IX, beige avec le diméthoxy-2.3, X, et enfin rouge vif à nouveau avec le diméthoxy-1.2, XI, composé qui appartient à la fois aux deux séries et qui doit ses propriétés halochromiques à la présence d'un méthoxyle en β.

Les quinols méthoxylés manifestent ainsi, vis-à-vis des acides, les mêmes singularités que les quinols aminés : la position β est favorable à la salification chromogène, alors que la position α ne l'est pas. La raison en est la même et elle est aussi la même qu'en série triphénylcarbinolique : les positions α, ou

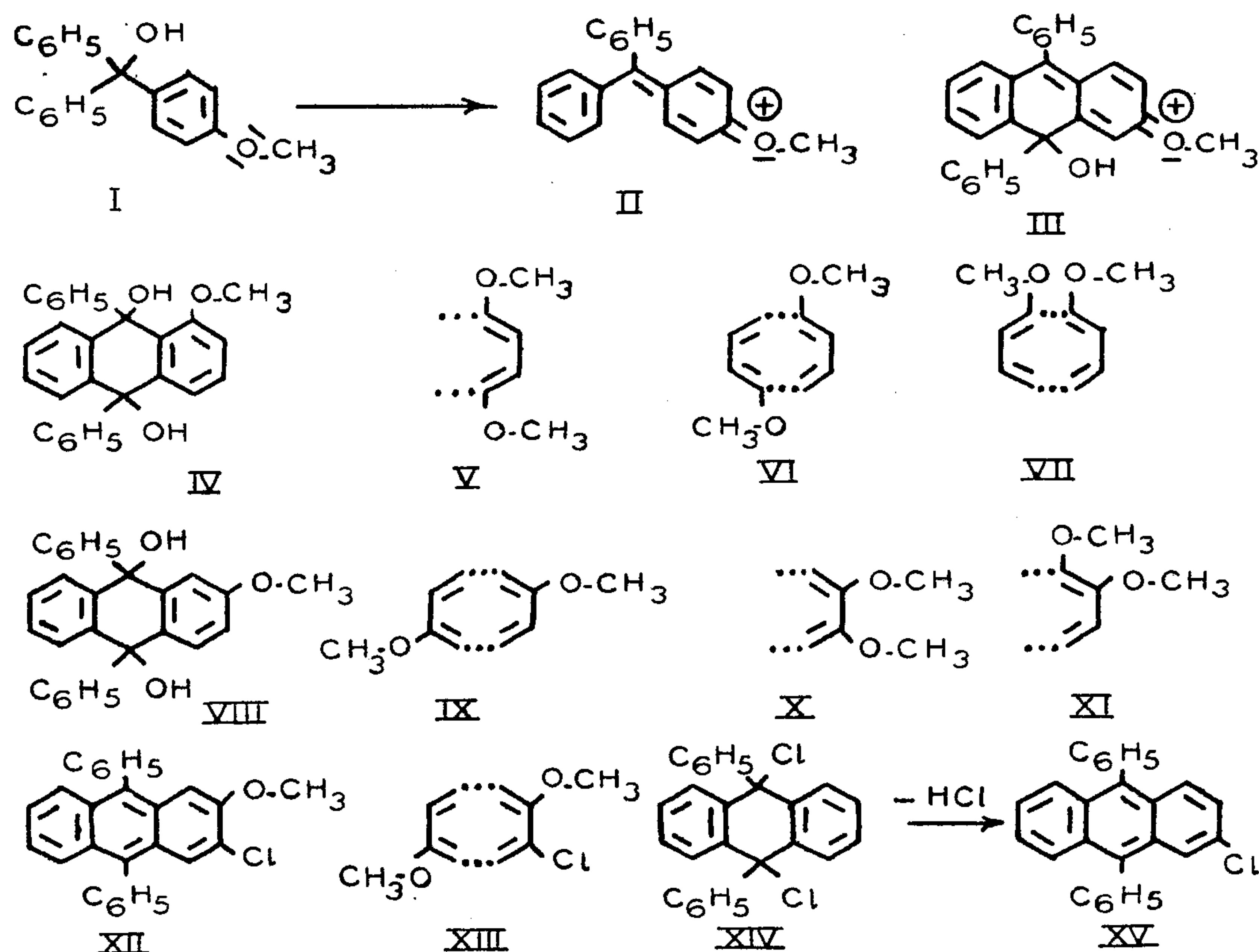
(*) Séance du 5 mars 1951.

(1) Ch. Dufraisse et J. Robert, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 197.

(2) J. Robert, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1738.

(3) Ch. Dufraisse et J. Robert, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 798.

bien ortho, ne permettent pas au dispositif onium de se développer, probablement par empêchement stérique de résonance et, en plus, par chélation de l'hydrogène carbinolique, conformément à une théorie antérieurement exposée (3). Quant aux positions β, ou bien para, elles donnent, l'une et l'autre, le même type de sel fuchsonium coloré, III et II.




*b*. Mais les couleurs obtenues ne sont pas stables; plus ou moins vite à froid et rapidement à chaud, elles se transforment ou disparaissent. Les produits résultant de cette évolution varient avec la nature de la matière première.

Tout d'abord, et en analogie avec la série du triphénylcarbinol, il peut y avoir déméthylation avec production de composés quinoniques : tel est le cas du corps diméthoxylé-1.2, XI, qui fournit la quinone-1.2 (1).

Plus singulier est le comportement du quinol diméthoxylé-2.3, X, qui se réduit partiellement en l'hydrocarbure diméthoxylé correspondant.

Enfin les quinols monométhoxylé-2, VIII, et diméthoxylé-2.6, IX, se transforment aussi en hydrocarbures méthoxylés, mais ceux-ci contiennent en outre, un atome de chlore en substitution, l'ion chlore étant entré dans la molécule. On obtient ainsi, respectivement, le composé $C_{27}H_{19}OCl$ (formule probable, XII) en cristaux jaunes, $F_{inst}$ 174-175°, et le composé $C_{28}H_{21}O_2Cl$ (formule probable, XIII) en cristaux jaunes $F_{inst}$ 187-188°. Cette réaction,

plutôt imprévue, n'est pas sans rappeler la transformation, signalée par Bergmann et Blum-Bergmann ([4]) du mésodichlorure de mésodiphényldihydroanthracène, XIV, en chloro-2 diphényl-9.10 anthracène, XV; l'un des chlores en méso passe en benzo, tandis que l'autre s'élimine avec le proton déplacé par le premier.

Toutefois la réaction avec les corps méthoxylés se fait dans des conditions bien plus douces : température ambiante, ou température d'ébullition de l'acide acétique, au lieu de 200° pendant 3 heures. Malgré cela j'ai estimé que l'analogie était assez grande pour s'étendre à la position du chlore, que j'ai situé en 3 pour cette raison, XII et XIII. A l'appui de cette constitution il faut d'ailleurs remarquer que, quand la position 3 est bloquée par un autre méthoxyle (cas du diméthoxylé-2.3, X) la réaction de chloration du noyau n'a plus lieu.

*c*. L'action de l'acide chlorhydrique sur le groupe des corps méthoxylés en α, qui ne sont pas halochromes, se borne d'abord à une estérification des deux fonctions carbinoliques du quinol. Si l'on chauffe, on détermine des réactions complexes aboutissant à des résines très colorées. Seul, le corps diméthoxylé-1.4, V, subit la déméthylation normale, suivie du passage à la quinone-1.4 ([1]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Photochimie des benzoquinazolines linéaires*. Note (*) de MM. **André Étienne** et **Maurice Legrand**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La benzoquinazoline, I, et quelques-uns de ses dérivés, II, III, IV, V, donnent des photodimères, VI, VII, VIII, IX, X, comme l'anthracène et les azanthracènes α et β mais ne se photooxydent pas. De plus, la benzoquinazoline peut donner un dérivé d'addition diénique, XI. Un phénomène d'association particulier a été constaté dans le cas du dérivé méthyl-1 céto-4 dihydro-1.4, V.

Poursuivant l'étude des caractères anthracéniques des benzoquinazolines linéaires, ou diaza-1.3 anthracènes, nous avons voulu examiner si l'on retrouvait dans cette série les caractères les plus marquants des acènes : photooxydation, photodimérisation et addition diénique aux mésosommets.

*a*. L'action de la lumière solaire a été étudiée sur des solutions de benzo-6.7 quinazoline, I, et de quelques-uns de ses dérivés : hydroxy-4, II, méthoxy-4, III, méthyl-3 céto-4 dihydro-3.4, IV, méthyl-1 céto-4 dihydro-1.4, V.

Dans l'alcool, l'éther et le benzène, ces solutions déposent, rapidement au soleil, des cristaux incolores, peu solubles dans les solvants, sauf l'acide

([4]) *Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1439.

(*) Séance du 5 mars 1951.

acétique, qui se décomposent entre 210 et 230° en redonnant intégralement les produits initiaux (points de fusion mal définis).

La détermination des poids moléculaires a été faite par ébullioscopie dans l'acide acétique, à la fois pour les corps initiaux eux-mêmes et pour leurs produits d'irradiation. Avec la benzoquinazoline, I, et les dérivés suivants : hydroxy-4, II, méthoxy-4, III, méthyl-3 céto-4 dihydro-3.4, IV *a* et *b*, on constate effectivement que ces corps existent sous forme de monomères dans l'acide acétique et que leurs produits d'irradiation sont des dimères des tructures analogues, VI, VII, VIII, IX, aux photodimères de l'anthracène [1] et des azanthracènes α et β [2]. Avec la méthyl-1 céto-4 dihydro-1.4 benzoquinazoline, V, non irradiée, la détermination du point d'ébullition des solutions acétiques permet de constater que les masses moléculaires croissent d'une manière linéaire avec la concentration et que l'extrapolation, pour une dilution infinie, donne une masse moléculaire double de celle attendue. Ce résultat peut s'expliquer par la possibilité d'une association de deux molécules du monomère, V *a* et *b*, avec formation d'un dimère par attraction électrostatique (représenté schématiquement de profil par V *c*) de deux dipoles inversés constitués par deux molécules de monomère sous forme bétaïnique, V *b*. Cette association ne se maintient plus sur le photodimère, X *a*, obtenu par irradiation du précédent, qui présente tous les caractères des autres photodimères. Force est donc d'admettre que, dans ce corps X *a*, la disposition des deux molécules de monomère en vis-à-vis, réunies par les liaisons en méso (représentée schématiquement de profil par X *b*, diminue les polarités à une valeur telle qu'elle supprime toute attraction électrostatique avec les autres molécules.

*b*. Le comportement à la lumière solaire, des dérivés I, III, IV, dans les mêmes conditions que pour la photooxydation des acènes, c'est-à-dire en solution très diluée (1/1500) dans des solvants photooxydants tels que le sulfure de carbone, l'éther et la pyridine a donné les résultats suivants : dans le sulfure de carbone, il y a une très forte résinification et la résine formée n'a les caractères ni d'un photooxyde, ni d'une quinone, alors que dans l'éther et la pyridine il y a simplement dimérisation, même à ces concentrations très faibles. L'hydroxy-4, II, et la méthyl-1 céto-4 dihydro-1.4, V., sont trop peu solubles dans ces solvants pour avoir été étudiés.

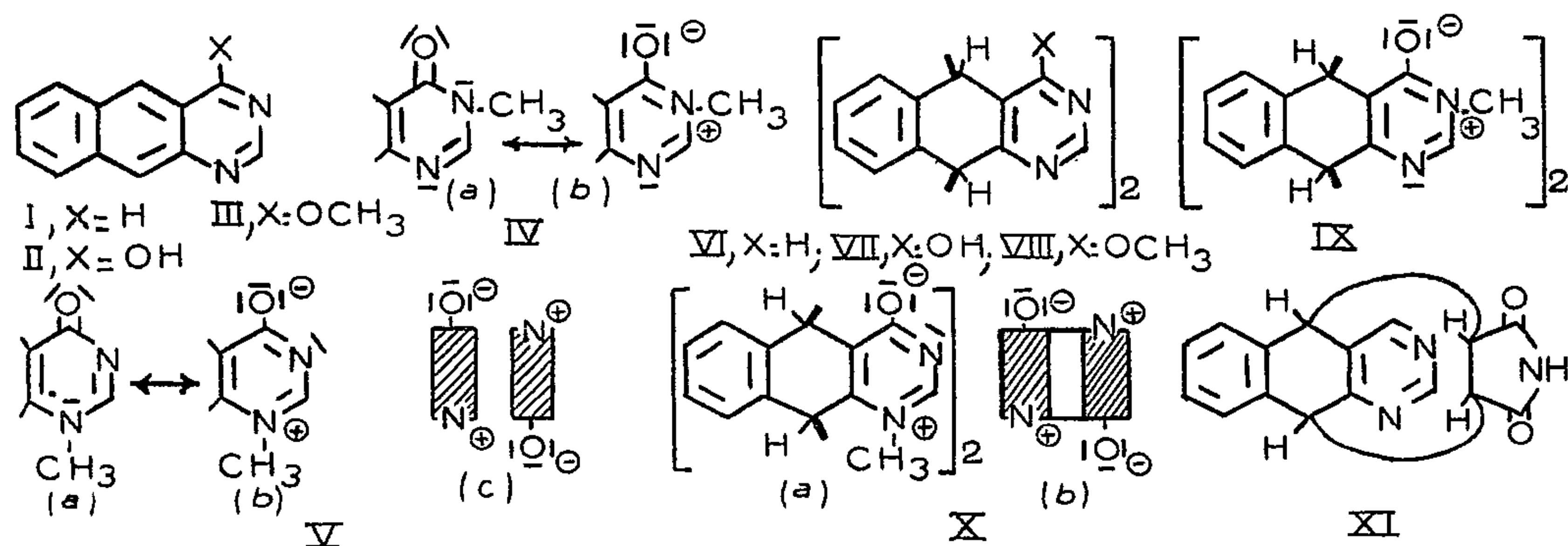
*c*. Le caractère anthracénique des benzoquinazolines linéaires se retrouve dans la propriété de l'addition diénique. Nous l'avons vérifié avec la benzoquinazoline simple qui s'unit facilement avec la maléinimide, à l'ébullition du xylène, pour donner un dérivé d'addition incolore ($C_{16}H_9O_2N_3$) XI, $F_{inst}$ 325-

(1) FRITZCHE, *J. prakt. Chem.*, **101**, 1867, p. 337.

(2) A. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 841 ; A. ÉTIENNE et J. ROBERT, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 331.

330°, se décomposant par chauffage lent vers 310°, avec régénération des constituants initiaux.

La position des spectres d'absorption ultraviolet (figures de Hartley) des dimères, VI, VII, VIII, IX, X, et de l'adduct, XI, se situe dans la région d'absorption du benzène, montrant par là que, dans les deux cas, il y a bien addition en 9.10.




La comparaison de ces résultats avec ceux qui ont été obtenus pour les azanthracènes α et β nous permet de constater que la présence d'un second azote dans le benzo latéral de l'anthracène, rend assez rapide la photodimérisation et la synthèse diénique, tandis qu'elle semble complètement inhiber la photooxydation; cette propriété paraîtrait donc être être plus influencée que la photodimérisation par le caractère aromatique des cycles latéraux de l'enchaînement anthracénique puisqu'elle n'a été constatée jusqu'à maintenant que pour les acènes purement carbocycliques et pour les anthracènes dans lesquels un benzo latéral est remplacé par un « pyrido » (1) (2).

De plus, les faits signalés semblent indiquer que la photodimérisation et la synthèse diénique sur les mésosommets des enchaînements anthracéniques relèvent d'un mécanisme analogue, alors que la photooxydation se mettrait à part de ces deux phénomènes. Ces résultats sont en accord avec ce qui a déjà été indiqué précédemment (3) au sujet des phénomènes de la photooxydation et de l'addition diénique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence possible de gisements de pétrole dans les anticlinaux du bord nord du bassin d'Aquitaine.* Note de MM. **Louis Barrabé** et **Gilbert Mathieu**, présentée par M. Paul Fallot.

On a observé depuis quelques années dans les formations du Briovérien de la Gâtine de Parthenay, d'incontestables indices de pétrole, les uns

(3) Ch. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.* (5), 5, 1938, p. 1073.

gazeux [tranchée de la Logette ([1])], les autres liquides (taches d'huile à forte odeur de pétrole à la surface du Thouet à Parthenay-le-Vieux; suintements dans les diaclases de la carrière de la Lambertière. Au total sept groupes d'indices ont été signalés, dont trois ont pu être vérifiés par des géologues; tous sont caractérisés par une odeur particulière due probablement à la présence de composés phosphorés. De petites quantités d'huile à forte fluorescence ont pu être isolées.

Ces indices, situés dans une partie de la pénéplaine de la Gâtine qui a été recouverte par des dépôts du Lias pour une grande part érodés de nos jours, sont localisés dans des zones diaclasées ou même broyées. Ils sont en partie alignés suivant la direction sud-armoricaine au contact schiste briovérien-granite mylonitique parallèlement au long filon de quartz ou de grès quartzifié (Nantes, Rocher de Pyrôme, Bressuire, le Moulin d'Amailloux, la Maillolière, la Simnaudière).

L'origine de tels indices dans une région constituée par du paléozoïque ancien et de l'antécambrien fortement plissés et partiellement métamorphisés, est difficile à expliquer.

On pourrait envisager une migration de pétroles provenant, soit de schistes carburés gothlandiens coincés en profondeur dans les plis complexes de la Gâtine (synclinal de Saint Pierre du Chemin), soit encore d'un sillon stéphano-permien, masqué en surface par une faille inverse le long de la zone mylonitique de Parthenay.

Ces hypothèses sont très discutables, surtout la première, étant donné le degré d'évolution des matières charbonneuses en graphite. La découverte récente, au Maroc, des gisements pétrolifères de l'Oued Beht dont l'huile, en grande partie localisée dans des zones très diaclasées du socle ancien, sous une couverture imperméable tertiaire, provient probablement par migration latérale lointaine de formations pétrolifères tertiaires ou secondaires des bassins voisins, permet, par contre, de concevoir une origine vraisemblable des indices de la Gâtine.

Le faciès du Toarcien qui est marno-calcaire à Thouars et Airvault devient argileux vers le Sud, surmontant des arkoses grossières poreuses qui ont pu permettre des migrations latérales étendues d'huile provenant de la partie Nord-Est du Bassin d'Aquitaine. Le sidérolithique aurait pu jouer lui-même un rôle analogue. Divers indices hydrocarburés ont, en effet, été signalés dans la série secondaire du seuil du Poitou, du Périgord et du Quercy. Une légère venue d'huile minérale a été reconnue au forage de château du Pinet à Béruge ([2]) sur le flanc nord de l'anticlinal de Ligugé et provenant des marnes toarciennes fossilifères à *Harpoceras falciferum*.

---

([1]) G. Mathieu, *Bull. Carte Géol. France*, n° **225**, **47**, 1948, p. 81.

([2]) G. Mathieu, *Bull. Soc. Géol. France*, 5e série, **18**, p. 482.

Bien que les calcaires bitumineux du Jurassique supérieur du Périgord et du Quercy soient assimilables à des pyroschistes, de véritables suintements de bitumes ont été observés près de Fumel ([3]) (confirmation verbale récente de M. Estival).

D'autre part, la partie sud du seuil du Poitou, le Périgord et le Quercy présentent des structures anticlinales intéressantes. Le Poitou présente notamment l'anticlinal de Montalembert et le dôme de Nanteuil-en-vallée, provoquant des pendages de 25° du Dogger à Montjean au Sud du horst de Montalembert et entre les Adjeots et Voulesmes au Nord-Est du même horst, enfin tout autour de la boutonnière de Nanteuil. Le Périgord nous offre les dômes classiques de Mareuil et de la Tour Blanche, puis le long anticlinal de Saint-Cyprien à Saint-Cirq s'étendant sur $18^{km}$ avec ondulations multiples dans le Jurassique.

Le pli de Mareuil-sur-Belle est beaucoup plus important qu'il n'est figuré sur la carte géologique au 1/80 000 ($2^e$ édition) de Périgueux. La discordance des marnes du Cénomanien sur le Kimmeridgien est classique depuis les travaux de Ph. Glangeaud; par contre, la tectonique détaillée de ce secteur levé au 1/50 000 par M. Clin, Ingénieur-géologue, montre qu'il s'agit, en réalité, de deux dômes successifs de direction sud-armoricaine. Le premier, celui de Mareuil-sur-Belle à Vieux-Mareuil, fait ressortir le Cénomanien et le Kimmeridgien puis, après une zone d'ennoyage avec Sénonien, le deuxième, celui de Saint-Félix à Brantome, fait ressortir la craie tuffeau du Turonien inférieur. Les pendages des flancs nord-est dans le Crétacé atteignent de 25 à 45°, tandis que les flancs sud-ouest sont très doux. Mareuil est au croisement d'un axe anticlinal sud-armoricain avec une selle transversale. Le dôme de la Tour Blanche est profondément faillé, avec Cénomanien effondré au Nord du Portlandien par faille longitudinale de direction Tour Blanche-Saint-Just.

Ces dômes sont vraisemblablement des plis posthumes d'anticlinaux hercyniens, comme dans le seuil du Poitou où la dissymétrie entre les deux flancs est la même.

Le Permien du Bassin de Brive dont le prolongement vers l'Ouest-Nord-Ouest est coiffé par les dômes de Mareuil et de la Tour Blanche, le Toarcien et les calcaires bitumineux du Jurassique supérieur ont pu jouer le rôle de roches mères, tandis que les horizons détritiques de la base du Secondaire et les calcaires fissurés du Jurassique sous les couvertures imperméables de l'Oxfordien et du Cénomanien, ont des caractères de roches-magasins.

*Il résulte de ces considérations tectoniques et stratigraphiques, et aussi de*

---

(3) H. Schoeller et J. Estival, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 447-448.

*la présence d'indices hydrocarburés jusqu'en Gâtine que les structures anticlinales du bord nord du Bassin d'Aquitaine offrent théoriquement des conditions géologiques intéressantes pour des recherches de pétrole par forage.*

GÉOLOGIE. — *Striction et écoulement dans les Alpes occidentales.* Note de M. **Frédéric Hermann**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans deux Notes récentes (¹), j'ai exposé la conception nouvelle d'une structure clastique générale dans toutes les nappes des Alpes Occidentales. Je chercherai à en examiner les causes.

En deçà du Lac Majeur, la Ligne du Tonale tourne de l'Est-Ouest au Sud-Sud-Ouest le long du Massif des Lacs et délimite ainsi, jalonnée par l'alignement de Granites téléo-alpins Baveno-Mosso, le môle dinarique.

Le serrage oblique, à composante de cisaillement Est-Ouest, a exprimé latéralement, sur une distance dont les prétendues racines (Locarno-Toce) suggèrent la mesure, tout en le refoulant devant soi contre les dépôts d'une *Mer des Schistes lustrés*, le coussinet intermédiaire Sésia-Ivrée, porté sur une voûte de sima refluant vers le haut et défluant obliquement sous la striction. Il a affecté en même temps d'étirements équivalents, en festons, serrés en crochet sur l'Ouest, le bord du socle européen [Diorites de Cocco; Nappes du Simplon (ne s'étendant pas vers l'Ouest au delà de la brusque montée axiale des éléments supérieurs, soit le méridien de Saas); perturbation révélée par le décrochement Scopello-Cols de Loo, de Ranzola, de Joux-Châtillon-Aoste-Fallère].

Ce serrage avec translation oblique a fait naître en plein Massif Sésia-Ivrée la fracture radiante *tardive*, à décrochement latéral, qui suit, très à peu près et ramifiée, le bord ouest des Diorites, coupe au hasard des objets identiques et ne peut donc être une limite structurale.

De l'étude de l'anomalie positive de la pesanteur Saluces-Locarno, qui contient en entier le Massif Sésia-Ivrée, il résulte que : 1° le sial de ce massif atteint au plus $2^{km}$ de profondeur; 2° il culmine et s'enselle à l'inverse des nappes; 3° un dôme simique l'a transporté vers l'avant, pénétré des intrusions dioritique, ophiolitique et péridotique, et s'est étendu peu à peu jusque sous les Schistes lustrés et sous l'arrière, donc sans racines et aminci, des masses du Groupe Mont Rose; 4° au delà de Cuorgné, son prolongement sort en l'air au-dessus des Péridotites et Serpentines de Lanzo, en direction Mont Genèvre-Briançon; 5° plus au Sud, l'anomalie occupe l'espace découpé par la plaine dans le Massif Dora-Maira, posé donc sans racines sur le sima; 6° les isanomales indiquent un sial, mince à l'arrière, très entassé sur le front Embrunais-Briançonnais-Saint-Bernard.

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 642 et 859.

La masse Sésia-Ivrée montre des traces de charriage (antérieur aux Alpes et au Canavèse) des Kinzigites (katamétamorphisées et poussées par la montée dioritique et ses grandes intrusions) sur les Gneiss Sésia.

Au début des temps alpins, l'avancée dinarique, rétrécissant le fond de la mer intermédiaire, en a forcé le sima vers le haut, en voûte évoluée jusqu'à s'étendre au loin sous le socle européen aminci, à l'arquer et à le soulever à contrepente. Elle a transporté, comprimé et déversé la masse Sésia-Ivrée à refouler les dépôts de la *Mer des Schistes lustrés*, qui subissaient déjà le métamorphisme et des intrusions au contact du sima montant en dessous, puis à avancer sur elles, charriées en *Nappe de la Dent Blanche*.

De cette compression multiple, dirigée vers l'arc descendant de la voûte simique, naquit l'*écoulement* de ce matériel qui forma la *Nappe des Schistes lustrés*.

Cette nappe devait arracher de son arrière Sésia-Ivrée et emporter la Nappe de la Dent Blanche qui poursuivait son charriage sur elle, et, étirant ses intrusions, migrées par la suite vers l'avant (ainsi que des débris sialiques) le long de surfaces listriques, avancer sur la pente très au loin : sur le socle déjà arasé de l'arrière, puis sur sa couverture (future Nappe du Saint Bernard), puis au delà, jusqu'à recouvrir en partie l'emplacement des futurs Massifs hercyniens, en voie de former leurs biseaux.

L'avancée de la Nappe des Schistes lustrés, qui transportait celle de la Dent Blanche en mouvement propre sur elle, amena l'ébranlement et le décollement des dépôts en voie de refoulement sur le socle. Arrachant et emportant dans leur sein quelques dislocations intercutanées initiales de roches plus profondes (Gneiss de Randa, Diorites acides du Valsavarenche, etc.), ceux-ci s'écoulèrent, portant leur surcharge, et formèrent la *Nappe du Saint Bernard*.

Cet écoulement se poursuivit jusqu'au charriage final sur l'arrière de la future Nappe du Briançonnais. Tout le complexe en mouvement vint s'y tasser. La détente des forces internes accumulées au cours de l'avancée, sous la compression croissante exercée par les écoulements de l'arrière et la résistance de la surface de charriage gauchie et irrégulière à l'avant, par défaut d'élasticité de vibration, le brisa en écailles ou le fendit en lames empilées par charriages listriques, selon la résistance rencontrée.

Sous l'impulsion survenue, la masse antérieure s'ébranla et décolla à son tour en *Nappe du Briançonnais*, avançant avec sa surcharge sur les dépôts de la *Mer du Flysch* (réplique inachevée, parce que à fond sialique, non percé d'intrusions simiques, de celle des Schistes lustrés) et refoulant, plissant et charriant sous et devant elle son contenu.

Ce matériel fut enfin pressé et charrié, en *Nappe de l'Embrunais*, contre les ébauches naissantes des Massifs hercyniens et brisé en lambeaux secondaires charriés les uns sur les autres. La compression due à l'avancée du

grand anticlinal simique, en dessous, et de la masse en écoulement, à la surface, n'exprimait qu'alors des profondeurs les Massifs hercyniens plus externes, réglant leur surrection, ne se déformant pas sur elle. Le grand butoir du Pelvoux, masse principale, lourd pylône de l'avant-socle européen s'amincissant vers le Nord-Est, arqué et soulevé par la striction alpine, ainsi que le Massif du Mercantour, avaient été soulevés bien plus tôt par cette compression.

Chacune des masses en écoulement poursuivit sa vie interne propre et distincte, se déformant, se plissant, avec des alternances régionales d'émersion, de submersion, de dépôt marin ou subaérien et d'érosion, la presque totalité de la masse de la Dent Blanche étant émergée dès le début.

Une étude préalable de l'espace atteint par l'écoulement de la Nappe des Schistes lustrés est nécessaire pour aboutir à la phase de surrection finale.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mutation de* Nectria galligena *traité par l'hétéroauxine.* Note de M<sup>lle</sup> **Jeanne Berducou**, présentée par M. Raoul Combes.

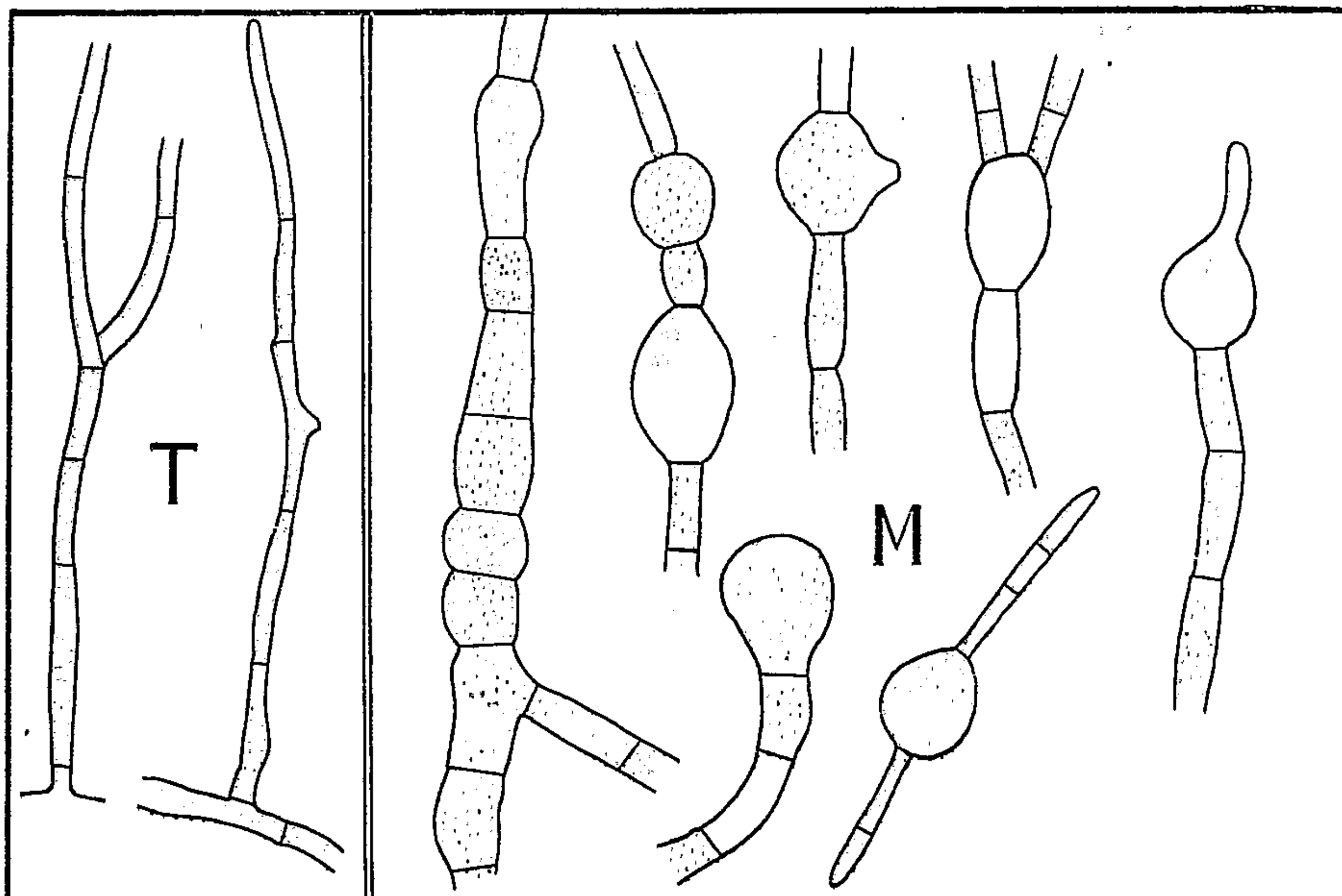
*N. galligena*, cultivé sur Knop additionné de diverses doses inhibitrices d'hétéroauxine reprend sa croissance après deux mois et demi d'arrêt, mais uniquement dans les tubes contenant 250$^{mg}$ d'hétéroauxine. Le champignon présente des différences morphologiques marquées avec le témoin; repiquée sur Knop dépourvu d'auxine et sur pomme de terre glycérinée, la souche conserve ses caractères depuis de longs mois.

De nombreux travaux ont établi expérimentalement que certains agents physiques et chimiques peuvent provoquer, chez les organismes inférieurs, des variations profondes, ayant la valeur de véritables mutations. Nous avons ensemencé le 15 juin 1949 *Nectria galligena* sur Knop 1/2 + 30$^{g}$ glucose + 13$^{g}$ gélose, et sur ce même milieu additionné d'acide indol β-acétique à des doses de 0,02 à 1000 mg/l. Jusqu'au 30 août 1949 *N. galligena* réagissait comme dans nos expériences précédentes [1], sa croissance était pratiquement inhibée en présence de 20 à 500$^{mg}$, les doses supérieures étant toxiques. A partir de cette date et uniquement dans les tubes contenant 250$^{mg}$ la croissance du champignon avait repris; 15 jours après, il avait formé un amas mycélien d'aspect coralloïde, d'un diamètre de 1$^{cm}$,5 et de 1$^{cm}$ de haut; par la suite, des filaments très denses se sont dressés de cette masse. Le témoin, après avoir recouvert d'une couche mince toute la surface du milieu, avait cessé de croître depuis longtemps.

La reprise tardive de la croissance de la souche traitée (souche M) et les différences morphologiques très nettes qui la séparaient du témoin (souche T)

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1052; **231**, 1950, p. 367.

nous ont conduit à nous demander quelle était la valeur exacte des changements obtenus. Afin d'élucider cette question, nous avons repiqué à plusieurs reprises du 10 janvier 1950 à ce jour sur Knop dépourvu d'hétéro-auxine de nombreux exemplaires de la souche témoin T et de la souche étudiée M.




En examinant les deux souches après chaque repiquage, nous avons constaté la persistance des différences morphologiques initiales :

| | Souche M (μ). | Souche T (μ). |
|---|---|---|
| Largeur des filaments | 2,8- 6 | 1,4- 3 |
| Longueur des articles | 9 -20 | 10 -30 |
| Chlamydospores (cultures âgées) | 8 - 9 | 5 - 6 |
| Vésicules terminales ou intercalaires | 15 -18 | Néant |

Le sens des vésicules n'est pas parfaitement clair. Elles peuvent être rapprochées des allocystes de Kuhner (1946) : les parois sont minces; le protoplasme qui occupe entièrement la cellule dans les hyphes jeunes n'en occupe qu'une partie dans les hyphes âgés. Mais beaucoup de caractères leur sont particuliers; les vésicules terminales peuvent souvent donner naissance à un article normal ou à d'autres vésicules. Elles bourgeonnent de nouveaux filaments latéraux; dans quelques cas, enfin, elles se détachent et produisent un ou deux filaments. Elles se comportent alors comme les propagules unicellulaires (gemmes) des Jungermanniales (*Scapania*, *Lophocolea*), ou comme de véritables spores. La présence de formations analogues a déjà été

observée chez d'autres champignons végétant dans de mauvaises conditions de culture (en général sous l'influence de facteurs physiques ou chimiques favorisant l'inhibition). Toutefois, lorsque les conditions redevenaient normales, ces vésicules disparaissaient; elles persistent au contraire depuis janvier 1950 dans notre souche M.

Nous nous sommes demandé si les modifications survenues dans l'appareil végétatif du champignon avaient le sens d'une véritable mutation gemmaire. Nous avons, pour le savoir, repiqué le 3 avril 1950 et les jours suivants nos souches T et M sur pomme de terre glycérinée, milieu considéré par Cayley (1921) comme propice à la formation des organes sexués de *N. galligena*. Nous n'avons malheureusement obtenu jusqu'à ce jour que des périthèces stériles. Dans ce milieu cependant, nous constatons que chacune des souches garde ses caractères propres depuis plus de neuf mois, avec quelques légères modifications, (dimensions des filaments : M : 10-25$^{\mu}\times$ 2,8-5$^{\mu}$,6; T : 10-30$^{\mu}\times$ 1,4-2$^{\mu}$,10). Les vésicules persistent dans la souche M, mais en moins grand nombre. Sur les deux souches apparaissent de très nombreuses conidies non cloisonnées, unies ou biseptées, plus larges dans la souche M (7 à 25$^{\mu}\times$ 3 à 5$^{\mu}$ pour T; 9 à 25$^{\mu}\times$ 4 à 7$^{\mu}$ pour M).

En définitive, les changements survenus dans la souche M après addition de 250$^{mg}$ d'hétéroauxine se maintiennent depuis de longs mois sur deux milieux différents et tout se passe comme si l'acide indol-β. acétique appliqué à une dose élevée, mais non mortelle, avait provoqué la formation d'un mutant très différent du type par ses caractères essentiels. Le sens exact des changements observés ne pourra être précisé que le jour où nous pourrons obtenir une descendance issue d'ascospores.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution cytologique du méristème apical de* Myosurus minimus L. *au cours de la* phase végétative, Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

L'état méristématique de l'apex de *M. minimus* s'accentue au cours de la croissance végétative. D'autre part la naissance des primordiums foliaires et le raccordement des tissus conducteurs sont précédés de dédifférenciations localisées du point végétatif.

Nous avons signalé dans de précédentes Notes que le fonctionnement des points végétatifs de *Cheiranthus Cheiri* et de *Lupinus albus* montrait des processus de dédifférenciation, suivis de redifférenciations. Chez *Myosurus minimus* (¹), nous distinguons également plusieurs processus de dédifférenciation au cours de l'évolution cytologique et du fonctionnement du méristème apical.

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1011.

1. Les premiers concernent les cellules de la *tunica*, au début de la croissance végétative. Dans les très jeunes germinations, dès l'épanouissement des cotylédons, les deux assises tunicales sont constituées de cellules largement vacuolisées, à cytoplasme peu dense, renfermant des chondriosomes associés pour la plupart en chaînettes articulées (*fig.* 1). Les noyaux sont sphériques et renferment un ou deux petits nucléoles (diamètre : $1^{\mu},2$ environ). Peu à peu, au cours de la croissance de la plante, les vacuoles se réduisent et le cytoplasme prend un aspect plus dense tandis que les noyaux et les nucléoles augmentent de volume, tous deux dans les mêmes proportions; les chondriosomes se dispersent en très petits grains (*fig.* 2). L'ensemble de la *tunica* acquiert donc des caractères plus méristématiques. Des mitoses anticlines s'y produisent çà et là.

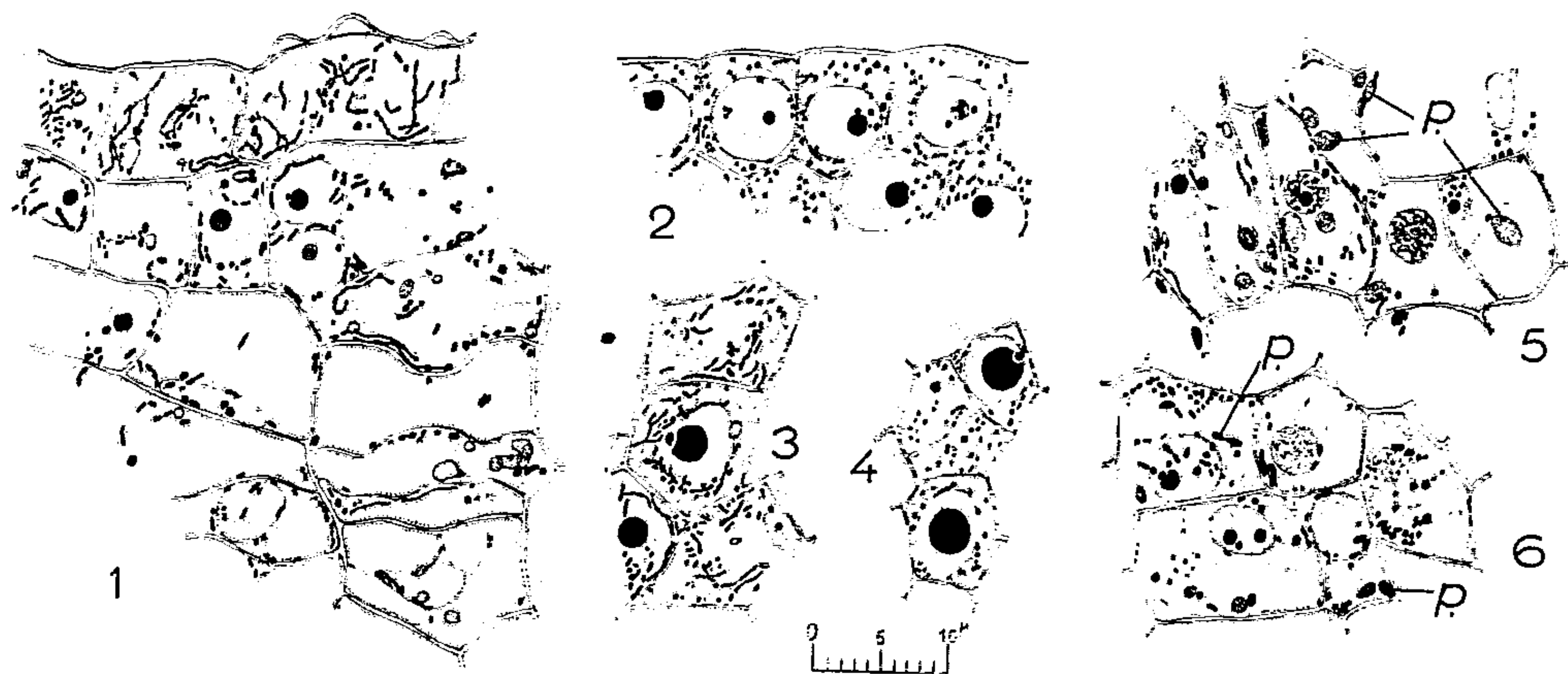



Fig. 1. — Point végétatif lors de la germination. Fig. 2. — « Tunica » d'une plante plus avancée. Fig. 3. — Cellules de l'une des premières ébauches foliaires. Fig. 4. — Cellules de l'une des dernières ébauches foliaires. Fig. 5. — Futures cellules procambiales. Fig. 6. — Début de leur dédifférenciation.

2. Sur les bords du disque tunical, l'assise sous-épidermique prolifère en certains points, en produisant des initiums foliaires. La naissance de ces initiums, et notamment des premiers formés, comporte une dédifférenciation très poussée des cellules vacuolaires de la jeune *tunica* (*fig.* 3). La réduction des vacuoles et la dispersion des chondriosomes en mitochondries granuleuses se produisent dès les premières mitoses périclines de l'assise sous-épidermique, mitoses formatrices du soubassement, puis de l'initium foliaire. Mais le caractère cytologique le plus frappant de cette dédifférenciation est l'augmentation de volume des nucléoles, dont le diamètre passe de $1^{\mu},2$ à $2^{\mu}$ et même à $2^{\mu},4$ (le volume est donc multiplié par 6 à 8). Le noyau lui-même s'accroît et ne laisse qu'un espace singulièrement étroit aux autres constituants cellulaires (*fig.* 3).

A la fin de la végétation, la *tunica* est elle-même passablement dédifférenciée, notamment sur son pourtour, où elle constitue l'*anneau initial*; la naissance des initiums est alors principalement marquée par l'accroissement des nucléoles, toujours considérable (*fig.* 4).

3. Lors des raccordements procambiaux entre les primordiums foliaires et les tissus conducteurs de la tige, quelques cellules se dédifférencient sur le pourtour du « méristème médullaire », (*fig.* 5, premières mitoses). Ce sont des cellules à grande vacuole, unique, et à cytoplasme pelliculaire pariétal. Leur noyau est appliqué contre la membrane et *elles renferment des chloroplastes plus ou moins différenciés* (*fig* 5, *p*). Lorsque le procambium du faisceau médian se précise dans les primordiums foliaires et dans leur soubassement, ces cellules se divisent parallèlement au futur faisceau et se dédifférencient. L'accroissement du cytoplasme est évident dès les premières mitoses et l'appareil vacuolaire se trouve morcelé en plusieurs enclaves globuleuses (*fig.* 6).

La dédifférenciation des chloroplastes est difficile à observer. Plus la formation du cordon procambial est avancée, plus les plastes y sont rares et petits, mais on ne les voit se diviser que çà et là (*fig.* 6, *p*). Dans certains cas, la substance du plaste devient hétérogène, il s'y forme des granules, plus colorables que le reste, qui se dispersent et se mêlent aux mitochondries. On observe également de longs cordons montrant plusieurs étranglements successifs. De toute manière, les cellules procambiales ont finalement de petites vacuoles globuleuses, un noyau médian de diamètre égal à l'épaisseur de la cellule et un chondriome homogène et granuleux. Elles voisinent, sans transition, avec les cellules du *méristème médullaire*, à grande vacuole et à gros chloroplastes.

Ces faits appuient encore l'idée selon laquelle les cellules végétales sont normalement soumises à des inductions physiologiques, épigénétiques, déterminant tantôt leur dédifférenciation, tantôt leur redifférenciation. *Le retour à l'état méristématique est un processus ontogénétique banal chez les végétaux.* Dans l'évolution normale d'une Angiosperme, la *continuité des méristèmes*, posée comme un principe par de nombreux histologistes, est un leurre. La néoformation continuelle de cellules embryonnaires, par dédifférenciation, paraît être une condition nécessaire à la croissance indéfinie des plantes supérieures.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Disparition des cellules bulliformes chez* Poa pratensis *par traitement phytohormonal.* Note de M. **Georges Claustres**, présentée par M. Raoul Combes.

En traitant *Poa pratensis* L. par pulvérisation avec l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique à des concentrations différentes, on obtient une réduction progressive et même la disparition des cellules bulliformes.

Molliard (1904) reprenant les expériences de Duval-Jouve (1870-1875) et de Tschirch (1882), établit la variabilité des formes et des dimensions du tissu

bulliforme sur une même espèce végétant dans des milieux différents. Chez *Psamma arenaria*, ces cellules sont d'autant plus développées que les plantes ont à leur disposition plus d'humidité et cela contrairement aux idées classiques. Cet auteur apporte, par la voie expérimentale, des preuves suffisantes à l'appui de son interprétation.

Il est démontré que le milieu joue un rôle important, au moins temporairement, sur les caractères morphologiques, la structure anatomique et le déroulement des réactions chimiques des végétaux. Les mécanismes par lesquels chacun des facteurs du milieu agit dans ce sens sont encore insuffisamment connus. Nous nous sommes demandé si la modification du taux des auxines d'une plante donnée, ne pourrait pas renseigner sur le mécanisme de l'action de certains facteurs du milieu. Ces considérations nous ont conduit à traiter par des pulvérisations à différentes doses d'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique des *Poa pratensis* végétant à 500$^{m}$ d'altitude dans les Pyrénées.

Nous avons constaté que les concentrations à 2 et à 4 °/₀₀ exercent une action très marquée. Les cellules bulliformes des plantes traitées à 2 °/₀₀ sont réduites de moitié par rapport aux témoins, celles des plantes traitées à 4 °/₀₀ sont devenues des cellules épidermiques normales (voir *fig.* 1 : témoins; *fig.* 2 : traitées à 2 °/₀₀ ; *fig.* 3 : à 4 °/₀₀.

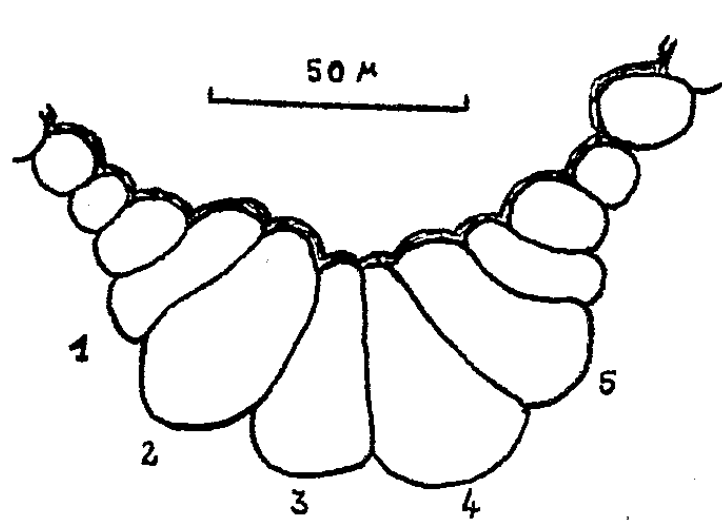


Fig. 1.

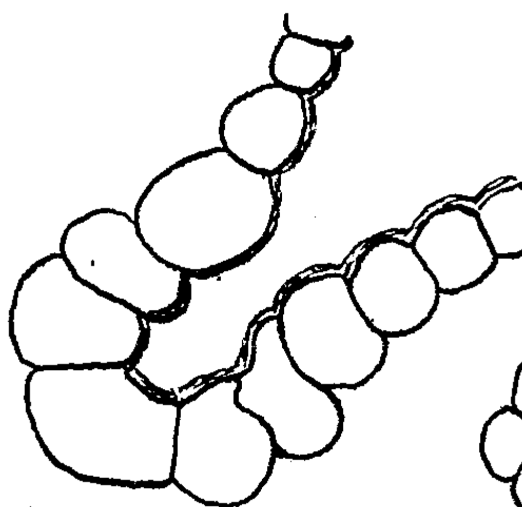


Fig. 2.

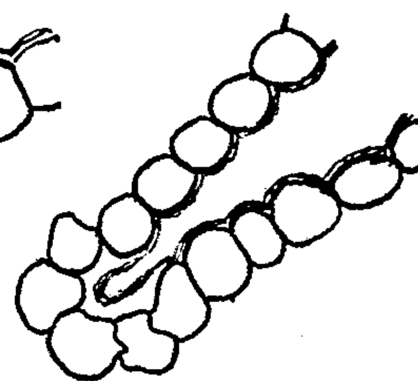


Fig. 3.

Le tableau ci-après indique les dimensions de cinq cellules bulliformes et de cinq cellules épidermiques normales d'une même coupe. La représentation graphique des moyennes de ces données montre la proportionnalité qui existe entre l'augmentation de concentration de la substance pulvérisée et la diminution de taille des cellules bulliformes. Ces relations ont été vérifiées sur un grand nombre de cas.

Nous avons effectué régulièrement des coupes sur les plantes soumises à l'action de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique; les feuilles qui ont pris naissance deux mois environ après l'application, étaient pourvues de cellules bulliformes normales. Ce fait doit être mis en rapport avec l'inactivation de l'hétéroauxine et apporte indirectement une nouvelle preuve du rôle joué par

ces substances, sur la modification décrite. D'autres modifications sur le repliement des feuilles, sur la réduction de la surface foliaire et sur l'apparition supplémentaire de sclérenchyme sont à retenir; nous reviendrons ultérieurement sur ces points.

| Dimensions des cellules bulliformes en μ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Moyenne | Chiffres théoriques | Rapport |
| Témoin | 36,8 | 46 | 43,7 | 43,7 | 41,4 | 42,3 | 42,3 | 4 |
| 2 ‰ | 27,6 | 25,3 | 23 | 23 | 25,3 | 24,8 | 21,1 | 2 |
| 4 ‰ | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 10,5 | 1 |

| Dimensions des cellules épidermiques en μ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Moyenne |
| Témoin | 11,1 | 14,8 | 11,1 | 18,8 | 11,5 | 13,3 |
| 2 ‰ | 13,8 | 9,2 | 13,8 | 9,2 | 16,9 | 12,9 |
| 4 ‰ | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 |

Ces faits semblent démontrer qu'une partie au moins du mécanisme par lequel le milieu exerce son action sur la forme et les dimensions des cellules bulliformes est liée aux auxines. Les divers facteurs qui constituent le milieu et leur variabilité suivant les lieux, pourraient déterminer des modifications profondes, soit dans la production et l'activité des auxines d'une plante, soit sur la sensibilité de ses cellules, ces modifications se traduisant par des structures différentes, comme celles que nous avons réalisées expérimentalement. Dans le cas des expériences de Molliard, le mécanisme de l'action d'un facteur physique sur les dimensions des cellules bulliformes de *Psamma arenaria* pourrait se justifier par la modification du taux des auxines.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques hybrides d'*Iris. III. *Hybrides entre* Pogoniris *nains et* Pogoniris *grands*. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La méiose de quelques hybrides réalisés entre *Pogoniris* nains et grands permet de déceler des relations cytogénétiques intéressantes. Des hybrides « structuraux » et « numériques » sont signalés et ces changements de structure sont plus accusés chez les hybrides intergroupes que chez les hybrides *Pogoniris* nains et grands auxquels certains peuvent être comparés.

Il existe des *Pogoniris* nains à $n = 8$ (*attica*), $n = 12$ (*Reichenbachii*,

*balkana*), $n = 16$ (*pumila*), $n = 20$ (*chamæiris*) $n = 24$ (*balkana*) et des *Pogoniris* grands à $n = 12$ (*pallida*, *variegata*, *imbricata*) et $n = 24$ (*macrantha*); dans chaque groupe, les types à $n = 24$ se comportent comme des autopolyploïdes des plantes à $n = 12$ auxquelles ils correspondent. Des hybrides sont connus entre *Pogoniris* nains à $n = 12$ et $n = 20$ et des *Pogoniris* grands à $n = 12$ et $n = 24$ donnant des combinaisons à $2n = 24$ et $2n = 36$ d'une part, à $2n = 32$ et $2n = 44$ d'autre part [1].

Les *I. pallida* × *Reichenbachii* et *pallida* × *balkana* à $2n = 24$ présentent à la première division de réduction des univalents, des bivalents, d'assez nombreux trivalents, des tétravalents, des pentavalents dans 1/4 des cellules et quelques rares hexavalents, soit respectivement par cellule, une moyenne de 0,6 et 0,8 univalents, 9,3 et 9,1 bivalents, 0,7 et 0,6 trivalents, 0,1 tétravalents, 0,4 et 0,5 pentavalents, 0,04 et 0,02 hexavalents, c'est-à-dire 23,3 et 23,0 éléments conjugués pour 10,3 configurations chromosomiques.

L'*I. Reichenbachii* × *macrantha* = × *Bosniamac* (Miss Willmott) à $2n = 36$ montrent bien aussi des univalents et des bivalents, mais les trivalents sont présents dans les 9/10 des cellules et 1 tétravalent dans 7 cellules; soit, en moyenne, par cellule : 8,5 univalents, 9,3 bivalents, 2,8 trivalents, 0,1 tétravalents, c'est-à-dire 27,4 éléments conjugués pour 12,2 configurations.

Chez les I. *chamæiris* × *pallida*, *chamæiris* × *variegata* et *chamæiris* × *imbricata* à $2n = 32$, à côté de ces mêmes éléments irréguliers de la méiose, on trouve chez les 2 premiers des pentavalents et 1 hexavalent chez l'*I. chamæiris* × *pallida*; soit, dans l'ordre, une moyenne, par cellule de : 5,9, 7,0 et 7,2 univalents, 9,2, 8,4 et 10,2 bivalents, 2,3, 2,5 et 1,4 trivalents, 0,08, 0,1 et 0,003 tétravalents, 0,02 et 0,03 pentavalents et 0,02 hexavalents, c'est-à-dire 25,9, 24,8 et 24,7 chromosomes conjugués pour 11,6, 11,0 et 11,6 configurations.

L'*I. chamæiris* × *macrantha* à $2n = 44$, dont le comportement méiotique a déjà été étudié, montre sur un matériel plus abondant des fréquences d'associations chromosomiques quelque peu différentes, c'est-à-dire en moyenne, par cellule : 11,6 univalents, 11,5 bivalents, 2,9 trivalents, 0,08 tétravalents, 0,04 pentavalents, 0,02 hexavalents soit 32,3 éléments conjugués pour 14,4 configurations.

De ces examens on peut constater que des affinités chromosomiques existent entre espèces *Pogoniris* de groupes différents. Ainsi, chez les hybrides à $2n = 24$, les 12 chromosomes de chaque parent présentent

---

(1) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, **16**, 1934, p. 282; *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1094; *J. Soc. Nat. Hort. Fr.*, **2** (N. S.), 1935, p. 103.

bien entre eux une forte homologie, la conjonction est presque totale avec toutefois un nombre élevé des multivalents rappelant le comportement des hybrides *Pogoniris* grands diploïdes [2]. Chez l'*I.* × *Bosniamac* à $2n = 36$, les 3 garnitures de 12 chromosomes ont le même degré d'homologie que celui observé chez les *Pogoniris* grands triploïdes qui montrent ces mêmes figures méiotiques. On retrouve une forte affinité chromosomique chez les hybrides à $2n = 32$ : c'est ainsi que nos études confirment dans l'ensemble les observations de Heinig et Randolph [3] signalant une douzaine de bivalents à la méiose d'un de ces hybrides. Cependant nous avons noté une proportion plus forte de multivalents, en particulier des trivalents sont présents dans les 9/10 des cellules étudiées. Quant à l'*I. chamæiris* × *macrantha* à $2n = 44$, la contribution chromosomique ♂ est double de celle des hybrides précédents à $2n = 32$, et ce ne sont plus 2 mais 3 stocks de 12 chromosomes homologues qui sont en présence, tout comme chez l'*I.* × *Bosniamac*. A la méiose, 12 configurations chromosomiques devraient exister avec une forte proportion de trivalents. Or, le maximum de fréquence des configurations est à 15 et le nombre des trivalents n'est pas significativement accru de celui observé chez les hybrides à $2n = 32$ bien que semblable à celui trouvé chez l'*I.* × *Bosniamac*. Si donc une conjugaison identique à celle des triploïdes a lieu, il y a toutefois 2-3 configurations surnuméraires d'origine *chamæiris* que nous savons exister chez la plupart des hybrides issus de cette espèce [4].

La présence inattendue de multivalents chez les hybrides à $2n = 24$ provient certainement, tout comme chez les hybrides *Pogoniris* grands diploïdes, auxquels ils sont superposables, de changements structuraux d'ordre chromosomique; et si la fréquence des trivalents est moindre, elle est remplacée par une proportion plus élevée de pentavalents. Même constatation avec l'*I.* × *Bosniamac* qui, se comportant comme un triploïde, présente cependant des tétravalents et 13 configurations par cellule (30 %) au lieu de 12.

La plupart de ces hybrides intergroupes sont opposables à des combinaisons génétiques et caryologiques très semblables réalisées chez les *Pogoniris* grands et nains. Comparées entre eux, on constate que les associations chromosomiques sont plus variées et plus nombreuses chez les hybrides entre *Pogoniris* grands et nains, ce qui pourrait indiquer que les modifications structurales y sont plus accusées comme sont plus éloignées les relations taxonomiques des espèces parentes qui n'appartiennent plus à un mais à deux groupes botaniques différents.

---

[2] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 650.
[3] *Amer. Iris. Soc.*, n° **111**, 1948, p. 77.
[4] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 875.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de québrachitol chez les Elæagnacées. Sa recherche dans quelques autres Myrtifloræ.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La petite famille des Elæagnacées compte une vingtaine d'espèces réparties entre les genres *Elæagnus*, *Hippophæ*, *Shepherdia*. Ce sont des arbustes à feuillage argenté utilisés pour la décoration des parcs. Les études biochimiques déjà faites sur les Elæagnacées concernent surtout la vitamine C, très abondante dans les fruits d'*Hippophæ rhamnoides*, les alcaloïdes des *Elæagnus*, et les pigments des fruits mûrs.

En traitant par l'acétone des feuilles sèches de *Shepherdia argentea*, j'ai obtenu des cristaux qui ont été identifiés au québrachitol. Je me suis proposé de rechercher cet itol chez d'autres Elæagnacées par une méthode déjà décrite [1]. Je leur ai appliqué également la méthode biochimique de Bourquelot à l'invertine et à l'émulsine pour avoir une idée de leurs constituants glucidiques.

Le québrachitol ou ester méthylique de l'inositol lévogyre $C_6H_{11}O_5OCH_3$ a été isolé de toutes les espèces examinées : *Elæagnus angustifolia* L. (rameaux de l'année, rameaux plus âgés, feuilles, fruits mûrs jaunâtres en octobre); *E. argentea* Pursh (feuilles); *E. umbellata* Thunb. (feuilles, fruits rouges en octobre); *E. multiflora* Thunb. (rameaux, feuilles, fruits rouges en octobre); *E. macrophylla* Thunb. (feuilles); *E. pungens* Thunb. var. *Simonii* Nichols. (feuilles, fruits verts en janvier), var. *reflexa* Servettaz (rameaux, feuilles); *Hippophæ rhamnoides* L. (rameaux de l'année, rameaux plus âgés, feuilles); *H. salicifolia* D. Don (feuilles); *Shepherdia argentea* Nutt. (rameaux de l'année, rameaux plus âgés, feuilles). Il a été identifié dans tous les cas par son point de fusion (sans dépression après mélange avec du québrachitol de référence) et sa sublimation au delà de 200°. Son pouvoir rotatoire a été vérifié plusieurs fois. Quelques échantillons ont été soumis au dosage de la fonction méthoxylée ou à la déméthylation par l'acide iodhydrique avec identification du *l*-inositol.

Les feuilles de *Shepherdia* se sont révélées les plus riches en québrachitol (rendement : 4g brut pour 100g sec en septembre); celles de *E. macrophylla* ont été les plus pauvres (0,15). Les écorces en renferment toujours moins que les feuilles (fait déjà constaté dans d'autres familles à québrachitol). Pour les rameaux, j'ai d'ailleurs utilisé la méthode d'extraction avec fermentation et défécation qui donne de meilleurs résultats [1]. Pour les fruits qui sont encore plus pauvres, seule cette méthode conduit à l'obtention du québrachitol.

---

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 85 et 225.

Le saccharose a été isolé en très faible quantité des jeunes rameaux d'*Hippophæ rhamnoides* et *Shepherdia argentea*. Il n'a cristallisé dans aucun autre essai. La méthode biochimique montre que les feuilles renferment peu de sucre réducteur initial et de saccharose; les écorces en contiennent davantage. La déviation lévogyre observée pour les feuilles de toutes les espèces s'explique par la présence de québrachitol (*E. angustifolia* — 2°45′, *Shepherdia* — 3°40′; $100^{cm^3} = 100^g$ frais). L'action de l'émulsine est partout faible, parfois insignifiante (maximum observé : 0,25 de sucre réducteur pour $100^g$ de feuilles fraiches d'*H. rhamnoides*). Les liqueurs aqueuses déféquées d'*E. angustifolia* (rameaux) ont été remarquées par leur fluorescence bleue dans l'ultraviolet : contiennent-elles un hétéroside du groupe de l'æsculoside ?

Les fruits mûrs sont riches en sucre réducteur initial : maximum observé pour ceux d'*E. angustifolia* 18,6 % frais, soit 36 % de pulpe sèche. Des teneurs plus élevées ont déjà été signalées ([2]). Les fruits mûrs des trois espèces examinées étaient dépourvus de saccharose et de pectine (recherchée par la pectase du jus de carottes).

Pour préciser la limite de répartition du québrachitol, j'ai appliqué la méthode d'extraction aux plantes suivantes appartenant à des familles voisines des Elæagnacées et rangées dans le groupe des Myrtifloræ Engler-Diels :

Thymélæacées : *Daphne Mezereum* L.; *D. Laureola L.* Lythracées : *Lythrum Salicaria* L.; *Cuphea ignea* A. DC. Punicacées : *Punica Granatum* L. Nyssacées : *Nyssa sylvatica* Marsh.; *Davidia involucrata* Baill. Alangiacées : *Alangium chinense* Harms. Myrtacées : *Eugenia myrtifolia* Sims; *Callistemon speciosus* DC.; *Eucalyptus Globulus* Labill. Hydrocaryacées : *Trapa natans* L. Œnothéracées : *Epilobium hirsutum* L.; *Œnothera speciosa* Nutt.; *Gaura biennis* L.; *Fuchsia globosa* Lindl.; *Lopezia coronata* Andr. (pour les arbustes, les rameaux et feuilles ont fait l'objet d'examens séparés).

Aucune de ces plantes n'a fourni de québrachitol mais d'autres substances en ont été extraites :

Le saccharose a été isolé plusieurs fois : *Daphne Mezereum* (feuilles), *D. Laureola* (écorces), *Alangium* (feuilles), *Eucalyptus* (feuilles), *Epilobium, Œnothera*, *Gaura* (tiges feuillées), *Fuchsia* (feuilles). Il a été identifié par son point de fusion et son hydrolyse sucrasique. Le mannitol a été isolé des rameaux de l'année et des feuilles de *Punica Granatum* (identifié par ses solubilités et son point de fusion). Les rameaux en ont fourni 4, 2 brut pour $100^g$ sec. Sa présence était déjà connue dans les racines de cette espèce. Des substances organiques cristallisées non identifiées ont été

---

([2]) Zabramnyi, *Chem. Abstr.* 34, 1940, p. 6970[6].

isolées de *Daphne Laureola* (feuilles), *Nyssa* (écorces), *Davidia* (écorces), *Cuphea* (tiges feuillées). Je poursuis leur étude.

En résumé, le québrachitol a été isolé de toutes les Elæagnacées examinées : il n'avait pas encore été signalé dans cette famille. En outre, le mannitol a été extrait des tiges et feuilles de *Punica Granatum* et le saccharose de diverses Myrtifloræ.

PHYSIOLOGIE. — *La présence de maxima périodiques dans la courbe de sensibilité scotopique.* Note (*) de Mme **Paulette Berger** et M. **Jacob Segal**, transmise par M. Robert Courrier.

La courbe de sensibilité scotopique humaine présente des maxima multiples, régulièrement espacés de 20-25mμ, ce qui correspond à la valeur du décalage du maximum d'absorption d'un caroténoïde par addition d'un groupe d'éthyle dans sa chaîne latérale. Le pourpre rétinien apparaît donc comme une substance complexe, comportant des molécules ayant différentes longueurs de chaînes latérales.

Lorsqu'on détermine la courbe de sensibilité scotopique d'un sujet en effectuant les mesures en de très nombreux points de la courbe, on constate la présence de maxima multiples, régulièrement espacés de 20 à 25mμ. Leur position est relativement constante pour un sujet donné, mais varie d'une personne à l'autre, ce qui fait qu'ils s'effacent complètement dans les courbes résumant la moyenne de nombreuses mesures. Une telle périodicité a été signalée par Crozier (1) pour de très petites plages fovéales, et a été considérée comme une particularité du centre de la rétine. Dans nos mesures, effectuées en vision extrafovéale sous 5°, avec des plages de 1° et en adaption nocturne, le phénomène se retrouve aisément.

La figure 1 montre deux courbes de sensibilité d'un même sujet, relevées dans des conditions d'adaptation différentes. On voit nettement la succession régulière de maxima et de minima dans toute la partie centrale. Il faut noter que, pour éviter une trop grande fatigue du sujet, chaque point n'a été mesuré qu'une seule fois, ce qui fait que la moindre inattention de la part du sujet imprime à la courbe une déformation irréversible. Néanmoins, parmi les 12 courbes examinées, sept présentent une régularité comparable à celle que montre la figure, trois ont un des maxima principaux effacés ou brouillés et deux seulement ont une allure trop irrégulière pour conclure avec certitude à une périodicité.

Les maxima respectifs des différents sujets ont une dispersion de l'ordre de ± 5mμ. En prenant pour point commun respectivement les maxima désignés

---

(*) Séance du 12 mars 1951.

(1) *J. Gen. Physiol.*, 34, 1950, p. 87.

par 1, 2 et 3 dans la figure 1, nous obtenons les dispersions polymodales représentées dans la figure 2 qui font ressortir nettement la périodicité de $20^{m\mu}$ de la courbe de sensibilité.

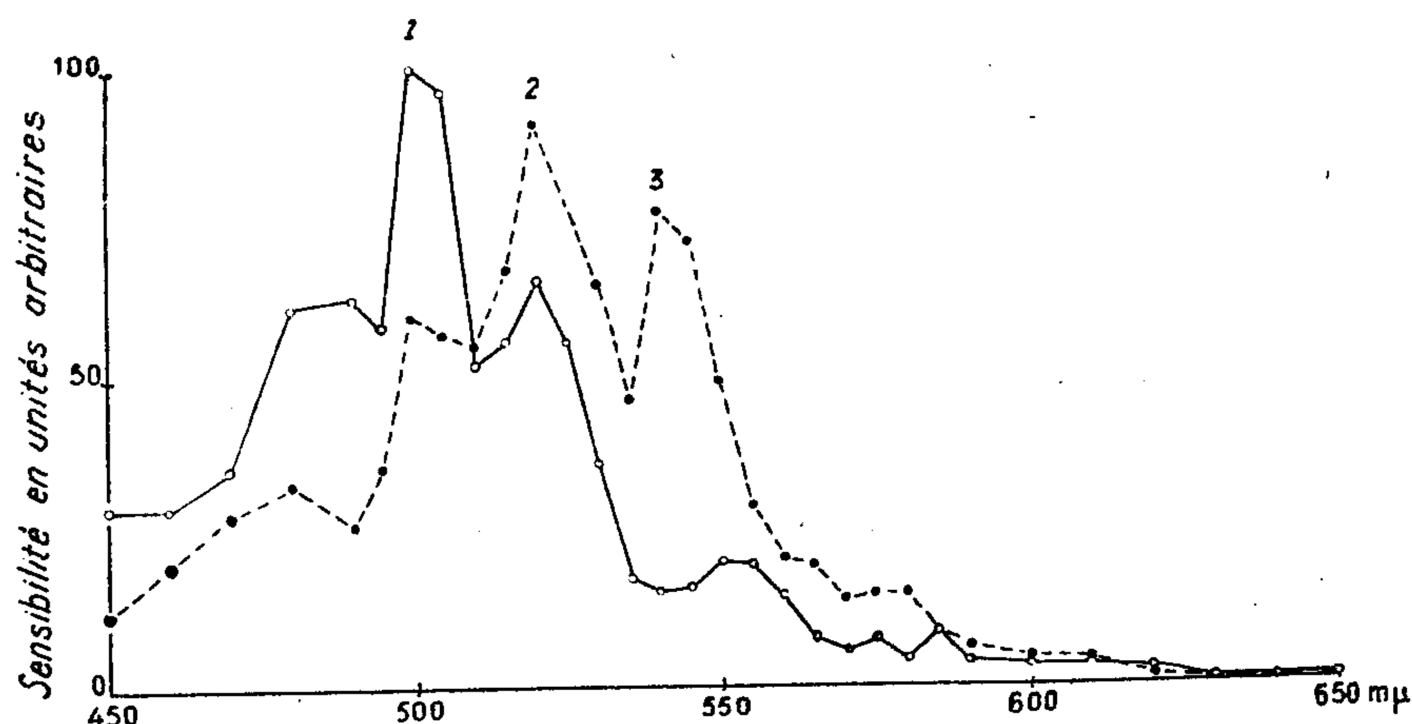


Fig. 1.

Étant donné l'importance théorique du phénomène, nous avons cherché à l'assurer davantage par un traitement statistique. Pour cela, nous avons précisé, dans une série de mesures préalables la position exacte de deux

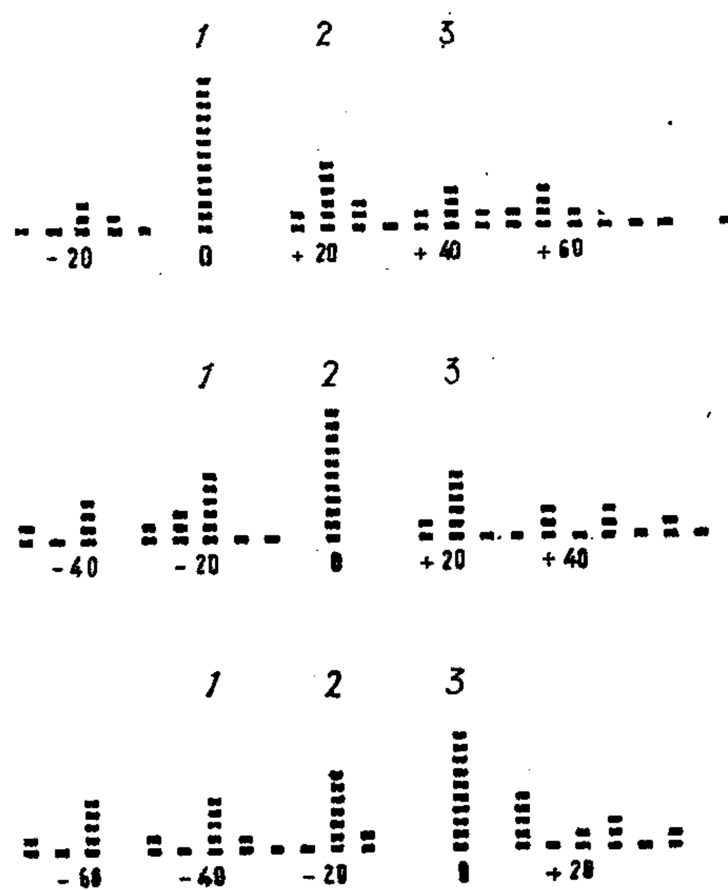


Fig. 2.

maxima et du minimum qu'ils enferment. Ensuite se succédaient de nombreuses mesures dans l'ordre *maximum*$_1$-*minimum-maximum*$_2$-*minimum-maximum*$_1$ et ainsi de suite. Seules les différences entre deux mesures consécutives

ont été prises en considération, ce qui permet d'éliminer les influences de l'adaptation progressive qui, même après une heure d'adaptation, n'est pas encore parvenue à son terme.

Dans trois séries séparées, réalisées sur deux sujets différents, nous avons obtenu les résultats suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Moyenne des différences en valeurs arbitraires......... | 2310 | 3320 | 7540 |
| $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$............................. | 246 | 750 | 1590 |

Les rapports entre moyenne et erreur type sont respectivement 9.4 : 1; 4,4 : 1; 4.7 : 1. Les résultats sont donc parfaitement assurés.

Nous savons que l'addition d'un groupe d'éthyle —C=C— dans la chaîne latérale de caroténoïde décale son maximum d'absorption de 20-25$^{m\mu}$ vers le rouge. Une périodicité analogue dans la courbe de sensibilité scotopique de l'œil suggère l'idée que le pourpre rétinien est une substance complexe, comportant des molécules d'un même type mais ayant un nombre variable de doubles liaisons dans leurs chaînes latérales.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'existence dans le splanchnique de fibres adrénalino et nor-adrénalinosecrétrices distinctes.* Note (*) de M<sup></sup>lle **Marcelle Beauvallet**, Mlle **Eliane Le Breton**, et M. **Julien Salle**, présentée par M. Robert Courrier.

Le rôle de la nor-adrénaline comme médiateur chimique du système sympathique a été très étudié par les physiologistes ces dernières années. Greer et ses collaborateurs [1] ont donné, dès 1938, des arguments expérimentaux en faveur de l'idée que la sympathine hépatique serait de la nor-adrénaline qui interviendrait également aux côtés de l'adrénaline dans la transmission des influx sympathiques aux cellules effectrices. Depuis 1948, les recherches de Von Euler, Schumann, etc., ont mis en évidence sa présence non seulement dans les extraits de nerfs sympathiques, mais dans ceux de rate, de surrénale et d'une série d'organes; d'autre part, les travaux de Bulbring, Mann et West, Gaddum, etc., ont montré la présence de nor-adrénaline dans le sang après excitation des nerfs splanchniques, spléniques et hépatiques; dans ce dernier cas, seule la nor-adrénaline serait déversée dans le sang. Mais à l'heure actuelle les conditions dans lesquelles la médullo-surrénale secrète l'une ou l'autre des deux substances, le rôle réparti à chacune d'elles, ne sont pas élucidés.

(*) Séance du 12 mars 1951.

(1) C. M. Greer, J. O. Pinkston, J. H. Baxter et E. S. Brannon, *J. Pharmacol. Exper. therap.*, 62, 1938, p. 189.

Les recherches faites par l'un d'entre nous ([2]) sur les effets cardio-vasculaires du méthylphosphonate de diéthyl (M. P. D. E.) nous ont conduits à l'étude de cet important problème physiologique.

En injection intraveineuse (15 à 20 mg/kg) cette substance provoque chez le Chien une hypertension ayant pour origine une sécrétion de la médullo-surrénale, aucun effet chez l'animal décapsulé; les caractères de cette hypertension la différencient nettement de celle due à l'adrénaline.

1° L'hypertension provoquée par le M. P. D. E. est de longue durée, 2 à 6 heures, or on sait depuis les travaux de Hermann et collaborateurs ([3]) que la perfusion lente et continue d'adrénaline détermine une hypertension primitive rapidement suivie d'une chute de la pression, malgré la persistance de la perfusion; par contre la perfusion continue de nor-adrénaline déclanche une hypertension qui se maintient à un niveau constant tant que dure la perfusion [Beauvallet, ([4])].

2° Les substances sympatholytiques n'inversent pas l'hypertension consécutive à l'injection du M. P. D. E., mais l'annulent ou la diminuent. Or on sait que les sympatholytiques n'inversent pas l'effet hypertenseur de la nor-adrénaline, mais l'annulent.

3° D'autre part, chez le lapin l'injection de M. P. D. E. reste sans effet; chez cette espèce Holtz et Schumann ([5]) puis West ([6]) ont vu que la surrénale ne secrète pas de nor-adrénaline.

Ces faits expérimentaux nous ont rapidement conduits à penser que le M. P. D. E. déclanche dans les cellules de la médullo-surrénale une libération de nor-adrénaline à l'exclusion d'une sécrétion d'adrénaline. Pour démontrer que, seule, l'hormone déméthylée est en cause, nous avons institué des expériences utilisant les tests de Cannon et Rosenblueth. Ces auteurs ont montré que chez la chatte non gravide, l'adrénaline provoque la contraction de la membrane nictitante et la décontraction de l'utérus *in situ*, alors que la nor-adrénaline est sans effet sur l'utérus. Nos recherches nous ont permis de constater que l'injection de M. P. D. E. reproduit très exactement les effets d'une injection de nor-adrénaline sur ces effecteurs.

La libération de cette hormone par la médullo-surrénale pouvait s'expliquer par deux mécanismes : 1° une action périphérique du M. P. D. E. sur la cellule glandulaire, ce corps favorisant spécifiquement la synthèse de nor-adrénaline; 2° une action sur les centres d'origine du nerf splanchnique. Seul ce second mécanisme nous a semblé devoir être retenu pour l'instant, car il rend compte de l'ensemble des faits observés. En effet, l'expérience montre que le M. P. D. E. agit par la voie du splanchnique puisque, chez l'animal à splanchniques sectionnés ou vérifiés rendus inexcitables à la suite

([2]) J. Salle, *C. R. Soc. Biol.*, 1951, Séance du 24 février (2 notes).

([3]) H. Hermann, F. Jourdan, G. Morin et J. Vial, *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 952.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 11.

([5]) *Nature* (London), **165**, 1950, p. 683.

([6]) *Brit. J. Pharmacol.*, 5, 1950, p. 542.

d'une injection de nicotine, l'hypertension est beaucoup plus faible ([2]). Étant donné que Bulbring ([7]) a établi que l'excitation faradique du splanchnique en même temps qu'elle libère les deux hormones, favorise dans la glande la méthylation de la nor-adrénaline en adrénaline, phénomène inverse de celui qui pourrait expliquer l'action du M. P. D. E., nous avons été conduits à adopter comme hypothèse de travail la présence dans le nerf splanchnique de deux types de fibres, les unes adrénalino, les autres nor-adrénalinosecrétrices, notre substance agissant spécifiquement sur les neurones d'origine des secondes. Un premier type d'expériences appuie cette conception : en excitant le nerf splanchnique de la chatte avant et après administration du M. P. D. E., on constate que la réponse de la membrane nictitante est plus importante si l'excitation a lieu après injection de la substance, mais que la contraction de l'utérus reste la même avant et après l'injection. Seule la présence de deux types de fibres dans le nerf, ayant des neurones d'origine distincts nous semble pouvoir expliquer ces résultats.

Il va sans dire que toute une série de nouvelles recherches de types variés doit démontrer le bien-fondé de cette hypothèse dont l'importance physiologique est évidente. En effet, elle conduit à rechercher, parmi les modes physiologiques d'excitation reflexe du splanchnique, ceux qui déclancheraient l'intervention soit d'adrénaline, soit de nor-adrénaline comme hormone dans tel ou tel grand processus physiologique : régulation de la tension artérielle ou thermogénèse reflexe de réchauffement par exemple.

PHYSIOLOGIE. — *Activation de la thyroïde du jeune cobaye par des injections d'urine de cobaye thymiprive.* Note (*) de M. **J. Comsa**, présentée par M. Robert Courrier.

La possibilité d'une influence de l'extirpation du thymus sur l'hypophyse a été entrevue ([1]) à la suite de l'étude de la thyroïde et des gonades chez les cobayes thymiprives. En effet, chez ces animaux, la thyroïde a été trouvée particulièrement active, et les cellules de la lignée germinale montraient les signes d'une évolution accélérée et abortive. Ceci pouvait suggérer l'hypothèse d'une activité accrue de l'hypophyse du Cobaye thymiprive. Une première vérification de cette hypothèse a été tentée par la recherche de l'hormone thyréotrope dans l'urine des cobayes thymiprives.

L'urine des cobayes thymiprives, pesant de 150 à 180$^{g}$ au moment de l'opération, est recueillie individuellement pendant 48 heures, filtrée, lavée

([7]) *Brit. J. Pharmacol.*, 4, 1949, p. 234.

(*) Séance du 12 mars 1951.

([1]) Comsa, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 903.

à l'éther et ramenée à 25 % du poids des animaux avec de la solution de Ringer. Cette préparation est injectée trois jours de suite à des cobayes mâles pesant environ 150$^g$, à raison de 3, 6 ou 9$^{cm^3}$ par injection. Ces animaux sont sacrifiés 24 heures après la troisième injection. Les signes histologiques de l'activité de leur thyroïde sont recherchés et notés suivant la méthode de Junkmann et Schoeller ([2]). Ces déterminations ont été répétées 5, 10, 15, 20, 25, 40 et 60 jours après l'extirpation du thymus pour les mêmes animaux. On utilise quatre animaux donneurs dans chaque cas. Les résultats de cette détermination sont représentés dans un tableau. Il est rappelé que d'après M. Aron ([3]), ([4]) l'injection d'urine de cobayes normaux, à raison de 5$^{cm^3}$ répétée trois jours de suite, ne détermine pas d'activation de la thyroïde.

| Cobayes donneurs de l'urine. | | Quantité d'urine injectée ($cm^3$): | Degré d'activation de la thyroïde. |
|---|---|---|---|
| Normaux | ♂ | $3 \times 9$ | + (*) |
| | ♀ | | |
| Thymiprives | ♂ | − | − |
| | ♀ | − | − |
| Depuis 5 jours | | $3 \times 9$ | + + |
| » 10 » | | $3 \times 3$ | + + |
| | | $3 \times 6$ | + + + |
| » 15 » | | $3 \times 9$ | + + + |
| » 20 » | | $3 \times 9$ | + + |
| » 25 » | | | |
| » 40 » | | $3 \times 9$ | + (*) |

(*) Considéré comme douteux, car la vérification exigée par Junkmann et Schœller (effet intense obtenu avec le double de cette dose) est impossible.

Ces résultats montrent une excrétion notablement accrue de facteur thyréotrope chez les cobayes thymiprives des deux sexes. Celle-ci atteint son maximum de 10 à 15 jours après l'opération et décroît ensuite. A 40 jours de

---

([2]) *Kl. Wsch.*, 1932, p. 1176. Préférable avec la petite quantité de matériel, peu maniable dont on dispose.

$\ominus$, image de repos classique pour la thyroïde du jeune cobaye.

+, *au centre de la glande*, les cellules épithéliales sont plus hautes, les noyaux arrondis et plus clairs. Des vacuoles dans la colloïde. Image de repos à la périphérie.

+ +, image de + étendue à toute la glande.

+ + +, *au centre de la glande*, l'épithélium des vésicules devient cylindrique. Par endroits, il se stratifie. Les noyaux sont gros, pauvres en chromatine. La colloïde peut devenir basophile, ou se réduire à une sorte d'écume de vacuoles de résorption qui se touchent. Mitoses assez fréquentes. Les cellules des îlots de Wölffler prennent l'aspect « glandulaire ».

+ + + +, image de + + + étendue à toute la glande.

([3]) *Rev. Fr. endocr.*, 8, 1930, p. 472.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 106, 1931, p. 1044.

l'opération, elle a complètement cessé. Il est possible de superposer cette observation à celle de l'évolution de la thyroïde à la suite de l'extirpation du thymus. En effet l'extirpation du thymus détermine chez les jeunes cobayes des deux sexes une stimulation de la thyroïde, qui se traduit par l'aspect histologique ([5]), ainsi que par l'excrétion accrue de la créatine ([6]). Cette stimulation augmente progressivement dès le début, atteint son maximum 15 ou 20 jours après l'opération, et décroît ensuite (chez les animaux qui survivent à la thymectomie pendant plus de 30 à 40 jours).

*En résumé*, l'extirpation du thymus détermine chez les jeunes cobayes des deux sexes une augmentation notable de l'activité thyréotrope de l'urine. Cette activation est passagère. Il y a lieu de supposer que l'extirpation du thymus agit sur la thyroïde par l'intermédiaire de l'hypophyse.

PHYSIOLOGIE. — *Étude stroboscopique des modifications réflexes de la vibration des cordes vocales déclenchées par des stimulations expérimentales du nerf auditif et du nerf trijumeau.* Note de M. **Raoul Husson**, présentée par M. Louis Lapicque.

Sous vision laryngostroboscopique, le nerf auditif a été stimulé par des sons de fréquences et d'intensités variables, et le nerf trijumeau électriquement. La vibration des cordes vocales est modifiée par voie réflexe de niveau bulbaire, avec réponse homolatérale dans le cas d'excitations faibles. L'excitation homorythmique du nerf auditif stabilise la fréquence vibratoire, tandis que l'excitation hétérorythmique la perturbe.

A. Stimulation acoustique du VIII (nerf auditif). — Tandis que le sujet émet un son de fausset sur Ré 3 sous vision laryngostroboscopique, on a procédé aux stimulations suivantes : *a.* son de trompette sur Ré 3 dans une oreille, boule Quiès assourdissante introduite dans l'autre; *b.* même stimulation d'un côté, sans boule Quiès de l'autre; *c.* son de sirène peu intense sur Ré 3 limité à une oreille; *d.* son de trompette un peu différent de Ré 3 d'un côté, boule Quiès de l'autre; *e* et *f.* son de sirène sur Ré 3 d'un côté, son de trompette sur Sol 3 ou sur Sol 2 de l'autre (diplacousie); *g.* son de sirène sur Ré 3, d'intensité variable, avec un sujet atteint de surdité unilatérale totale.

Ces expériences ont été réalisées en partie les 10 et 15 février 1951 à l'Hôpital Boucicaut, Service O.-R.-L. du Professeur André Moulonguet, avec les Docteurs Garde et Larger (en s'inscrivant par ailleurs dans un programme de recherches concernant les relations entre l'audition et la phonation établi par le Docteur Garde) et complétées les 21 et 24 février

([5]) Comsa, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 903.
([6]) Comsa, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 566.

1951 à l'Hospice de la Grave, à Toulouse, Service O.-R.-L. du Professeur Jean Calvet, avec les Docteurs Birague, Bonpunt et Mailhac.

Les résultats peuvent être résumés comme suit : 1° Les stimulations homorythmiques unilatérales donnent : *faibles*, une réponse homolatérale; *plus fortes*, une réponse homolatérale forte et hétérolatérale faible; *intenses*, une réponse bilatérale symétrique. La réponse est constituée par un accroissement de l'amplitude (en fausset), un supplément de contraction de la corde vocale, et une stabilisation de la fréquence. La réponse se maintient tant que dure la stimulation. 2° La stimulation à une fréquence voisine (cas *d*) produit un arrêt apparent de la vibration, aussitôt suivi d'une reprise à la fréquence perturbatrice. 3° Les épreuves de *diplacousie expérimentale* (cas *e* et *f*) modifient la fréquence de la vibration de la corde vocale, qui tend à croître si le son perturbateur est plus aigu, et à décroître s'il est plus grave, l'effet observé étant beaucoup moins marqué dans le second cas. 4° En cas de surdité périphérique totale d'une oreille, la réponse est limitée au côté sain, le seul stimulé en fait.

B. Stimulation électrique du V (nerf trijumeau). — Pendant que le sujet émet un son de fausset sous vision laryngostroboscopique, on a procédé à une électrisation, à un rythme de 15 à 20 par seconde, de territoires intrabuccaux recevant l'innervation sensitive du V, notamment entre joue et gencive supérieure au niveau des premières molaires. Matériel employé : bobine d'induction; petite électrode bipolaire introduite dans la bouche et mastiquée avec du stents. Expériences réalisées le 15 février 1951 à l'Hôpital Boucicaut avec les Docteurs Garde et Larger.

Résultats observés pendant la durée de l'excitation : 1° L'accolement glottique en phase vibratoire, normalement incomplet en fausset, devient parfait; le sphincter glottique effectue dans son ensemble un supplément visible de contraction, laquelle devient supérieure à la normale; l'épiglotte tend à se rabattre sur le larynx. 2° La réponse est bilatérale symétrique. 3° On n'observe aucune modification dans la coloration de la muqueuse laryngo-pharyngée, ce qui exclut une transmission par voie sympathique.

C. Conclusions. — 1° Ces résultats doivent être interprétés comme des pseudo-réflexes de niveau bulbaire. Les influx sensitifs ou sensoriels transmis par le V ou le VIII se diffusent dans le bulbe aux noyaux moteurs du X en état d'activité, soit homolatéraux, soit homo et hétérolatéraux, selon leur intensité. Si ces influx ont même fréquence que l'activité rythmique du X, celle-ci est *stabilisée* et *intensifiée*; s'ils sont hétérorythmiques avec faible différence de fréquences, l'activité du X se *synchronise* sur eux; si la différence de fréquences est forte, la fréquence de l'activité rythmique du X se modifie : elle est *attirée* par celle des influx perturbateurs (phénomène de *traînage de fréquence*).

La possibilité de tels processus avait été évoquée, dès 1931, par

Fessard (¹), en les rapportant à des oscillations de relaxation. Rocard (²) a donné de ces phénomènes une théorie très complète qui en explique la génèse dans le cas d'oscillations de types beaucoup plus généraux.

2° Conséquence particulière, une musique d'accompagnement dissonante peut gêner un chanteur : celui-ci n'est plus maître de la justesse de ses sons (fait quelquefois signalé).

3° Ces résultats expérimentaux, joints à ceux exposés dans notre Thèse (³), confirment bien que la genèse de la vibration des cordes vocales réside dans l'*activité rythmique* des cellules motrices étagées sur le trajet axonique cortico-récurrentiel, puisqu'une fréquence perturbatrice transmise par le VIII réagit sur la vibration des cordes vocales comme l'indique l'analyse de Rocard (accroissement de l'amplitude, ou synchronisation, ou traînage de fréquence).

PHYSIOLOGIE. — *Sensibilisation humorale et olfaction.* Note de M. **Marcel Guillot**, présentée par M. Léon Binet.

On sait que l'injection répétée de toute substance organique étrangère, à des doses suffisantes, détermine chez l'animal et chez l'Homme l'apparition d'anticorps spécifiques (¹). On peut se demander s'il n'en résulte pas une variation de la sensibilité olfactive, et si, par injection du sérum de l'animal sensibilisé, on ne peut pas transférer à un autre organisme cette variation. Une expérience de ce genre a été tentée par J. Le Magnen (²), qui a cru pouvoir conclure à l'existence d'un tel effet; mais les conditions dans lesquelles les mesures étaient effectuées par cet auteur rendent douteuse cette conclusion. J'ai tenté la même expérience en procédant de la manière suivante dans le cas de l'acide isovalérianique : la mesure des seuils de sensibilité est effectuée par flairage, dans des conditions standard, d'une série de flacons identiques contenant des dilutions de la substance odorante dans du phtalate d'éthyle très pur. Ce solvant présente l'avantage d'être dépourvu d'odeur et de ne donner lieu à aucune adsorption superficielle du produit dissous (ce dont on s'est assuré en vérifiant que la tension superficielle était indépendante de la concentration). Des flacons numérotés de 1 à 15 renferment des dilutions,

(¹) *L'Ann. Psychol.*, 32, 1931, p. 104.

(²) *Revue Scientifique*, 1941, p. 38; *Dynamique Générale des Vibrations*, Paris, 2ᵉ édit., 1949, p. 296.

(³) *Étude des phénomènes physiologiques et acoustiques fondamentaux de la voix chantée* (*Thèse*, Paris, 1950); *Revue Scientifique*, 3.306, 3.307, 3.308, 1950.

(¹) J. Loiseleur, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 1 et 151.

(²) *Thèse*, Paris, 1949; *Bull. Analytique du C. N. R. S.*, 11, 1950, 2ᵉ partie, p. 643, (inscrit sous le n° 11, 108, 198).

de concentration moitié, pour chacun d'eux, de celle du flacon précédent. On commence par rechercher l'ordre de grandeur de la concentration correspondant au seuil. Lorsque cet ordre de grandeur est répéré, on choisit huit flacons appartenant à la zone intéressante, et on y adjoint deux flacons renfermant du phtalate d'éthyle pur. Les dix flacons réunis sont alors disposés devant le sujet dans un ordre quelconque, inconnu de lui, et l'on note, après flairage de chacun d'eux, la réponse [positive (+), douteuse (o) ou négative (—)].

Cet essai est recommencé dix fois de suite, l'intervalle entre deux flairages étant d'environ dix secondes. On obtient un tableau de 100 résultats. On construit la courbe des pourcentages en fonction du logarithme de la concentration, en attribuant arbitrairement la valeur 1 aux réponses +, 0,5 aux réponses douteuses et 0 aux réponses —. La courbe en S obtenue (*fig.* 1)

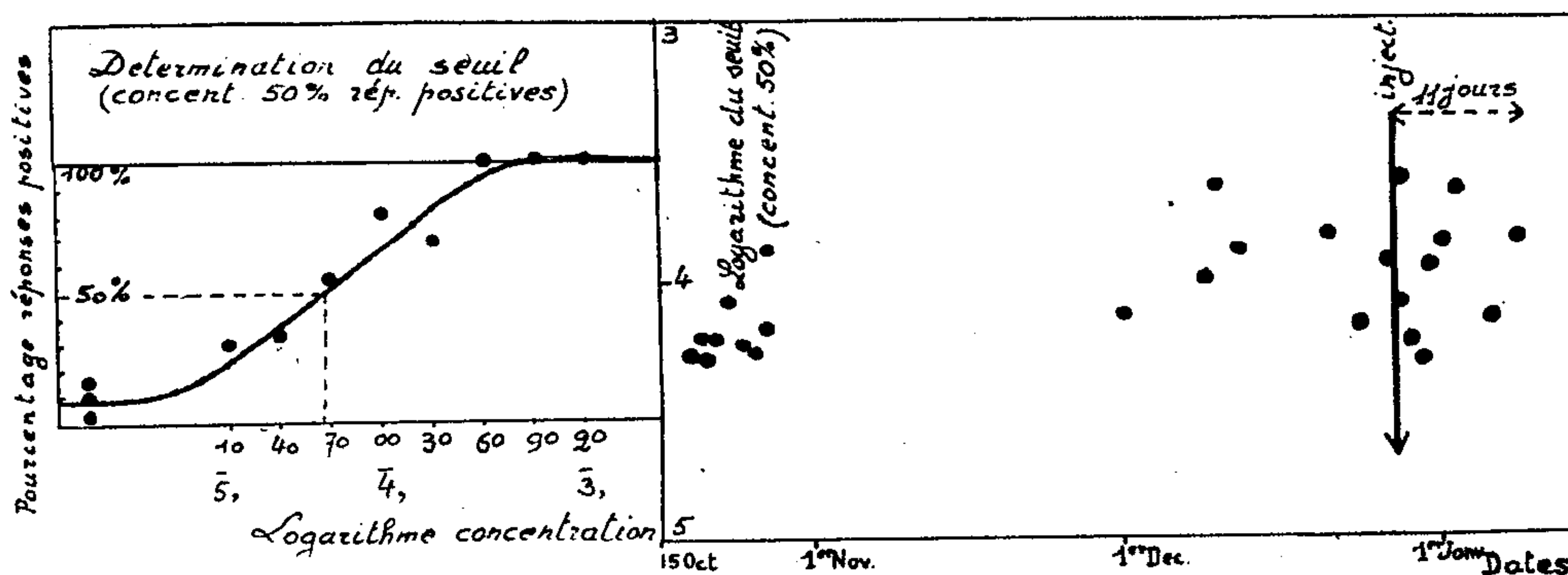



Fig. 1.

Fig. 2.

permet de déterminer la concentration correspondant à 50 % de réponses positives. Cette technique de détermination du seuil de sensibilité présente sur la technique de J. Le Magnen la supériorité de n'être pas sujette à des erreurs tenant à une concentration du produit actif à la surface du liquide. Des essais pratiqués sur un même sujet dans des conditions physiologiques variables (heure de la journée, degré de fatigue nerveuse, degré de fatigue respiratoire, état de la digestion, rhume, etc.) montrent une dispersion des résultats dans un intervalle assez grand indiqué par la figure 2. Les essais ont été poursuivis plusieurs mois sur le même sujet. Pour la préparation de l'anticorps, l'animal choisi a été le Lapin [3]. Les injections de sels de sodium de l'acide isovalérianique en soluté isotonique ont été faites régulièrement jusqu'à obtention d'un taux élevé d'anticorps. Les γ-globulines séparées aseptiquement, purifiées et mises en solution, ont été injectées en deux fois : le soir à $23^h$ et le lendemain matin à $9^h$. Les mesures ont été faites aussitôt après, à $10^h 30^m$ et le même jour

(3) M. J. Loiseleur a bien voulu diriger lui-même la préparation des animaux et la séparation de la γ-globuline en vue de ces expériences.

à 23h 30m, puis prolongées ultérieurement pendant 11 jours. Les résultats sont indiqués sur la figure 2. On voit que leur zone de dispersion est exactement la même que celle des résultats antérieurs à l'injection. On peut donc affirmer qu'aucun effet, même minime, n'est perceptible ([4]).

En conclusion, l'introduction dans l'organisme humain d'anticorps spécifiques de l'acide isovalérianique n'a modifié en rien la sensibilité à l'odeur de cette substance.

PHYSIOLOGIE. — *Hyperalloxanémie chez les animaux et les Hommes diabétiques.* Note de MM. **Auguste Loubatières** et **Pierre Bouyard**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons insisté sur le rôle joué par l'intestin dans la formation d'alloxane lorsque l'organisme de divers mammifères (Rat, Lapin, Chien, Homme), préparé par un jeûne de 48 heures, est soumis à une absorption glucosée.

Étant donnée la relation qui paraît exister entre le métabolisme du glucose et l'élaboration d'alloxane, nous avons étendu nos recherches à l'étude du comportement de l'alloxanémie au cours de divers diabètes sucrés.

Les résultats *statiques* moyens obtenus se trouvent condensés dans le tableau suivant :

| | | Taux de la glycémie (g/l). | Taux de l'alloxanémie (mg/l). |
|---|---|---|---|
| | *1° Sujets normaux témoins à jeun.* | | |
| Lapin | | 1,10 | 0,25 à 0,40 |
| Chien | | 0,90 | 0,15 à 0,25 |
| Homme | | 0,90 | 0,15 à 0,25 |
| | *2° Sujets diabétiques à jeun non traités par l'insuline.* | | |
| Chien : Diabète | par pancréatectomie totale | 3,50 à 5 | 3 à 4 |
| | hypophysaire | 2,00 à 3 | 1,50 à 2,50 |
| | méta-hypophysaire | 2,00 à 2,50 | 1,00 à 2,00 |
| | méta-alloxanique | 2,50 à 4,50 | 1,50 à 3,50 |
| | adrénalinique | 2,50 | 1,50 |
| | phloridzinique | 0,90 à 0,70 | 0,20 |
| Homme : Diabète | d'intensité modérée | 1,50 | 0,50 |
| | grave | 3,50 | 3,00 |

([4]) Les essais de M. Le Magnen ont été faits avec la même préparation d'anticorps que les présents essais, et la discordance des résultats ne peut donc, en aucune manière, être attribuée à des conditions différentes de préparation des anticorps, ou de mode d'injection.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 257.

Il ressort de leur examen que l'on constate dans les *divers types* de *diabètes sucrés* (sauf celui provoqué par la phloridzine) une *élévation notable du taux de l'alloxanémie*.

L'étude *évolutive* de ces divers diabètes a montré que l'alloxanémie est d'autant plus élevée que le diabète est plus grave. Dans les cas où la guérison « spontanée » se produit, l'alloxanémie revient au niveau normal.

L'administration d'*insuline* ou de *phloridzine* à doses suffisantes pour ramener et maintenir la glycémie à la normale *réduisent* également l'*alloxanémie jusqu'au niveau normal*.

Les faits exposés dans cette Note ainsi que dans la précédente (1) mettent donc en évidence le rôle biologique de l'alloxane et son intervention probable dans la pathogénie du diabète sucré.

On peut se demander si les quantités anormalement élevées d'alloxane qui imprègnent *en permanence* le sang des diabétiques graves non traités par l'insuline ne s'opposent pas à la régénération éventuelle des cellules insulino-sécrétrices du pancréas et à la guérison du diabète sucré.

BIOLOGIE. — *Hyaluronidase du sperme et fécondité des taureaux*. Note de MM. **Jean Jacquet, Yves Plessis** et **Robert Cassou**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note antérieure (1), nous avons cherché à savoir s'il y avait comme Philipps et ses collaborateurs le prétendent (2), un lien entre le taux de vitamine C et la valeur fécondante du taureau.

Nous avons étudié, depuis, la valeur de la mesure des facteurs de diffusion, découverts par Durand-Reynals (3), qui sont pratiquement assimilables à l'hyaluronidase et dont le rôle en physiologie génitale a été démontré par toute une série d'auteurs. L'enzyme contenu dans les spermatozoïdes dissocierait la *corona radia* qui entoure encore l'ovule au moment de la fécondation et permet ainsi la pénétration de la cellule mâle à travers la membrane pellucide.

Parmi les nombreuses techniques proposées, nous avons choisi une méthode de dosage simple pour qu'elle soit applicable partout, à la ferme même, et par voie biologique parce qu'il existe des substances qui se comportent *in vivo* comme de véritable facteurs de diffusion et qui ne sont pas des hyaluronidases vraies. Humphrey (4) a montré, enfin, que le phénomène biologique n'était fonction que du logarithme du taux d'hyaluronidase. Le procédé décrit

---

(1) *C. R. Ac. Agric.*, 36, 1950, p. 446.
(2) *J. Dairy Sc.*, 23, 1940, p. 873.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 6 et 1908.
(4) *Bioch J.*, 37, 1943, p. 177.

antérieurement par l'un de nous ([5]) s'inspire de ceux de Durand-Reynals ou de Bacharach, Charne et Middleton ([6]), et tient compte de ces particularités. Une partie des dosages a été effectuée en mars 1950, plusieurs jours de suite au Centre d'Insémination de La Loupe, aussitôt après la récolte de la semence, grâce au camion-Laboratoire que l'un de nous a fait équiper ([7]). D'autres essais ont été effectués ensuite au Laboratoire de Caen.

Nous avons constaté, sur des taureaux pris au hasard dans les fermes que les teneurs en enzyme étaient suffisamment fixes d'une prise à l'autre pour un même mâle. Il y a, en outre, une certaine relation entre le nombre de spermatozoïdes et la valeur hyaluronidasique ([8]). Celle-ci reste relativement constante, même après la mort des cellules, en tout cas, beaucoup plus que le pH dont les variations sont liées à l'activité métabolique des spermatozoïdes.

TABLEAU I.

| | | |
|---|---|---|
| *Taureau* $R_1$ : | | |
| Première prise... | 12 U. J. d'hyaluronidase | 820 000 spermatozoïdes au mm³ de sperme |
| Deuxième » ... | 11 » | 1 152 000 » |
| *Taureau* $R_2$ : | | |
| Première » ... | 4 » | 332 000 » |
| Deuxième » ... | 4 » | 432 000 » |
| Troisième » ... | 4 » | 480 000 » |

On connaît d'une façon très précise, par les statistiques de fécondation, la fécondité des taureaux des Centres d'insémination. Nous ne tiendrons compte que du résultat de la première insémination, seul indiscutable. Le tableau II montre que le classement des mâles d'après le taux de facteurs de diffusion de leur sperme coïncide bien, dans l'ensemble, avec leur valeur fécondante réelle. Leur titre en hyaluronidase n'a d'ailleurs que peu varié au cours de l'année 1950 et constitue donc une bonne caractéristique de chaque taureau.

En tenant compte du risque d'erreur que l'on prend à juger d'un phénomène biologique complexe sur un seul facteur, fût-il primordial, nos titrages soulignent la valeur de la mesure des facteurs de diffusion dans l'appréciation de la fertilité des taureaux. Si nos résultats actuels sont confirmés par des essais plus étendus, ce dosage pourrait devenir d'une importance capitale pour les Centres d'insémination artificielle et pour tout l'élevage des bovidés.

---

([5]) *Publ. Union Nat. Coop. Élevage et Insémination artificielle, Paris.*

([6]) *Bioch. J.*, 34, 1940, p. 1464.

([7]) *C. R. Ac. Agric.*, 36, 1950, p. 92.

([8]) Comme dans beaucoup de phénomènes biologiques, il n'y a pas de relation constante absolue mais seulement une indication générale présentant parfois des irrégularités.

TABLEAU II.

| Taureaux. | Taux d'hyaluronidase du sperme (U. J.). | Taux de fécondité % au cours de l'année 1950. | Taux de fécondité % en mars 1950. | Taux de fécondité % en avril 1950. | Observations. |
|---|---|---|---|---|---|
| M1....... | 26 | 57,3 | 42,6 | 60 | T. B. |
| V........ | 23 | 58,04 | 54,0 | 55,6 | T. B. |
| M2....... | 18 | 54,3 | 45,0 | 40,0 | B. |
| O1....... | 12 | 55,2 | 33,3 | 57,6 | A. B. |
| O2....... | 10 | 49,8 | – | 43,9 | moyen |
| I......... | 10 | 44,6 | 40,2 | 43,4 | moyen |
| D........ | 10 | 46,6 | 48,1 | 50,0 | moyen |
| B........ | 8 | 46,5 | 45,5 | – | médiocre utilisation abandonnée |
| O3....... | 5 | 38 | – | – | T. M. utilisation abandonnée |

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Transformation du glucose en fructose par le tissu placentaire humain.* Note (*) de MM. **Jacques Wajzer** et **Raymond Zelnik**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le tissu placentaire est capable de phosphoryler le glucose et de transformer ensuite le glucose-phosphate en fructose-mono et diphosphate. Les auteurs envisagent l'intervention de ces réactions dans la transformation du glucose du sang maternel en fructose du sang fœtal.

Bacon et Bell (1) signalent que le fructose est l'unique hexose libre du sang circulant du fœtus. Par des expériences de perfusion, Huggett, Warren et Winterton (2) démontrent que la transformation du glucose du sang maternel en fructose se fait au niveau du placenta. Tout récemment, Parr et Warren (3) annoncent la présence d'une oxo-isomérase dans les organes accessoires mâles et dans le tissu placentaire. Il nous a paru intéressant de mettre en évidence la transformation du glucose par le tissu placentaire humain.

Nous avons préparé des extraits aqueux de tissu frais ou de la poudre à l'acétone. Les placentas étaient récemment délivrés et conservés sans précautions particulières. (Nous devons ce matériel au Dr Varangot.) Le fructose a été déterminé par la méthode de Roe (4), la formation d'acide par la technique manométrique de Warburg.

---

(*) Séance du 5 mars 1951.

(1) *Bioch. J.*, **42**, 1948, p. 397.

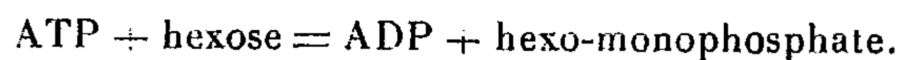
(2) *Nature*, **164**, 1949, p. 271.

(3) *Bioch. J.*, **48**, 1951, p. 25.

(4) *J. biol. Chem.*, **107**, 1934, p. 15.

En présence de ces extraits, l'ester de Neuberg perd rapidement 72 à 74 % de son fructose. Le glucose-6-phosphate, préparé par hydrolyse partielle de l'ester d'équilibre, est transformé à 30 % en ester du fructose.

L'extrait n'attaque pas les hexoses libres. Dans les conditions où il est prélevé, le placenta manque, en effet, d'adénosine-triphosphate (A. T. P.). Quand on en ajoute, on constate, par le test manométrique ([5]), l'existence de l'hexokinase. Cependant, en dosant parallèlement l'hexose-monophosphate ([6]), on s'aperçoit que le dégagement de gaz carbonique est plus important que la formation d'acide qui résulte de la réaction



$$\text{ATP} + \text{hexose} = \text{ADP} + \text{hexo-monophosphate.}$$

Il se produit, en effet, une deuxième phosphorylation, qui semble s'exercer uniquement sur le fructose-phosphate. Cette réaction déplace l'équilibre de l'oxo-isomérase en faveur du fructose, comme on peut le démontrer par le dosage du fructose formé aux dépens du glucose-6-phosphate : Une solution de glucose-6-phosphate, contenant $0^{\text{mg}},56$ de glucose, est traitée pendant 15 minutes par $0^{\text{cm}^3},5$ d'extrait ; on trouve $0^{\text{mg}},024$ de fructose. En présence d'A. T. P. (= $0^{\text{mg}},34$ de pyrophosphate), on trouve $0^{\text{mg}},323$ de fructose.

Les réactions décrites ci-dessus sont des réactions normales de la glycolyse. Rien n'indique, jusqu'à présent, comment elles seraient interrompues au stade du fructose-1, 6-diphosphate, qui représente le maximum de la transformation glucose → fructose. Le placenta contient une phosphatase alcaline banale, qui attaque indifféremment les trois esters phosphoriques des hexoses. Il ne paraît pas vraisemblable que le jeu des vitesses de réaction puisse aboutir à la transformation totale du glucose en fructose.

La question se pose en termes très voisins dans le cas du fructose du liquide séminal ([7]), formé par les glandes accessoires aux dépens du glucose. T. Mann et C. Lutwak-Mann ([8]) ont dit récemment que le glucose non-transformé pourrait être réutilisé dans la formation du glycogène. Or on sait que le glycogène est abondant dans le placenta humain durant la première moitié de la grossesse. Mann et Parson ([9]) ont, d'autre part, démontré que la secrétion du fructose et de la phosphatase alcaline du liquide séminal est régie par les hormones stéroïdes, dont on sait l'abondance dans le placenta.

---

([5]) S. P. Colowick, G. T. Cori et M. W. Slein, *J. biol. Chem.*, **168**, 1947, p. 583.

([6]) G. T. et C. F. Cori, *J. biol. Chem*, **94**, 1931-1932, p. 561.

([7]) T. Mann, *Bioch. J.*, **40**, 1946, p. 481.

([8]) *Bioch. J.*, **48**, 1951, p. 26.

([9]) *Bioch. J.*, **46**, 1950, p. 440.

Notons encore, pour souligner la singularité du phénomène, que l'embryon, riche en glycogène, sera obligé de retransformer le fructose reçu en glucose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mobilité du phosphore nucléotidique et notion de « noyau » dans les acides ribonucléiques.* Note de MM. **Paul Boulanger, Jean Montreuil** et **Louis Masse**, présentée par M. Maurice Javillier.

La chromatographie quantitative sur papier des ribonucléotides a permis de préciser les modalités de l'incorporation du phosphore radioactif dans les acides ribonucléiques *in vivo*. L'échange est plus intense pour les nucléotides pyrimidiques, ce qui est en accord avec leur « mobilité » plus grande lors de l'hydrolyse des acides nucléiques; la notion d'un « noyau » purine-nucléotidique est donc renforcée.

Les travaux de Loring et coll. (1), Schmidt et coll. (2) sur l'acide ribonucléique de Levure révèlent des différences sensibles de stabilité entre les liaisons des nucléotides puriques et celles des nucléotides pyrimidiques à l'intérieur de la molécule d'acide ribonucléique. Ainsi, l'hydrolyse par la ribonucléase libère surtout des nucléotides pyrimidiques et laisse une fraction enrichie en purine-nucléotides. Les constatations de Kerr et coll. (3) au cours d'hydrolyse spontanée de l'acide ribonucléique de pancréas montrent également que les différents nucléotides n'ont pas le même comportement.

Il était intéressant de préciser si dans les cellules vivantes les liaisons de certains nucléotides dans les acides ribonucléiques étaient également plus labiles. L'emploi du phosphore radioactif devait permettre de résoudre ce problème : on pouvait prévoir en effet que le phosphore d'un nucléotide « mobile » s'échangerait plus facilement que celui d'un nucléotide de la fraction plus stable de la molécule. Mais les difficultés et la longueur des opérations d'isolement et de purification des ribonucléotides rendaient jusqu'à présent la technique isotopique pratiquement inapplicable à ce cas particulier. La séparation par chromatographie de partage sur papier que nous avons mise au point (4) ne présente pas ces inconvénients et rend possible l'étude sélective de l'échange du radiophosphore dans les acides ribonucléiques *in vivo*.

Les animaux sont sacrifiés deux heures après injection intra-péritonéale de $P^{32}$; les organes et les tissus sont immédiatement prélevés et traités selon la technique de Schneider (5). L'hydrolyse des acides nucléiques, la purifi-

(1) *Journ. biol. Chem.*, **169**, 1947, p. 601.
(2) *Journ. biol. Chem.*, **170**, 1947, p. 759, et *Federation Proceedings*, **7**, 1948 p. 184.
(3) *Journ. biol. Chem.*, **181**, 1949, p. 773.
(4) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 247.
(5) *Journ. biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 293.

cation par passage sur résine à échange d'ions, puis la chromatographie unidimensionnelle sont effectuées suivant le mode opératoire que nous avons décrit. Après révélation, on repère aisément les quatre taches correspondant aux différents ribonucléotides, on les découpe et on mesure la radioactivité soit directement sur papier, soit sur le résidu sec obtenu après élution et évaporation; le phosphore nucléotidique est ensuite dosé par la technique que nous avons préconisée. Le tableau reproduit quelques exemples de nos premiers résultats (foies de rats).

| | Proportions moléculaires. | | | | Radioactivité (en coups-minutes par mg. de P). | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos. | Acide uridylique. | Acide cytidylique. | Acide guanylique. | Acide adénylique. | Acide uridylique. | Acide cytidylique. | Acide guanylique. | Acide adénylique. |
| 1..... | 1 | 1,9 | 3 | 1,7 | 5500 | 4000 | 3440 | 2900 |
| 2..... | 1 | 2 | 3 | 1,7 | 4300 | 4300 | 2690 | 1500 |
| 3..... | 1 | 1,9 | 3,3 | 2 | 14600 | 9650 | 6000 | 5330 |
| 4..... | 1 | 1,7 | 2,8 | 2,3 | 12000 | 8700 | 4290 | 3400 |

L'échange de phosphore est maximum pour l'acide uridylique; viennent ensuite l'acide cytidylique, l'acide guanylique et l'acide adénylique. Le phosphore des ribonucléotides pyrimidiques est donc nettement plus échangeable et l' « activité » plus grande de ces nucléotides se retrouve *in vivo*. Nous avons vérifié que l'éventualité d'un échange *in vitro*, postérieur à la mort de l'animal, pouvait être écartée.

Ces constatations se rapprochent des résultats auxquels nous a conduits l'application de notre technique chromatographique à l'étude de l'action de la ribonucléase et de l'hydrolyse chimique ménagée des acides ribonucléiques purifiés; en suivant le clivage de la molécule, on voit apparaître et s'intensifier sur les chromatogrammes successifs les taches des ribonucléotides pyrimidiques, tandis que, dans la fraction plus résistante, la proportion des nucléotides puriques augmente parallèlement. Les chiffres ci-dessous (hydrolyse ribonucléasique) donnent une idée de ce processus et apportent une confirmation nette à la conception du « noyau » riche en purine-nucléotides, que les résultats fragmentaires antérieurs avaient suggérée.

| | Proportions moléculaires. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Acide uridylique. | Acide cytidylique. | Acide guanylique. | Acide adénylique. |
| Précipité $P^1$ (à pH 2,3)................ | 1 | 1 | 5 | 4 |
| Précipité $P^2$ (à pH 2,3; éthanol 50 %)... | 1 | 1,5 | 5 | 5 |
| Ribonucléotides libérés................ | 4 | 2 | 2 | 1 |
| *Acide ribonucléique initial*............ | 1,44 | 1 | 1,6 | 1,3 |

L'étude systématique des acides ribonucléiques tissulaires telle qu'elle est rendue possible par notre méthode générale d'analyse nous paraît susceptible de fournir des indications précieuses sur les variations éventuelles de structure et de comportement de ces substances.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essais d'isolement d'un corps antirachitique obtenu à partir du cholestérol sans irradiation.* Note de M. **Yves Raoul**, M^lle **Noellie Le Boulch**, MM. **Paul Meunier**, **Jean Chopin** et M^me **Andrée Guérillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les réactions qui nous ont conduits du cholestérol à des fractions antirachitiques se ramènent à trois types :

1° action du dichloréthane additionné de chlorure d'acétyle sur le cholestérol (1); 2° action du dichloréthane additionné d'acide acétique sur un bicholestadiène provenant de la réaction de Salkowski sur le cholestérol (2); 3° action de l'acide sulfurique et de l'anhydride acétique sur le cholestérol. Cette réaction, voisine de celle de Liebermann, a été proposée par Yoder et collaborateurs (3) pour obtenir des produits faiblement antirachitiques (3 000 U. I./g environ).

Ce sont nos tentatives d'isolement du corps actif du troisième type de préparation que nous exposons ici.

1° *Préparation de l'extrait brut.* — On dissout à chaud $3^g$ de cholestérol dans $20^{cm^3}$ d'anhydride acétique et ajoute aussitôt $10^{cm^3}$ d'acide sulfurique; après dilution dans $1^l$ d'eau, on fixe le corps actif sur $100^g$ de résine synthétique anionique (4). Après lavages à l'eau, l'alcool et l'éther, la résine est éluée par le dichloréthane (É 83°) qu'on distille sous vide. On obtient par gramme de cholestérol mis en réaction, environ $30^{mg}$ d'extrait brut, dont l'activité antirachitique sur le Rat est, suivant les préparations, comprise entre 60 et 600 U. I./mg Cet extrait brut présente *dans l'alcool* une absorption ultraviolette avec maximum à $265^{m\mu}$ comme la vitamine $D_3$, et si l'on applique momentanément le coefficient $E^{1\%}_{1\,cm}$ 500 propre à celle-ci, l'estimation est en général de 5 mg/g de cholestérol.

2° *Préparation de l'extrait purifié.* — Une première chromatographie sur alumine de l'extrait brut dissous dans $CCl_4$ avec élutions au chloroforme, à l'éther sulfurique, puis à l'alcool, ne fournit *aucune fraction active sur le rachitisme*, car le corps actif définitivement modifié filtre dans $CCl_4$. On peut aussi traiter l'extrait brut par un mélange d'eau et d'éther et effectuer la chromato-

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 259.
(2) *Comptes rendus*, Note précédente.
(3) *J. Biol. Chem.*, 128, 4930, p. 257 et 178, 1949, p. 363.
(4) « *Déacidite* » types 515 ou 735 de la Permutit Co, New-York.

graphie sur l'extrait éthéré repris dans $CCl_4$. L'éluat éthéré, mais non l'éluat alcoolique *peut être activé* par ébullition dans la potasse alcoolique à 1 % pendant quelques minutes. Après dilution et extraction prolongée dans l'éther sulfurique sans peroxyde, on obtient par gramme de cholestérol 2 à 4$^{mg}$ d'extrait purifié ayant une activité de 100 à 1 000 U. I./mg et correspondant par titrage spectrographique à 1$^{mg}$ de produit pur. Le rendement total réel est la somme des activités de l'extrait brut et de l'extrait purifié.

Fig. 1.

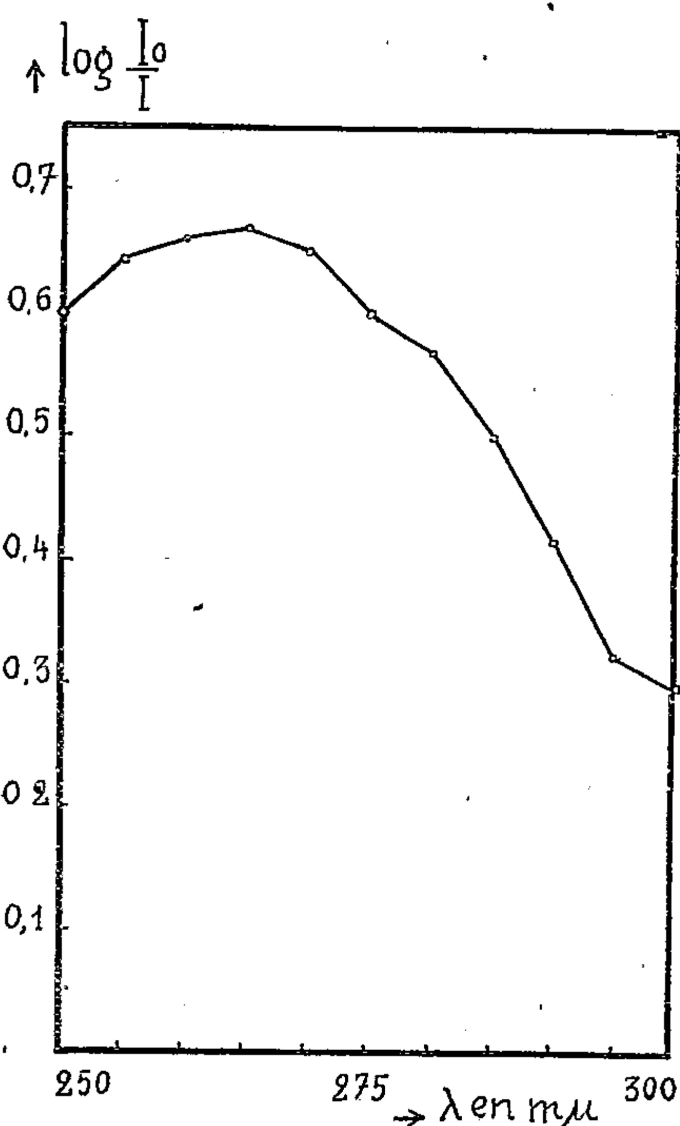



Fig. 2.

Fig. 1. — Cristaux du corps actif sur le rachitisme (× 80).

Fig. 2 — Spectre d'absorption ultra-violet de 100 γ environ du corps cristallisé actif dans 10$^{cm^3}$ d'éther sulfurique.

3° *Tentatives de cristallisation.* — On a obtenu des cristaux arborescents (*fig.* 1) par évaporation très lente de solutions éthérées purifiées comme précédemment [5]. Ces cristaux sont différents de ceux de vitamine $D_3$. Leur spectre d'absorption (*fig.* 2) est analogue cependant à celui des vitamines D. L'absorption spécifique à 265$^{\mu}$ étant probablement supérieure à 500, nos évaluations spectrographiques sont entachées d'une erreur par excès.

Le point de fusion est supérieur à 200° C et, dès l'approche du bloc chauffé,

(5) L'évaporation à sec conduit à un corps inactif insoluble.

les cristaux se modifient (maximum du spectre déplacé de 265 à 260$^{m\mu}$). Ils sont stables à l'air à température ordinaire, mais leurs solutions doivent être conservées à basse température (— 25° C). On peut les sublimer, avec décomposition partielle, sous vide profond vers 105-115° C. La réaction au $SbCl_3$ donne une coloration jaune-brun (maximum à 500$^{m\mu}$).

Les cristaux absorbant à 265$^{m\mu}$ sont actifs sur le rachitisme du Rat : 50 % des animaux sont partiellement guéris avec 0,015 ou 0,25 γ/jour; tous sont totalement guéris avec 2,5 γ/jour. Notre impression est que l'instabilité des solutions explique l'irrégularité d'activité des cristaux et des extraits. Il est à noter que les animaux recevant ce corps sont souvent plus beaux que les témoins à vitamine $D_2$ ou $D_3$. Quoique non actif sur le rachitisme, le produit un peu altéré (spectre à 260$^{m\mu}$) a aussi cette action favorable sur l'état général.

*En résumé*, nos essais d'isolement nous ont conduits à de petites quantités d'un corps cristallisé actif sur le rachitisme et différent de la vitamine $D_3$ à laquelle on était en droit de s'attendre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la condensation de la thiosemicarbazide et des benziles.* Note de MM. Michel Polonovski et Marcel Pesson, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans le but d'étudier les rapports entre les structures et l'activité antituberculeuse des thiosemicarbazones, nous avons préparé des dithiosemicarbazones répondant au schéma de structure (A), par condensation des α-dicétones aromatiques avec la thiosemicarbazide

$$X{-}C_6H_4{-}C{=}O \;/\; X{-}C_6H_4{-}C{=}O + 2H_2N{-}NH{-}C({=}S){-}NH_2 \rightarrow X{-}C_6H_4{-}C{=}N{-}NH{-}C({=}S){-}NH_2 \;/\; X{-}C_6H_4{-}C{=}N{-}NH{-}C({=}S){-}NH_2 \quad (A)$$

(I) X = — $OCH_3$, (II) X = — H, (III) X = — OH.

Selon les conditions de milieu, la réaction conduit, soit aux dithiosemicarbazones (A), soit aux mercapto-3 diaryl-5.6 as-triazines (B)

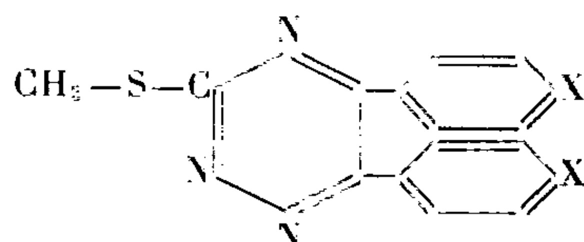
$$S{=}C(NH_2)(NH{-}NH_2) + O{=}C(C_6H_4X){-}C(C_6H_4X){=}O \rightarrow \text{HS—C}_3 \text{ (triazine N}_1\text{, N}_2\text{, N}_4\text{; C}_5\text{, C}_6\text{ portant } C_6H_4X) \quad (B)$$

(IV) X = —$OCH_3$,
(V) X = —H,
(VI) X = —OH,
(VII) X = —NH—CO$CH_3$.

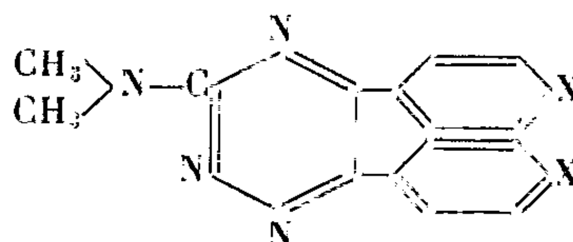
La nature du produit de la réaction semble dépendre aussi des substituants portés par les noyaux aromatiques. Ainsi, en opérant à l'ébullition dans l'acide acétique l'anisile

conduit à la mercapto-3 di(p. méthoxyphényl)-5.6 as. triazine (IV). Cristaux oranges (trouvé N 13,07%, calculé N 12,92). F vers 255° (bloc Maquenne) peu net, car le produit commence à se décomposer vers 200°. Même en présence d'un excès de thiosemicarbazide, il ne se forme pratiquement pas de dithiosemicarbazone de l'anisile.

Pour l'identification de (IV), nous en avons préparé par méthylation : la méthylthio-3 di(p. méthoxyphényl)-5.6 as. triazine (VIII) F 154°. (Calculé C 63,67, H 5,05, S 9,45. Trouvé C 63,07, H 4,85, S 9,49.




(VIII) $X = -OCH_3$
(IX) $X = -H$
(X) $X = -NH-CO\,CH_3$




(XI) $X = -OCH_3$
(XII) $X = -H$

La structure de (IV) a été prouvée par oxydation, en solution alcaline, par le perhydrol, dans les conditions que nous avons décrites précédemment ([1]) pour l'oxydation des mercapto-2 ptéridines. Nous avons ainsi obtenu l'hydroxy-3-di-(p.méthoxyphényl)-5-6 as. triazine. F 262-264°, identique à celle déjà préparée ([2]).

Si la condensation de l'anisile et de la thiosemicarbazide est conduite en milieu hydro-alcoolique, en présence de ClH, on obtient, à côté d'un peu de (IV), surtout la dithiosemicarbazone de l'anisile (I) : cristaux blancs, moins solubles dans les solutions alcalines. F vers 260° (décomposition) (trouvé %, N 20,22; S 15,20; calculé %, N 20,18; S 15,40).

De même, le benzile, par condensation en milieu acétique, conduit à la mercapto-3 diphényl-5-6 as. triazine (V) (trouvé %, N 15,88; S 12,13; calculé %, N 15,84; S 12,09 F vers 240° (décomposition) qui, par le sulfate diméthylique en milieu alcalin hydroalcoolique conduit à la méthylmercapto-3 diphényl-5-6 as. triazine (IX) F 119-120° (trouvé %, C 68,83; H 4,72; S 11,51; calculé % C 68,76; H 4,69; S 11,47). Par oxydation au perhydrol en solution alcaline, (V) donne l'hydroxy-3 diphényl-5-6 as. triazine F 225-226°, identique au produit préparé par Biltz et Arnd.

Par condensation en milieu hydroalcoolique chlorhydrique, on obtient à côté d'un peu de (V) surtout la dithiosemicarbazone du benzile (II) F vers 260° (décomposition), retient fortement les solvants et doit être séchée, sous vide à 120°. (Trouvé %, N 23,45; S 17,86; calculé %, N 23,58; S 17,99) insoluble dans l'eau et la plupart des solvants organiques.

Le dihydroxy-4.4' benzile conduit, en milieu acétique, à la mercapto-3 di-(p.hydroxyphényl)-5-6 as.triazine (VI) [F vers 270° (décomposition), très hygroscopique] et en milieu hydroalcoolique chlorhydrique, à la dithiosemicarbazone (III), qui retient fortement une molécule d'eau et est très peu soluble, sauf en solutions alcalines, F vers 300° (décomposition). (Calculé pour $C_{16}H_{16}O_2N_6S_2.H_2O$ N 20,68; S 15,78; trouvé %, N 20,59; S 15,58);

En milieu acétique, le diacétamino-4.4' benzile, nous a donné le mercapto-3 di-(p.acétaminophényl)-5-6 as.triazine (VII) (F vers 315°, décomposition). (Calculé %, N 18,23; S 8,45; trouvé % N 17,67; S 8,27). Par méthylation, (VII) conduit à la méthylmercapto-3 di-(p.acétaminophényl)-5-6 as-triazine (X), F 347-348°. (Calculé %, C 61,02; H 4,86;

---

([1]) M. Polonovski, M. Pesson et R. Vieillefosse, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 796; M. Polonovski, R. Vieillefosse et M. Pesson, *Bul. Soc. Chim.*, **12**, 1945, p. 78.

([2]) Biltz et Arnd, *Ann.*, **339**, 1905, p. 267.

S 8,15; N 17,81; trouvé % C 60,00; H 4,80; S 8,16; N 17,84). En milieu chlorhydrique, nous n'avons pas pu obtenir la dithiosemicarbazone du 4.4'-diacétaminobenzile.

Avec le 4.4' dibromobenzile, nous n'avons pu isoler ni dithiosemicarbazone, ni as. mercapto triazine analytiquement pures, quelles que soient les conditions. Les mercapto-3 as. triazines (IV), (V), (VI). (VII) donnent, en solutions alcooliques, des complexes bruns avec les solutions diluées des sels cuivriques. Les méthylmercapto-3 as. triazines (VIII) et (IX) réagissent, en solution alcoolique, à 180°, avec la diméthylamine en conduisant respectivement à la diméthylamino-3 di (p. méthoxyphényl)-5-6 as. triazine (XI). F 136-137° (Trouvé C 68,10; H 6,07; Calculé C 67,84; H 5,95) et la diméthylamino-3 diphényl-5-6 as triazine (XII) F 107-108°. (Calculé N 20,28; Trouvé N 20,44).

Remarquons que (I) correspond à une duplicature de la molécule de thiosemicarbazone de l'aldéhyde anisique, dont l'activité antituberculeuse est bien connue. (I) ne présente lui-même, comme d'ailleurs les composés (IV), (V) et (VI), aucune activité, *in-vitro* ni *in-vivo*, sur le bacille de Koch.

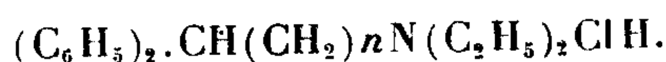
PHARMACODYNAMIE. — *Activité spasmolytique des diphényl-1.1 diéthyl-amino-ω alcanes*. Note de M<sup></sup>lle **Germaine Benoit**, M. **Joseph Jacob** et Mlle **Fanny Eliopoulo**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Une série de diphényl-1-1 diéthylamino-ω alcanes (alcane : éthane, propane... heptane) a été synthétisée. Ces corps sont antagonistes des contractures d'intestins isolés provoquéespar l'acétylcholine, le chlorure de baryum et l'histamine. Le dérivé du pentane a la plus grande activité spasmolytique, supérieure à celle de la trasentine; le dérivé du propane a le plus grand pouvoir antihistaminique.

On sait qu'un grand nombre de spasmolytiques de synthèse sont constitués par un reste cyclique ou polycyclique et un chaînon aliphatique comportant une fonction ester ([1]), ([2]), éther ([3]) ou alcool ([4]), ([5]).

L'étude des diphényl-1.1 diéthylamino-ω alcanes, résumée dans cette Note, montre que la seule fonction amine tertiaire est suffisante pour cette activité et que la longueur du reste alcoyle influence à la fois l'intensité et l'orientation du pouvoir inhibiteur.

Ces composés répondent à la formule générale



$$(C_6H_5)_2.CH(CH_2)nN(C_2H_5)_2ClH.$$

(1) D. Bovet et F. Bovet-Nitti. *Structure et activité pharmacodynamique des médicaments du système nerveux végétatif*, Bâle, 1948.

(2) J. Lévy, P. Rajzmann et B. Tchoubar, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 56; L. Buchel, J. Lévy et R. Pernot, *ibid.*, **142**, 1948, p. 58; L. Buchel, J. Lévy, et B. Tchoubar, *ibid.*, **144**, 1950, p. 175.

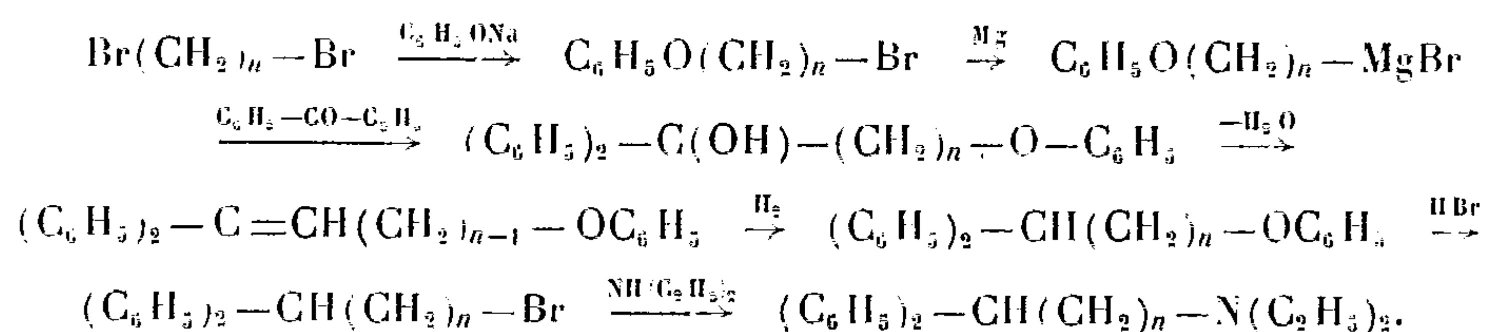
(3) M. Fog, *J. Amer. Med. Ass.*, **144**, 1950, p, 965.

(4) D. W. Adamson. *J. Chem. Soc.*, 1949, supp. **1**, p. 5144; 1950, p. 1039.

(5) Denton et Lawson, *Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 3279.

Nous avons synthétisé la série des homologues depuis $n = 1$ jusqu'à $n = 6$ par différentes méthodes.

Le premier terme de la série, le diphényl-1.1 diéthylamino-2 éthane (I) s'obtient par éthylation de la diphényl-1.1 éthylamine-2 ([6]) provenant de la réduction du diphénylacétonitrile. Les termes (II) ([7]) et (III) ont été préparés par action directe des diéthylaminochloralcanes correspondants sur le diphénylméthane sodé au moyen du phénylsodium; les termes (IV), (V) et (VI) à partir des dibromoalcanes par la série de réactions suivantes :



$$Br(CH_2)_n-Br \xrightarrow{C_6H_5ONa} C_6H_5O(CH_2)_n-Br \xrightarrow{Mg} C_6H_5O(CH_2)_n-MgBr$$
$$\xrightarrow{C_6H_5-CO-C_6H_5} (C_6H_5)_2-C(OH)-(CH_2)_n-O-C_6H_5 \xrightarrow{-H_2O}$$
$$(C_6H_5)_2-C=CH(CH_2)_{n-1}-OC_6H_5 \xrightarrow{H_2} (C_6H_5)_2-CH(CH_2)_n-OC_6H_5 \xrightarrow{HBr}$$
$$(C_6H_5)_2-CH(CH_2)_n-Br \xrightarrow{NH(C_2H_5)_2} (C_6H_5)_2-CH(CH_2)_n-N(C_2H_5)_2.$$

| $(C_6H_5)_2-CH-(CH_2)_n$ / $ClH(C_2H_5)_2N$ N$^{os}$. | $n =$ | F (°C). | Cl %. Calculé. | Trouvé. | Activité antagoniste (mg/litre) vis-à-vis du spasme provoqué par : (*) Acétylcholine. | Ba$Cl_2$ (**). | | Histamine (**). | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (I). | 1 ....... | 154 | 12,26 | 12,3 | 1,5 | 3-6 | (2-4) | 2 | (1,5) |
| (II). | 2 ....... | 144 | 11,69 | 11,80 | 0,75 | 1,5 | (2) | 0,1 | (0,14) |
| (III). | 3 ....... | 129 | 11,18 | 11,4 | 0,15-0,3 | 1,5 | (5-10) | 0,4-1 | (3) |
| (IV). | 4 ....... | 105 | 10,7 | 10,6 | 0,1 | 0,15 | (1,5) | 0,3 | (3) |
| (V). | 5 ....... | 112 | 10,27 | 10,15 | 1 | 1-1,5 | (1,5) | 1 | (1) |
| (VI). | 6 ....... | 72 | 9,87 | 9,52 | 0,1-0,2 | 0,6 | (3-6) | 1-2 | (10) |
| (***)........... | | – | – | – | 0,6-1,5 | 3-6 | (4) | – | – |

(*) Les activités antiacétylcholinique et antibarytique ont été déterminées sur des intestins isolés de lapin : la substance étudiée était ajoutée au bain trois minutes avant le spasmogène. Le pouvoir antihistaminique a été recherché sur les intestins isolés et atropinisés de cobaye, le temps de contact était ici de cinq minutes. Les doses inhibitrices ci-dessus sont celles qui provoquent une diminution de 50 % de la contracture test correspondante; chacune a été déterminée au moins trois fois sur des préparations différentes; en outre les variations d'activité d'un terme à l'autre ont été vérifiées en recherchant sur un même fragment d'intestin l'action des différentes paires de substances.

(**) Les valeurs placées entre parenthèses expriment les rapports des doses antagonistes vis-à-vis de la contracture par le baryum (ou l'histamine) aux doses atropiniques.

(***) $(C_6H_5)_2-CH-COO-(CH_2)_2-N(C_2H_5)_2ClH$ (trasentine).

Le tableau ci-dessus montre tout d'abord que l'activité antiacétylcholinique croît progressivement avec le nombre d'atomes de carbone jusqu'au dérivé du pentane (IV), diminue nettement pour le terme supérieur (V), puis augmente à nouveau pour le dérivé de l'heptane (VI).

Le pouvoir antagoniste vis-à-vis de la contracture par le $BaCl_2$ évolue, en général, comme l'activité atropinique : le rapport entre les deux activités est

([6]) FREUND et IMMERWAHR, *Ber.*, 23, 1890, p. 2845.

([7]) O. EISLEB, *Ber.*, 74, 1941, p. 1438.

voisin de deux pour la plupart des termes; les dérivés III et VI font toutefois exception.

L'activité antihistaminique varie de toute autre façon : les rapports (doses antihistaminiques/doses atropiniques) sont très différents suivant le composé. Le dérivé du propane (II) est le plus actif dans ce cas.

Le maximum d'activité atropinique pour le diphényl-1.1 diéthylamino-5 pentane (IV) n'est peut être pas sans rapport avec le fait que les dérivés muscariniques les plus actifs de diverses séries sont très généralement ceux qui comportent une chaîne à 5 atomes (soit 5 atomes de carbone, soit 4 atomes de carbone et 1 d'oxygène) [règle de Ing (8)] et l'on pourrait penser que le squelette de 5 atomes permettrait, dans le cas de l'antagoniste comme dans celui de l'agoniste [Ing (8)] la meilleure adaptation aux « récepteurs » biologiques.

Dans le même ordre d'idées, il a été montré que divers esters acétiques α-di- ou tri-substitués d'aminoéthanols sont des spasmolytiques plus actifs que les esters homologues des γ-aminopropanols (9), (10), (11).

D'autre part, le diphényl-1.1 diéthylamino-5 pentane (IV) ne diffère de la trasentine que par la présence du groupement $CH_2-CH_2-$ à la place de $CO-O-$; il est 10 à 20 fois plus actif que cette dernière et le moins qu'on en puisse dire est que la fonction ester n'a pas l'influence qu'on lui attribua longtemps, opinion qui fut à l'origine de nombreux travaux de synthèse.

MICROBIOLOGIE. — *Lésions testiculaires provoquées chez le Cobaye par injection d'extraits de testicules homologues*. Note de MM. **Guy Voisin**, **Albert Delaunay** et Mlle **Mary Barber**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours de ces dernières années, différents auteurs [Cavelti (1), Kabat (2), etc.] sont parvenus, en injectant à des animaux (rats, cobayes, singes, etc.) des extraits ou de la pulpe d'organes homologues (rein, cerveau, cœur, etc.) en mélange avec des toxines bactériennes ou des substances adjuvantes (type Freund), à provoquer d'importantes lésions inflammatoires dans l'organe correspondant (par exemple, dans le rein après injection d'extrait rénal). Il nous a paru intéressant de chercher à étendre ces observations en essayant de déterminer, chez le Cobaye, des lésions testiculaires par injection d'extraits de testicules homologues.

---

(8) *Science*, **109**, 1949, p. 264.
(9) Blicke et Maxwell, *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 248.
(10) Ing, Dawes et Wajda, *J. Pharmacol*, **85**, 1945, p. 85.
(11) Moffet, Hunter et Woodruff, *J. Org. Chem.*, **15**, 1950, p. 1018.

(1) *Arch. Path.*, **39**, 1945, p. 148.
(2) *J. exp. Med.*, **89**, 1949, p. 395.

Dans une première série d'expériences, 28 cobayes mâles ont reçu sous la peau de l'abdomen une ou plusieurs injections (0,5 ou $1^{cm^3}$) de la préparation suivante :

| | |
|---|---|
| Broyat testiculaire.................... | $6^g$ |
| Eau physiologique.................... | $2^{cm^3}$ |
| Falba.............................. | $1^{cm^3}$ |
| Huile de paraffine.................... | $2^{cm^3}$ |
| Poudre de B. K. bovins.............. | $4^{mg}$ |

Chacune de ces injections a été suivie, localement, d'une réaction inflammatoire intense ([3]). D'autre part, l'état général des animaux est devenu rapidement précaire. Au moment des sacrifices [qui avaient lieu à des délais variables : 24 heures, 8 jours, 15 jours, 21 jours après la première injection ([4])], les principaux organes des cobayes étaient prélevés et, après fixation dans le Duboscq-Brazil, soumis aux techniques histologiques classiques. Sur coupes, nous n'avons observé que de très faibles lésions dans le foie, le rein, le cœur, le cerveau, etc. En revanche, nous avons découvert, au niveau du testicule, des altérations considérables. La structure normale des tubes séminifères était, dans la règle, complètement bouleversée : la lumière de ces tubes ne renfermait plus de spermatozoïdes. Spermatides, spermatocytes et spermatogonies étaient pour la plupart réduits à l'état de débris nécrotiques; seules les cellules de Sertoli étaient respectées (elles semblaient même anormalement nombreuses). Les modifications mésenchymateuses, surtout chez les animaux sacrifiés tardivement, étaient aussi profondes : dans toute la trame existait souvent une prolifération histiocytaire marquée; plus souvent encore, on pouvait trouver des infiltrats périvasculaires avec prédominance de lymphocytes.

Dans une seconde série de recherches, en nous servant du même nombre d'animaux, nous avons opéré dans des conditions similaires, à cette différence près que le broyat d'organe injecté provenait cette fois du propre testicule de l'animal en expérience, ce dernier ayant subi au préalable une orchidectomie simple sous anesthésie à l'éther. Mais cette légère modification de technique n'a modifié en rien les résultats obtenus. Les lésions et réactions qui ont été produites ont eu le même aspect que celles décrites plus haut.

Il est donc très facile, en injectant sous la peau du cobaye un broyat testiculaire du même animal en mélange avec des substances adjuvantes, de déterminer, dans les testicules, des lésions qui se caractérisent à la fois

---

([3]) L'intensité de cette réaction tient peut-être en partie à la présence d'une forte quantité d'hyaluronidase dans les préparations.

([4]) Les réinjections étaient faites tous les huit jours.

par la rapidité de leur production, leur haute gravité et leur marche progressive. Quel est leur mécanisme ? En particulier, peut-on admettre, comme l'ont fait Cavelti, Kabat, etc. à la suite des expériences de même type que les nôtres qu'ils avaient effectuées avec des extraits de rein ou de cerveau, que de telles lésions traduisent le développement chez l'animal d'un processus d'autosensibilisation ? Nous ne le pensons pas pour plusieurs raisons :

*a.* Sur le plan immunologique, nous avons été incapables de mettre en évidence, dans le sérum des cobayes traités, un anticorps antitesticule de cobaye. Ainsi, des spermatozoïdes prélevés dans le déférent de cobayes normaux n'ont jamais été agglutinés par le sérum de nos animaux.

*b.* Les expériences suivantes paraissent encore plus suggestives. Nous avons injecté chez 30 nouveaux cobayes des mélanges constitués d'une part par des broyats de foie ou de rein de cobaye et, de l'autre, par les substances adjuvantes de Freund. Les animaux ayant été sacrifiés au bout de quelques jours ou de quelques semaines, nous avons prélevé leurs principaux organes. Sur coupes, nous avons trouvé, dans les testicules, des lésions extrêmement étendues, mais les lésions rénales ou hépatiques restaient, elles, fort discrètes. Il est évidemment difficile, dans ces conditions, de parler d'une spécificité d'organe.

*c.* Selon toute vraisemblance, dans les mélanges que nous avons utilisés, les principes actifs sont apportés moins par les extraits d'organes que par les substances adjuvantes. Des injections d'une simple pulpe testiculaire n'altèrent pas sensiblement l'état général des animaux et ne donnent que de faibles lésions testiculaires. En revanche, l'état général est toujours touché et les lésions du testicule sont toujours violentes après injection de substances adjuvantes (l'association des bacilles de Koch renforce d'ailleurs très nettement la toxicité que possèdent en propre le Falba et l'huile de paraffine).

Personnellement, nous avons tendance à rapprocher les altérations testiculaires ici étudiées des lésions du tissu lymphoïde observées au cours des « stress ».

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Absence d'action des antihistaminiques de synthèse sur l'effet diffuseur de l'hyaluronidase.* Note de MM. **Mario Coltorti, Zoltan Ovary, Alexandre Rossi-Espagnet**, présentée par M. Gaston Ramon.

Mayer et Kull ([1]), Serri ([2]), Elster et collaborateurs ([3]) ont trouvé que l'action des extraits riches en hyaluronidase ou de certaines préparations

---

([1]) *Proc. Soc. Exper. Biol. a Med.*, 66, 1947, p. 392.
([2]) *Boll. Ist. sier. Mil.*, 27, 1948, p. 75.
([3]) *Journ. Pharm. a Exp. Ther.*, 96, 1947, p. 332.

contenant ce ferment est entravée *in vivo* par l'administration préalable des antihistaminiques de synthèse.

Il nous a semblé intéressant de reprendre ces expériences avec de l'hyaluronidase pure ne contenant pas et ne libérant pas de l'histamine et n'influençant pas la perméabilité des petits vaisseaux, mais ayant un grand pouvoir de diffusion ([4]).

Nous avons choisi comme antihistaminique de synthèse le 2786 RP. (Néoantergan) et le 3277 RP. (Phénergan ou Fargan). Le premier étant le plus spécifique ([5]), ([6]), ([7]), le second le plus puissant ([8]), ([9]) parmi les antihistaminiques de synthèse.

Des rats albinos de 150 à 250$^{g}$ ont été utilisés. L'antihistaminique de synthèse a été administré par injection intrapéritonéale à la dose de 50 mg/kg de 2786 RP. et de 75 mg/kg de 3277 RP. 20 minutes avant l'expérience proprement dite. Pour chaque substance, un groupe de dix animaux a été utilisé. Un troisième groupe a reçu de la solution physiologique et servait de témoin.

Pour révéler l'activité de l'hyaluronidase nous nous sommes servis de l'hémoglobine de mouton préparée comme suit : 1$^{ml}$ de globules rouges lavés de mouton ont été mélangés avec 1$^{ml}$ d'eau distillée. A 1$^{ml}$ de cette solution a été ajouté 1$^{ml}$ d'une solution de l'hyaluronidase contenant 250 unités viscosimétriques. A la solution contrôle 1$^{ml}$ d'eau distillée a été ajouté.

De chaque côté de la ligne médiane de la peau fraîchement dépilée du ventre une injection intradermique de 0$^{ml}$,10 a été pratiquée. D'un côté, le contrôle; de l'autre, la solution contenant 12,5 unités d'hyaluronidase. vingt minutes après les injections intradermiques, les animaux ont été sacrifiés et les résultats lus sur la face interne de la peau.

Par cette méthode, les aires infiltrées sont bien visibles et l'hémoglobine est parmi les substances qui est la plus recommandée pour de telles recherches.

Là où une solution d'hémoglobine seule a été injectée, on constatait une tache ronde rouge de 1$^{cm}$ de diamètre environ, par contre à l'endroit d'injection de l'hémoglobine et de l'hyaluronidase la tache rouge avait une couleur moins foncée et le diamètre a été de 2$^{cm}$ ou plus. Il n'y avait aucune différence appréciable entre les animaux de contrôle et ceux qui ont reçu préalablement l'un ou l'autre antihistaminique de synthèse. De ces résultats,

---

([4]) Z. Ovary, G. Marinoni, *Soc. It. di Biol. Sper.*, 1951.
([5]) J. H. Gaddum, *Brit. Med. Journ.*, I, 1948, p. 86.
([6]) D. Bovet, *Minerva Medica*, 41, 1950, p. 357.
([7]) G. Biozzi, G. Mène et Z. Ovary, *C. R. de la Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 503.
([8]) G. Mène, G. Biozzi et Z. Ovary. *Soc. It. di Biol. Sper.*, 1951.
([9]) B. N. Halpern, *Acta Allergologica*, 3, 1950, p. 164, (Suppl. 1).

il ressort donc que les antihistaminiques de synthèse n'ont pas d'action même *in vivo* (car *in vitro* ce fait a été démontré déjà et il est unanimement reconnu) sur les effets diffuseurs de l'hyaluronidase.

A $15^h 35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

R. C.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 5 février 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Hubert Delange*, Sur le théorème taubérien de Ikéhara :

Page 465, 2e ligne en remontant, *au lieu de* $\int_0^{+\infty} e^{-(s-a)} \beta(t)\,dt$, *lire* $\int_0^{+\infty} e^{-(s-a)t} \beta(t)\,dt$.

» 466, 11e ligne, *au lieu de* $\mathcal{R}[s] > \alpha$, *avec* $\alpha > 0$, *lire* $\mathcal{R}[s] > a$, *avec* $a > 0$.

» » 13e ligne, au lieu de *non décroissante*, lire *non croissante*.

(*Comptes rendus* du 26 février 1951.)

Note présentée le même jour, de MM. *Robert Courrier*, *Alain Horeau*, *Maurice Marois* et *François Morel*, Sur la pénétration de la thyroxine dans le lobe postérieur de l'hypophyse :

Page 776, 12e ligne, *au lieu de* le 10/1000 de $\gamma$, *lire* le 1/10000 de $\gamma$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MERCREDI 28 MARS 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.


---

## MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Schéma lagrangien de la théorie du champ soustractif.* Note de M. **Louis de Broglie.**


L'auteur développe un schéma lagrangien de la théorie du champ soustractif selon les idées de M. Podolsky. Il montre que le méson figurant dans le champ soustractif de l'électron pourrait être un méson $\pi$ et trouve une forme du tenseur impulsion-énergie qui lève les difficultés relatives à la pression de Poincaré.


Divers auteurs, et en particulier M. Podolsky ([1]), ont développé des schémas lagrangiens qui généralisent celui de l'électrodynamique usuelle et qui sont susceptibles d'englober les théories du type « champ soustractif » ([2]). Nous allons exposer un schéma de ce genre.

Nous emploierons des coordonnées d'Univers $x^1 = x$, $x^2 = y$, $x^3 = z$, $x^4 = ict$; nous représenterons les variances par des indices supérieurs, les indices inférieurs correspondant aux dérivations, de sorte que par exemple $F^{\alpha\beta}_{\gamma}$ signifiera $dF^{\alpha\beta}/dx^{\gamma}$.

Nous prendrons alors comme lagrangien (en l'absence de champ) dans la théorie du champ soustractif, dans le cas où elle fait intervenir deux champs de constantes de masse $k_1$ et $k_2$, l'expression

$$(1) \qquad \mathcal{L} = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{2}\,\frac{1}{k_1^2 + k_2^2}\,F^{\alpha\beta}_{\gamma}F^{\alpha\beta}_{\gamma} + \frac{1}{2}F^{\alpha\beta}F^{\alpha\beta} + \frac{k_1^2 k_2^2}{k_1^2 + k_2^2}\,A^{\alpha}A^{\alpha}\right]$$

avec les relations classiques pour les champs et les potentiels

$$(2) \qquad F^{\alpha\beta} = A^{\alpha}_{\beta} - A^{\beta}_{\alpha}, \qquad A^{\alpha}_{\alpha} = 0, \qquad F^{\alpha\beta}_{\gamma} + F^{\beta\gamma}_{\alpha} + F^{\gamma\alpha}_{\beta} = 0.$$

---

([1]) B. PODOLSKY et PH. SCWED, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 40.

([2]) Notre attention a été attirée sur ce point par M. I. J. HORWATH de Budapest.

Les équations de Lagrange en l'absence de champ seront

$$\frac{\partial^2}{\partial x^\mu \partial x^\nu}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A^\alpha_{\mu\nu}} - \frac{\partial}{\partial x^\mu}\left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A^\alpha_\mu}\right] + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A^\alpha} = 0. \tag{3}$$

En présence d'une charge (supposée ponctuelle), nous ajouterons au second membre le terme $(k_2^2 - k_1^2)/(k_1^2 + k_2^2) j^\alpha$ avec $j^\alpha = \rho_0 u^\alpha$, $u$ étant la vitesse d'univers de la charge et $\rho_0$ la densité dans le système propre, soit $\varepsilon\delta(r_0)$. Le terme ajouté peut être considéré comme la valeur « pondérée » du courant, compte tenu du fait que, dans la théorie du champ soustractif, $\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \varepsilon$. On obtient ainsi

$$\frac{1}{k_1^2 + k_2^2} F^{\alpha\beta}_{\beta\gamma\gamma} - F^{\alpha\beta}_\beta + \frac{k_1^2 k_2^2}{k_1^2 + k_2^2} A^\alpha = \frac{k_2^2 - k_1^2}{k_1^2 + k_2^2} j^\alpha. \tag{4}$$

Pour voir si (4) contient la solution que nous avons envisagée dans la théorie du champ soustractif ([3]), cherchons une solution de la forme $\vec{A} = \vec{A}_{(1)} + \vec{A}_{(2)}$ avec

$$(\square + k_1^2) A^\alpha_{(1)} = j^\alpha, \qquad (\square + k_2^2) A^\alpha_{(2)} = -j^\alpha. \tag{5}$$

On trouve alors

$$(\square + k_1^2)(\square + k_2^2) A^\alpha = (k_2^2 - k_1^2) j^\alpha, \tag{6}$$

et comme $F^{\alpha\beta}_\beta = A^\alpha_{\beta\beta} - A^\beta_{\alpha\beta} = -\square A^\alpha$, on retombe sur l'équation (4) qui admet donc la solution envisagée.

Adoptant le point de vue développé dans nos travaux antérieurs, nous écrirons l'équation (4) sous la forme

$$-F^{\alpha\beta}_\beta = J^\alpha, \tag{7}$$

avec

$$J^\alpha = \frac{1}{k_1^2 + k_2^2}\left[(k_2^2 - k_1^2) j^\alpha - F^{\alpha\beta}_{\beta\gamma\gamma} - k_1^2 k_2^2 A^\alpha\right], \tag{8}$$

d'où $J^\alpha_\alpha = j^\alpha_\alpha = 0$.

$J^\alpha$ représente le courant total correspondant à nos conceptions. Calculons dans le cas d'une charge ponctuelle immobile la composante de temps $\sigma = J^4/i$ en fonction de $\rho = j^4/i$.

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1}{k_1^2 + k_2^2}\left[(k_2^2 - k_1^2)\rho + \Delta \operatorname{div} \vec{E} - k_1^2 k_2^2 V\right] \\ &= \frac{1}{k_1^2 + k_2^2}\left[(k_2^2 - k_1^2)\rho - \Delta(k_1^2 V_1 + k_2^2 V_2) - k_1^2 k_2^2 (V_1 + V_2)\right] \\ &= -k_1^2 V_1 - k_2^2 V_2, \end{aligned} \tag{9}$$

car $\Delta V_1 = k_1^2 V_1 - \rho$ et $\Delta V_2 = k_2^2 V_2 + \rho$. Nous retrouvons donc bien l'expression

---

([3]) Voir *Portugaliae Mathematica*, **8**, 1949, p. 37 et *Journal de Physique*, **11**, 1950, p. 481.

de la densité de charge $\sigma$ que nous avions donnée dans nos travaux antérieurs et d'où a disparu le terme en $\rho$, donc la fonction singulière $\delta(r)$ de Dirac, source de fâcheuses divergences.

Passons au tenseur impulsion-énergie. Le schéma lagrangien conduit naturellement à envisager l'expression non symétrique

$$(10)\qquad \begin{aligned} T^{\mu\nu} &= \delta_{\mu\nu}\,\mathcal{L} - \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial A^{\alpha}_{\mu}} A^{\alpha}_{\nu} - \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial A^{\alpha}_{\beta\mu}} A^{\alpha}_{\beta\nu} + \frac{\partial}{\partial x^{\beta}}\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial A^{\alpha}_{\mu\beta}}\right) A^{\alpha}_{\nu} \\ &= \delta_{\mu\nu}\left[\frac{1}{4}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\,F^{\alpha\beta}_{\gamma}F^{\alpha\beta}_{\gamma} + \frac{1}{4}\,F^{\alpha\beta}F^{\alpha\beta} + \frac{1}{2}\,\frac{k_1^2k_2^2}{k_1^2+k_2^2}\,A^{\alpha}A^{\alpha}\right] - F^{\alpha\mu}A^{\alpha}_{\nu} \\ &\quad + \frac{1}{k_1^2+k_2^2}\left[\frac{1}{2}\left(F^{\alpha\beta}_{\mu\beta} + F^{\alpha\mu}_{\beta\beta}\right)A^{\alpha}_{\nu} - \frac{1}{2}\left(F^{\alpha\beta}_{\mu} + F^{\alpha\mu}_{\beta}\right)A^{\alpha}_{\beta\nu}\right]. \end{aligned}$$

Appliquons cette formule à la charge électrique ponctuelle à champ soustractif. On a $k_2 \gg k_1$ et $k_1 \simeq 0$. Dans le système propre de la charge, les dérivées par rapport au temps sont nulles et l'on trouve pour l'énergie $W_0$

$$(11)\qquad \begin{aligned} W_0 &= -\int T^{44}\,d\tau = -\int\left[\frac{1}{2}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\,F^{i4}_{j}F^{i4}_{j} + \frac{1}{2}\,F^{i4}F^{i4}\right]d\tau \\ &= \int\frac{1}{2}\,E^2\,d\tau + \frac{1}{2}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\int(\Delta V)^2\,d\tau \\ &= \int\frac{1}{2}\,E^2\,d\tau + \frac{1}{2}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\int(k_1^2V_1 + k_2^2V_2)^2\,d\tau \\ &= \int\frac{1}{2}\,E^2\,d\tau + \frac{\varepsilon^2k_2^2}{4} = \frac{\varepsilon^2k_2^2}{2}. \end{aligned}$$

Cette expression de $W_0$ est le double de l'expression $\int\frac{1}{2}E^2\,d\tau$ que nous avions admise dans nos essais antérieurs; elle conduit donc pour la masse du méson intervenant dans le champ soustractif de l'électron non plus à la valeur $4\times 137\,m_0 = 548\,m_0$, mais à la valeur $2\times 137\,m_0 = 174\,m_0$, qui est sensiblement égale à la masse du méson $\pi$.

Enfin, il est facile de vérifier, comme cela résulte d'ailleurs directement de la première définition (10) de $T^{\mu\nu}$ que l'on a la relation

$$(16)\qquad T^{\mu\nu}_{\mu} = 0.$$

On sait que, lorsque cette condition est satisfaite pour le champ d'une charge électrique à symétrie sphérique, on en déduit que dans le système propre de la charge on a

$$(17)\qquad \int T^{ii}\,d\tau = 0 \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Il est d'ailleurs facile de vérifier (17) en partant de la définition (10). Le principe de l'inertie de l'énergie est alors satisfait [1]. Le schéma lagrangien de la

[1] Sur cette question, *voir* le livre de R. BECKER, *Théorie des Électrons*, Paris, Alcan, 1938, p. 388.

théorie du champ soustractif que nous venons de développer introduit ainsi automatiquement une « pression de Poincaré » qui assure la vérification de la relation (16).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'obtention d'alliages pulvérulents de chrome et de manganèse.* Note (*) de MM. **Pierre Jolibois** et **Bernard Fleureau**.

De nombreux essais ont été entrepris pour obtenir la réduction des oxydes de chrome et de manganèse par l'hydrogène. La bibliographie complète de cette question en ce qui concerne le chrome a été donnée par Trombe ([1]) puis par Grube et Flad ([2]).

Le premier de ces auteurs a réussi à obtenir du chrome fondu au four solaire; les seconds ont montré qu'en réduisant l'oxyde de ce métal par de l'hydrogène très soigneusement desséché, on obtient le métal avec une grande lenteur dès 950°. Nous avons reproduit et vérifié ces derniers travaux dans l'appareil à réduction qui avait déjà été employé par l'un de nous ([3]) dans la réduction des phosphates. La courbe 2 relative à l'oxyde de chrome indique à 980° une absorption très visible d'hydrogène.

Nous avons dans le même appareil obtenu facilement des alliages de fer et de chrome pulvérulent; il suffit de réduire le produit de la calcination d'un mélange de nitrates dans les proportions choisies à l'avance pour obtenir un rapport Fe/Cr déterminé dans l'alliage à préparer. Alors que la réduction de l'oxyde ferrique est rapide (courbe 1), celle des mélanges oxyde ferrique-oxyde chromique, même avec une faible proportion de chrome, est très lente ainsi que celle de l'oxyde de chrome pur (courbe 2). Aux fortes proportions de chrome, on obtient des alliages qui cessent d'être ferromagnétiques ainsi que cela a été constaté par Wever et Jellinghaus ([4]) à partir de 75 %. Ce procédé possède sur l'aluminothermie autrefois employée pour préparer ces alliages, l'avantage de donner des produits d'une grande pureté que l'on peut fritter après la réduction.

Les essais pour obtenir le manganèse par réduction des oxydes au moyen de l'hydrogène, ont toujours été infructueux. Aoyama ([5]) a étudié la réaction d'équilibre $MnO + H_2 \rightleftharpoons Mn + H_2O$ et a montré qu'au voisinage de 1 200° la pression de vapeur d'eau devait être inférieure à des nombres de l'ordre de $10^{-4}$ atmosphères pour que la réduction soit possible. Ce résultat est visible quali-

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) Trombe et Foex, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2294.

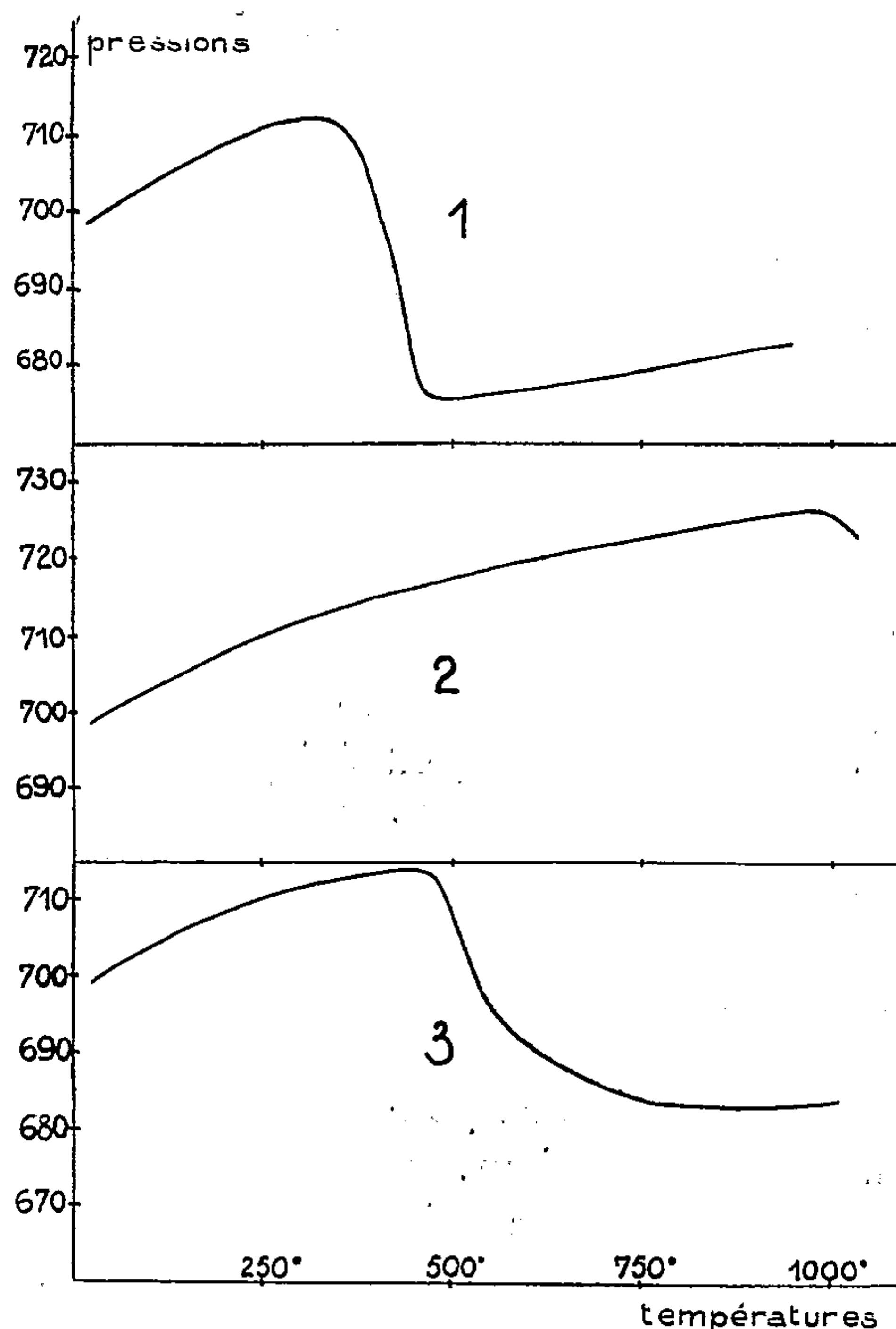
([2]) *Zeit. für Elektrochemie und ang. phys. ch.*, **45**, 1939, p. 835.

([3]) P. Jolibois et J. C. Hutter, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1389-1390

([4]) *Mitt. Kais. Wilh. Ins. für Eisenf.*, **13**, 1931, p. 143.

([5]) Aoyama et Oka, *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, **22**, 1933, p. 824.

tativement sur les courbes du mémoire de Dannat et Ellingham ([6]) où l'on peut apercevoir que le manganèse est à l'extrême limite des métaux dont l'énergie libre de combinaison des oxydes rend ceux-ci susceptibles d'une réduction.




Réduction des oxydes $Fe_2O_3$ (1); $Cr_2O_3$ (2); du mélange $Fe_2O_3$, $Mn_3O_4$ (3).

Néanmoins, les mélanges d'oxyde de fer et oxyde de manganèse peuvent être réduits en atmosphère très bien desséchée ainsi que le montre la courbe 3 relative à un mélange où les deux métaux sont dans un rapport atomique égal à 1. Cette proportion semble être la limite au delà de laquelle la réduction devient impossible. Rien dans le diagramme de fusibilité établi par Gayler ([7]) n'explique la valeur de cette limite. On peut tout de même conclure que la présence du fer entraîne la réduction de l'oxyde de manganèse et que le phénomène se passe avec une vitesse très acceptable avant 800°.

Dans ce cas (alliages de fer et de manganèse), la réduction des deux oxydes a lieu simultanément, car dans les courbes d'absorption d'hydrogène en fonc-

([6]) *Discussion of the Faraday Society*, 4, 1949, p. 126.
([7]) *Journal Iron Steel Inst.*, 128, 1933, p. 293.

tion de la température, on ne peut distinguer les deux phénomènes par des stades différents.

Il n'en est pas de même dans le cas du fer et du chrome. Le fer se réduit le premier et sa présence à l'état métallique ne semble avoir qu'une faible influence sur la réduction de l'oxyde de chrome qui se réduit 400° plus haut.

Dans les deux cas, les poudres obtenues sont très homogènes. Nous étudierons ultérieurement leurs spectres de rayons X.

CYTOLOGIE. — *Observations sur la destruction du chondriome par la chaleur.* Note (*) de M. **Pierre Dangeard.**

On a considéré parfois le chondriome comme un élément cellulaire particulièrement sensible à la chaleur ([1]), d'autres travaux ont conclu à une résistance aux températures élevées simplement comparable à celle du protoplasme lui-même ([2]). En vue de rechercher si le chondriome présentait une sensibilité particulière à une élévation anormale de la température, nous avons fixé des radicules qui avaient été placées, pendant un temps variable, à diverses températures entre 40 et 60°. Ces températures étaient choisies parmi celles qui, au bout d'un temps donné, permettent la survie des radicules dans une proportion plus ou moins importante des cas, ou bien encore provoquent leur nécrose presque à coup sûr. On se tenait donc au voisinage de la limite des altérations réversibles, notre but final étant de rechercher si le chondriome pouvait être régénéré après avoir été détruit dans les cellules par la chaleur.

Les plantes étudiées étaient celles qui nous avaient servi précédemment pour apprécier le degré de résistance des radicules aux diverses températures ([3]). Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas une température particulière causant la destruction du chondriome, mais que ce dernier peut être détruit à des températures très diverses si le temps d'action est suffisant. Naturellement, ce temps d'action est d'autant plus court que la température est plus élevée. Ainsi, dans toutes les plantes étudiées, le chondriome est détruit très rapidement, souvent en moins d'une minute, entre 55° et 60°. Pour des températures moins élevées le délai nécessaire pour détruire le chondriome peut être de une heure ou davantage, mais il est très remarquable alors de constater, dans certains cas, la destruction complète du chondriome à une température ne dépassant pas 42°. Le tableau ci-joint donne, pour un certain nombre de plantes, les tempéra-

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) A. Policard et G. Mangenot, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 645.

([2]) A. Famin, *Thèse*, Paris, 1933, p. 1-202.

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 913.

tures et les temps d'action nécessaires pour une destruction complète du chondriome dans les méristèmes radiculaires; autant qu'il a été possible de le préciser, ces chiffres correspondent à des conditions tout juste suffisantes pour obtenir le résultat enregistré, mais il faut souligner que cette limite échappe souvent à une détermination exacte en raison de différences individuelles importantes dont la signification n'apparaît pas pour l'instant. Afin de mettre en évidence les rapports entre la destruction du chondriome et la nécrose des tissus on a indiqué, en face de chaque résultat concernant le chondriome l'effet sur l'ensemble de la radicule aboutissant soit à la nécrose, soit à une survie possible, soit même à une survie plus ou moins assurée.

*Tableau donnant quelques températures et quelques temps d'action correspondant à la destruction du chondriome dans les méristèmes radiculaires.*

| | Température. | Durée. | Observations. |
|---|---|---|---|
| Pin maritime. | 47° | 10 min. | Survie possible |
| | 50 | 10 » | » |
| | 54 | 8 » | » |
| | 58 | 45 sec. | » |
| Maïs. | 42 | 5 h. à 24 h. | Survie |
| | 43 | 1 h. | » |
| | 47 | 15 min. | Survie possible |
| | 58 | 1 » | » |
| Fève. | 58 | 15 sec. | Nécrose |
| Lupin blanc. | 42 | 1 h. | Survie possible |
| | 58 | 15 sec. | Nécrose |
| Pois. | 42 | 1 h. | Survie possible |
| | 50 | 2 min. 30 sec. | » |
| Haricot. | 54 | 1 min. | » |
| Ricin. | 42 | 1 h. | » |
| | 54 | 1 min. 30 sec. | » |
| | 58 | 30 sec. | Nécrose |

Le dernier cas, celui dans lequel des radicules traitées dans des conditions où leur chondriome est vraisemblablement détruit, accusent cependant un pourcentage important de survies est particulièrement intéressant. Il permet de supposer que le chondriome, après avoir été détruit, se rétablit dans les cellules au bout d'un certain temps.

Le chondriome est parfois plus résistant : c'est ainsi que dans la Fève les radicules sont tuées par un séjour de deux minutes seulement dans l'eau à 47°. Or le chondriome est conservé dans les cellules de ces radicules fixées aussitôt; il est même conservé dans les radicules ayant séjourné 3 ou 4 minutes à 47° et la destruction qui intervient finalement est tardive;

elle accompagne ou suit la nécrose des tissus et ne la précède pas comme on aurait pu le supposer. Il peut donc y avoir nécrose sans destruction préalable des mitochondries comme aussi destruction des mitochondries sans effet nocif irréparable au moins immédiatement.

Le chondriome des diverses cellules de la radicule n'a pas partout la même sensibilité. D'une manière générale les cellules méristématiques sont les premières atteintes, ce qui ne veut pas dire qu'elles soient plus sensibles que d'autres à la nécrose thermique bien au contraire et les cellules différenciées sont souvent détruites d'une manière préférentielle à certaines températures.

La destruction du chondriome peut intervenir sans qu'on observe de stades d'altération préalables bien définis et le chondriome disparaît après être devenu de moins en moins colorable sous la forme de très petites mitochondries granuleuses; mais nous avons noté aussi des états très nets de cavulation dans certains cas sous l'influence de la chaleur : le chondriome se raréfie et les mitochondries restantes sont transformées en petites vésicules. Lorsque le chondriome est détruit il ne reste en général aucun résidu identifiable au sein du cytoplasme; ce dernier semble homogène. L'aspect général des cellules ainsi privées de chondriome, le fait qu'elles ne sont ni plasmolysées, ni contractées ou seulement très peu, la comparaison avec les cellules mortes à cytoplasme coagulé, hyperchromatiques, montrent que le stade de la nécrose n'a pas été atteint. On doit en conclure que le chondriome peut être détruit dans des cellules encore vivantes.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage intitulé : *Savants et découvertes*, qu'il vient de publier.

## CORRESPONDANCE.

M. **Georges Guillain** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de médecine et chirurgie, par le décès de M. *Hyacinthe Vincent*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Conseil international de documentation du Bâtiment. *Première Assemblée générale*. Paris, 1950.

2° *Étude sur l'importance clinique des diverticules du duodénum*, par Nils Andolf (Thèse, Uppsala).

3° *On astronomic, photogrammetric and trigonometric refraction*, by AXEL LEIJONHUFVUD (id.).

4° *Some news aspects of the polymolybdates*, by INGVAR LINDQVIST (id.).

5° *Studies in growth and cellulolytic enzymes of tricholoma*, by BIRGITTA NORKRANS (id.).

6° *Effects of exercise on adult articular cartilage*, by JOSEF SÄÄF (id.).

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Caractérisation des champs vectoriels qui s'annulent sur une frontière fermée.* Note (*) de M. CLIFFORD TRUESDELL, transmise par M. Jacques Hadamard.

Étant donnés un vecteur $\vec{w}$ et un scalaire $\theta$, définis dans un volume V, nous cherchons une condition pour qu'il existe un vecteur $\vec{v}$, *s'annulant sur la frontière* S *de* V, tel que $\text{rot}\,\vec{v} = \vec{w}$, $\text{div}\,\vec{v} = \theta$.

Soit V un domaine fini à connexion simple, dont la frontière est S. Nous l'admettons suffisamment régulier, en sorte que, pour une certaine classe C′ de champs $\vec{v}$ dans V, soit valide la transformation de Green, et qu'il existe une solution du problème de Dirichlet à données continues et que, dans chaque aire réductible sur S, soit valide la transformation de Stokes. Soit $C'_0$ la classe des $\vec{v} \in C'$ qui *s'annulent sur* S. Soit H la classe des $\vec{h} = \text{grad}\,\Phi$, $\nabla^2\Phi = 0$ dans V.

THÉORÈME. — *Étant donnés une fonction* $\theta$ *qui satisfait à une condition de Hölder dans* V, *et un champ vectoriel* $\vec{w}$ *solénoïdal* $(\text{div}\,\vec{w} = 0)$, *dont les dérivées premières existent et satisfont à une condition de Hölder dans* V, *pour qu'il existe un champ* $\vec{v} \in C'_0$ *tel que* $\text{div}\,\vec{v} = \theta$, $\text{rot}\,\vec{v} = \vec{w}$, *il faut et il suffit que, pour tout* $\vec{h} \in H$,

$$(1) \qquad \int_V \left[\vec{h}\theta - \vec{h} \wedge \vec{w}\right] dV = 0, \qquad w_n = 0,$$

$w_n$ *étant la composante normale de* $\vec{w}$ *sur* S.

LEMME 1. — *Soit* $\vec{u} \in C'$, $\vec{w}' \equiv \text{rot}\,\vec{u}$, $w'_n = 0$ *sur* S. *Il existe alors une fonction* $f$ *définie sur* S *et ayant pour gradient sur* S *la composante tangentielle* $\vec{u}_t$ *de* $\vec{u}$.

*Démonstration.* — Du théorème de Stokes résulte

$$0 = \int_{S'} w'_n \, dS = \oint_C \vec{u}_t \times d\vec{l},$$

(*) Séance du 19 mars 1951.

pour toute aire réductible S' sur S. En conséquence de nos hypothèses concernant S, l'intégrale $\int \vec{u}_t \times d\vec{l}$ à limite supérieure variable définit une fonction continue $f$, uniforme sur S, et $\vec{u}_t$ est le gradient de $f$ sur S.

LEMME 2. — *Sous les hypothèses du théorème concernant* $\vec{w}$ *et* $\theta$, *de* $(1)_2$ *il suit qu'il existe un* $\vec{v}' \in C'$ *tel que* $\operatorname{rot} \vec{v}' = \vec{w}$, $\operatorname{div} \vec{v}' = \theta$, $v'_t = 0$.

*Démonstration résumée.* — Définissons $4\pi \vec{u} \equiv -\operatorname{grad} \int \theta \, dV/r + \operatorname{rot} \int \vec{w} \, dV/r$. On peut démontrer ([1]) que $\operatorname{div} \vec{u} = \theta$, $\operatorname{rot} \vec{u} = \vec{w}$, et que $\vec{u}$ est continu sur S. De $(1)_1$ et du premier lemme il suit que $\vec{u}_t$ est le gradient d'une certaine fonction $f$ sur S. Notre but est atteint par $\vec{v}' \equiv \vec{u} - \operatorname{grad}\Phi$, où $\Phi$ est la solution du problème de Dirichlet pour V qui prend la valeur $\Phi = f$ sur S.

*Démonstration du théorème.* — La transformation de Green nous donne, pour $\vec{h} \in H$, $\vec{v} \in C'$, $\vec{w} \equiv \operatorname{rot} \vec{v}$, $\theta \equiv \operatorname{div} \vec{v}$,

$$\oint \left[ (d\vec{S} \times \vec{v})\vec{h} + (d\vec{S} \times \vec{h})\vec{v} - d\vec{S}(\vec{h} \times \vec{v}) \right] = \int \left[ \vec{h}\theta - \vec{h} \wedge \vec{w} \right] dV, \tag{2}$$

dont suit, en supposant $\vec{v} \in C'_0$, la nécessité ([2]) de $(1)_1$. La nécessité de $(1)_2$ est bien connue. Afin de démontrer la suffisance de $(1)$, formons le champ $\vec{v}' \in C'$ du second lemme et insérons-le en place de $\vec{v}$ dans l'identité (2). En notant que $\operatorname{div} \vec{v}' = \operatorname{div} \vec{v} = \theta$, $\operatorname{rot} \vec{v}' = \operatorname{rot} \vec{v} = \vec{w}$, de (1) et de (2) suit

$$\oint_S (d\vec{S} \times \vec{v}')\vec{h} + \oint_S \left[ (d\vec{S} \times \vec{h})\vec{v}' - d\vec{S}(\vec{h} \times \vec{v}') \right] = 0. \tag{3}$$

Mais puisque $v'_t = 0$, nous avons $\vec{h} \times \vec{v}' = h_n v'$, $d\vec{S}v' = dS\vec{v}'$, et par conséquent

$$(d\vec{S} \times \vec{h})\vec{v}' - d\vec{S}(\vec{h} \times \vec{v}') = dS\, h_n \vec{v}' - dS\, h_n \vec{v}' = 0,$$

et puisque $d\vec{S} \times \vec{v}' = dS\, v'$, la formule (3) devient $\oint dS\, v' \vec{h} = 0$. Donc

$$\oint dS\, v' h_x = 0.$$

Mais $h_x = -\partial\Phi/\partial x$ est aussi fonction harmonique. Puisque le problème de Dirichlet peut être résolu en V, $h_x$ peut prendre des valeurs arbitraires continues sur S, et en conséquence il faut que $v' = 0$ sur S, donc $\vec{v}' \in C'_0$.

C. Q. F. D.

---

([1]) On peut s'aider des résultats des paragraphes 8, 13-14 de Kap. III de L. Lichtenstein, *Grundlägen der Hydromechanik*, Berlin, 1929.

([2]) Le cas $\theta = 0$ a été constaté par M. BERKER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1630-1632 (*voir* théorème IV).

Le cas de $\vec{w} = \text{grad}\, r^{-1}$ montre que la condition (1), n'est pas suffisante à elle seule.

TOPOLOGIE. — *Sur une propriété globale des variétés minima d'un espace de Cartan.* Note (*) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'objet de cette Note est d'indiquer une propriété globale des variétés minima d'un espace de Cartan, qui est analogue à la propriété suivante des géodésiques d'un espace de Finsler : *le flux géodésique n'admet pas de variété transversale compacte* [*cf.* (1), propriété I].

1. Espaces de Cartan, variétés minima. (Rappel de définitions). — Soit $V_n$ ($n \geqq 2$) une variété à $n$ dimensions (2). On désigne par $V_{2n}[V^*_{2n}]$ l'espace des $(n-1)$-vecteurs contrevariants covariants tangents à $V_n$; la fibre de cet espace fibré est isomorphe à $R^n[R^{n*}$ dual de $R^n]$, sa base est $V_n$; on désigne par P la projection canonique de $V_{2n}[V^*_{2n}]$ sur $V_n$. Tout système de coordonnées locales $(x_i)$ de $V_n$ se prolonge de façon naturelle en un système de coordonnées locales $(x_i, u_{1,\ldots,i-1,i+1,\ldots,n})[(x_i, p_{1,\ldots,i-1,i+1,\ldots,n} = p_i)]$ de $V_{2n}[V^*_{2n}]$.

Une structure d'espace de Cartan $(F_{n-1})$ dans $V_n$ est définie par la donnée d'une fonction numérique $f(x, u)$ sur $V_{2n}$ vérifiant la condition suivante :

*La restriction $\varphi_x(u)$ de $f(x, u)$ à $R^n_x = P^{-1}(x)$ est une norme sur la fibre $R^n_x$.*

A une structure $(F_{n-1})$ sur $V_n$ est associé un problème de calcul des variations portant sur une intégrale $(n-1)$-uple J; les variétés extrémales de J sont appelées variétés minima.

Au lieu de définir $(F_{n-1})$ par la fonction $f(x, u)$, on peut se donner la fonction $f^*(x, p)$ sur $V^*_{2n}$ telle que $\varphi^*_x(p) = f^*(x, p)$ soit la norme associée à $\varphi_x(u)$ dans le dual $R^{n*}_x$ de $R^n_x$. L'équation $f^*(x, p) = 1$ définit un sous-espace $W_{2n-1}$ de $V^*_{2n}$. La projection P définit $W_{2n-1}$ comme variété fibrée, de base $V_n$, dont la fibre est homéomorphe à la sphère à $n-1$ dimensions. A tout $(x, p) \in W_{2n-1}$ on associe le point $(x, u) \in V_{2n}$, où $u$ est la forme linéaire sur $R^{n*}_x$ égale à la forme induite dans $R^{n*}_x$ par $df^*$. On identifie $(x, p)$ avec $(x, u)$.

2. Système différentiel des variétés minima. — La forme

$$\theta = \Sigma p_i\, dx_1 \wedge \ldots dx_{i-1} \wedge dx_{i+1} \ldots \wedge dx_n$$

est intrinsèquement (3) liée à $V_{2n}$. On pose $\Omega = d\theta$; on désigne par $\theta(f)$

(*) Séance du 19 mars 1951.

(1) G. Reeb, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 969.

(2) Les hypothèses de différentiabilité convenables sont faites implicitement.

(3) Il est facile de donner une définition directe de $\theta$. Par exemple on peut écrire $\theta(x, p) = P^*(p)$. (On désigne par $p^*$ ou $q'^*$ les transposées des applications $p$ ou $q'$.)

et $\Omega(f)$ les formes induites par $\theta$ et $\Omega$ dans $W_{2n-1}$. Soit $V_{n-1}$ une variété compacte orientée à $n-1$ dimensions (avec bord). Soit $q$ une application de rang $n-1$ de $V_{n-1}$ dans $V_x$ et soit $q'$ le prolongement de $q$ aux éléments de contact (positifs) à $n-1$ dimensions de $V_{n-1}$, ($q'$ est donc une application de $V_{n-1}$ dans $W_{2n-1}$). On vérifie que l'intégrale J est équivalente à $\int_{V_{n-1}} q'^{*}\theta(f)$(2). Soit $\Gamma$ l'ensemble des $(n-1)$-vecteurs complètement décomposables $V_{n-1}$, tangents à $W_{2n-1}$, vérifiant la relation

$$\omega(v_{n-1}) \equiv i(v_{n-1})\,\Omega(f) = 0, \tag{1}$$

où $i(v)$ désigne l'opération de produit intérieur par $v$.

Lemme. — *Les variétés intégrales à $n-1$ dimensions de $\Gamma$ se projettent sur $V_n$ selon les variétés minima de* $(F_{n-1})$ (4)

3. Propriété globale de $\Gamma$. — Définition. — *Une variété orientée $W_n$ à $n$ dimensions plongée dans $W_{2n-1}$ sera appelée variété transversale de $\Gamma$, si aucun élément $v_{n-1}$ de $\Gamma$ ne lui est tangent.*

Théorème. — *Il n'existe pas de variété transversale compacte de $\Gamma$.*

En effet soit $W_n$ une variété transversale compacte. Comme $\int W_n \Omega(f) = 0$ il existe un ensemble non vide E de points $y$ de $W_n$ tels que $i[v_n(y)]\,\Omega(f) = 0$ pour les $n$-vecteurs $v_n(y)$ tangents à $W_n$ en $y$. Soit $v_{n-1}$ un $(n-1)$-vecteur complètement décomposable contenu dans l'élément de contact défini par $v_n(y)$. La forme linéaire $\omega(v_{n-1})$ s'annule sur $v_n(y)$. L'examen des dimensions montre dès lors qu'il existe $v_{n-1}$ tel que $\omega(v_{n-1}) = 0$, ce qui achève la démonstration.

*Application du théorème.* — On suppose que $V_n$ est compact et orienté. Soit $E_{n-1}$ un champ d'éléments de contact orientés à $n-1$ dimensions, sans singularités, complètement intégrable défini sur $V_n$. *Il existe un ensemble non vide* E *de points $x$ de $V_n$ tel que la variété intégrale de $E_{n-1}$ issue $x \in$ E ait un contact du second ordre avec l'une des variétés minima tangentes en $x$ à* $E_{n-1}(x)$ (6), (7).

Soit $\gamma$ l'application qui associe à tout point $x$ de $V_n$ le point de $W_{2n-1}$ correspondant à l'élément de contact $E_{n-1}(x)$ du champ $E_{n-1}$. Il suffit d'appliquer le théorème à $\gamma(V_n)$.

---

(4) Le lemme résulte de la théorie classique; *cf.* de Donder, *Théorie invariantive du calcul des variations*, Paris, 1930.

(5) Si le complémentaire de E n'est pas vide, il contient au moins deux composantes connexes.

(6) Cet énoncé reste valable si $E_{n-1}$ a un nombre fini de points singuliers [*cf.* (7)].

(7) G. Reeb, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 101. Les formes $\theta$ et $\Omega$ de (7) sont précisément les formes induites dans $\gamma(V_n)$ par $\theta(f)$ et $\Omega(f)$, dans le cas particulier où $f$ est l'élément de volume (à $n-1$ dimensions) d'un espace de Riemann.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les structures presque hermitiennes isotropes.* Note (*) de M. **Charles Ehresmann** et M<sup>lle</sup> **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les structures presque hermitiennes « isotropes » sont localement équivalentes à une structure d'espace hermitien elliptique, hyperbolique ou linéaire, ou à une structure presque hermitienne sur $S_6$.

Soit $V_{2n}$ une variété réelle trois fois différentiable, de dimension $2n$. Supposons définie sur $V_{2n}$ une structure presque hermitienne ([1]), Localement cette structure est définie par $n$ formes de Pfaff $\omega_1, \ldots, \omega_n$, à valeurs complexes, formant avec l'ensemble des formes conjuguées $\bar{\omega}_1, \ldots, \bar{\omega}_n$ un système de formes indépendantes, la forme d'Hermite étant définie par $ds^2 = \Sigma\bar{\omega}_i\omega_i$. La même structure peut être déterminée par $n$ formes de Pfaff $\omega'_i$, où $\omega'_i = \Sigma u_{ij}\omega_j$, les $u_{ij}$ étant des fonctions locales sur $V_{2n}$ définissant en chaque point une transformation unitaire $\Sigma u_{ij}\bar{u}_{ik} = \delta_{jk}$. Aux $n$ formes $\omega'_i$ correspond en chaque point une base duale de l'espace tangent, appelée repère unitaire.

On peut déterminer d'une façon unique des formes $\omega_{ij}$, linéaires en $\omega_i$ et $\bar{\omega}$ et vérifiant les équations ([2]) :

$$(1)\quad \begin{cases} d\omega_i = \Sigma\omega_j \wedge \omega_{ji} + \Sigma A_{jki}\omega_j \wedge \omega_k + \Sigma B_{jki}\bar{\omega}_j \wedge \bar{\omega}_k \qquad (i = 1, \ldots, n), \\ \omega_{ij} + \bar{\omega}_{ji} = 0, \qquad A_{jki} + A_{kji} = 0, \qquad B_{jki} + B_{kji} = 0. \end{cases}$$

Les formes $\Omega_i = \Sigma A_{jki}\omega_j \wedge \omega_k$ définissent la première torsion de la structure, les formes $\Gamma_i = \Sigma B_{jki}\bar{\omega}_j \wedge \bar{\omega}_k$, la seconde torsion. La courbure est définie par les formes $\Omega_{ij} = d\omega_{ij} - \Sigma\omega_{ik} \wedge \omega_{kj}$, qui vérifient les équations $\Omega_{ij} + \bar{\Omega}_{ji} = 0$,

$$(2)\quad \begin{cases} d(\Omega_i + \Gamma_i) + \Sigma(\Omega_j + \Gamma_j) \wedge \omega_{ji} - \Sigma\omega_j \wedge \Omega_{ji} = 0, \\ d\Omega_{ij} + \Sigma\Omega_{ik} \wedge \omega_{kj} - \Sigma\omega_{ik} \wedge \Omega_{kj} = 0. \end{cases}$$

Aux formes $\omega'_i$ sont associées de même les formes $\omega'_{ij}$, $\Omega'_i$, $\Gamma'_i$, $\Omega'_{ij}$ :

$$(3)\quad \begin{cases} \omega'_{kl} = \Sigma u_{li} u_{kj} \omega_{ji} + \Sigma u_{li}\, d\bar{u}_{ki}, \\ \Omega'_{kl} = \Sigma u_{li}\bar{u}_{kj}\Omega_{ji}, \qquad \Omega'_l = \Sigma u_{li}\Omega_i, \qquad \Gamma'_l = \Sigma u_{li}\Gamma_i. \end{cases}$$

Les formes de courbure s'écrivent :

$$(4)\quad \Omega_{ij} = \Sigma R_{ijlm}\bar{\omega}_l \wedge \omega_m + \Sigma H_{ijlm}\omega_l \wedge \omega_m - \Sigma \bar{H}_{jilm}\bar{\omega}_l \wedge \bar{\omega}_m \qquad \text{avec} \quad R_{ijlm} = \bar{R}_{jiml}.$$

*On démontre que si l'une des torsions est nulle,* $\Omega_{ij} = \Sigma R_{ijlm}\bar{\omega}_l \wedge \omega_m$.

---

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) C. Ehresmann, *Sur la théorie des espaces fibrés* (*Colloque Top. alg; C. N. R. S.*, Paris 1947); *Sur les variétés presque complexes* (Séminaire Bourbaki 1950, à paraître dans *Proc. Congr. Intern. Math*, 1950; P. Libermann, *Bull. Sciences, Acad. Roy. Belgique*, 1950.

([2]) Pour le cas hermitien (*voir* S. S. Chern, *Annals of Math.*, 47, 1946).

Un automorphisme local d'équivalence de la structure considérée est un automorphisme différentiable local $f$ de $V_{2n}$ qui transforme chaque repère unitaire en un repère unitaire. La structure sera dite *isotrope* au point $x$ (resp. *localement homogène*) lorsqu'il existe un automorphisme d'équivalence transformant un repère d'origine $x$ en un repère arbitraire d'origine $x$ (resp. un point arbitraire $x$ en un point arbitraire $x'$ appartenant à un voisinage de $x$).

Théorème 1. — *Une structure hermitienne isotrope en chaque point est localement homogène et localement équivalente à la structure d'espace hermitien elliptique, hyperbolique ou linéaire* ( « *flat* » ).

On exprime que les $A'_{jki}$, $B'_{jki}$, $R'_{ijlm}$, $H'_{ijlm}$ sont indépendants du repère en chaque point. On peut se borner à des transformations diagonales et à des transformations de la forme $\omega'_i = u_{ij}\omega_j$, $\omega'_j = u_{ji}\omega_i$ et $\omega'_k = \omega_k$ pour $k \neq i, j$, et l'on trouve

$$A'_{jki} = 0, \qquad B'_{jki} = 0, \qquad \Omega_{ij} = \lambda\bar{\omega}_i \wedge \omega_j, \qquad \Omega_{ii} = \lambda\bar{\omega}_i \wedge \omega_i + \mu\Sigma\bar{\omega}_j \wedge \omega_j \qquad (\lambda \text{ et } \mu \text{ réels}).$$

Les équations (2) entraînent que $\lambda$ et $\mu$ sont des constantes égales (cas elliptique : $\lambda < 0$, cas hyperbolique : $\lambda > 0$, cas linéaire : $\lambda = 0$).

On peut considérer *l'isotropie restreinte* telle qu'un repère unitaire d'origine $x$ puisse être transformé en un repère unitaire d'origine $x$ se déduisant du premier par une transformation unitaire *unimodulaire*.

Théorème 2. — *Une structure presque hermitienne isotrope d'une façon restreinte en chaque point est ou bien isotrope ou bien localement isomorphe à une structure presque hermitienne définie sur la sphère* $S_6$.

Le même raisonnement conduit en effet aux structures isotropes déjà considérées et en plus, dans le cas $n = 3$, à une structure définie par des formes $\omega_i$ telles qu'on ait :

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned} d\omega_1 &= \omega_1 \wedge \omega_{11} + \omega_2 \wedge \omega_{21} + \omega_3 \wedge \omega_{31} - 2\rho\bar{\omega}_2 \wedge \bar{\omega}_3,\\ d\omega_2 &= \omega_1 \wedge \omega_{12} + \omega_2 \wedge \omega_{22} + \omega_3 \wedge \omega_{32} - 2\rho\bar{\omega}_3 \wedge \bar{\omega}_1,\\ d\omega_3 &= \omega_1 \wedge \omega_{13} + \omega_2 \wedge \omega_{23} + \omega_3 \wedge \omega_{33} - 2\rho\bar{\omega}_1 \wedge \bar{\omega}_2,\\ d\omega_{ij} &= \Sigma\omega_{ik} \wedge \omega_{kj} - 3\rho\bar{\rho}\,\bar{\omega}_i \wedge \omega_j,\\ d\omega_{ii} &= \Sigma\omega_{ik} \wedge \omega_{ki} - 3\rho\bar{\rho}\,\bar{\omega}_i \wedge \omega_i + \rho\bar{\rho}\,\Sigma\bar{\omega}_j \wedge \omega_j,\\ &\Sigma\omega_{ii} = 0, \qquad \omega_{ij} + \bar{\omega}_{ji} = 0, \qquad \rho\bar{\rho} = \text{const.}\end{aligned}\right.$$

On peut introduire de nouveaux repères unitaires de façon que $\rho$ soit une constante réelle positive. En chaque point est alors déterminée une classe de repères unitaires modulo le groupe unitaire unimodulaire. A ces repères correspondent des formes de Pfaff $\omega'_i$ dépendant de 8 paramètres auxiliaires et vérifiant avec les formes associées $\omega'_{ij}$ les équations (5), avec $\rho = \text{const.}$, $\rho > 0$. On remarque que ces équations sont les équations de structure du groupe simple $G_2$ à 14 paramètres qui opère transitivement sur $S_6$ [3]. *La structure*

---

[3] E. Cartan, *Thèse*, Paris, p. 116.

*considérée est donc localement équivalente à une structure presque hermitienne sur* $S_6$ *admettant* $G_2$ *comme groupe d'automorphismes.* Ce groupe ne peut laisser invariante sur $S_6$ qu'une seule structure presque complexe. Celle-ci est donc isomorphe à la structure presque complexe définie à l'aide des octaves de Cayley ([4]). Comme la deuxième torsion dans les formules (5) n'est pas nulle, *cette structure ne dérive pas d'une structure complexe.*

*Sur* $S_6$, *toute structure presque hermitienne localement homogène est équivalente a une structure correspondant aux formules* (5) *avec* $\rho =$ const. ([5]).

ASTRONOMIE. — *Étude de la voie lactée en lumière monochromatique* H$\alpha$, *de* 80 *à* 180° *de longitude galactique.* Note (*) de M. **Georges Courtès** ([1]), présentée par M. André Danjon.

La photographie de la Voie Lactée à travers un filtre interférentiel nous a déjà permis de mettre en évidence de nombreuses régions d'émission. Nous donnons ici la suite de ces recherches effectuées cet hiver aux observatoires de Marseille et de Haute Provence. Nous avons utilisé les mêmes conventions que dans la Note précédente ([2]).

Pour les nébulosités de la constellation d'Orion, nos résultats sont en accord avec ceux obtenus avec des filtres ordinaires par W. Strohmeier ([3]) (et marqués d'un astérisque dans le tableau); mais nous trouvons, par endroits, des régions plus étendues.

L'ensemble des nébuleuses 127, 134, 133, 131, 124 et 119 forme un arc de cercle centré à peu près sur $5^h 30^m$ et $-3°30'$ dont l'angle au centre est d'environ 200°. La grande nébuleuse d'Orion et les nébulosités de $\xi$ Orionis sont rattachées à cet arc de cercle par une nébulosité faible bien visible au-dessous de $-4°$ de déclinaison.

108, 109, 110, 118 : paraissent coïncider avec des nébulosités dont le spectre était inconnu ou soupçonné continu dans le catalogue de Cederblad.

112, 113 : ont leurs régions les plus intenses en dehors ou à la limite de IC 1805 et de IC 1848.

---

([4]) Kirchhoff, *Comptes rendus*, 225, 1947 p. 1258.

([5]) Ceci résulte du fait que tout espace localement homogène de Lie compact et simplement connexe est équivalent à un espace homogène de Lie (C. Ehresmann, *Enseignement Math.*, 1936, p. 322) et du fait que $G_2$ est le seul groupe de Lie compact opérant transitivement sur $S_6$, abstraction faite du groupe orthogonal (A. Borel, *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, p. 586).

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) Avec la Collaboration technique de M. André Duflot.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 795.

([3]) *Zeitschrift für Astrophysik*, 27, 1950, p. 49.

| Nos. | Ced. | α 1950. | δ 1950. | Dim. en ′. | Int. |
|---|---|---|---|---|---|
| 105... | – | 23h 49m | +67° 55′ | 60× 30 | 3 |
| 106... | – | 23 59,0 | +64 30 | 15× 15 | 2 |
| 107... | – | 0 0 | +67 20 | 180×180 | 2 |
| 108... | 215 | 0 2 | +68 20 | 60× 25 | 4 |
| 109... | 214 *a b* | 0 2 | +66 40 | 40× 40 | 5 |
| 110... | 6 *a c* | 2 23,5 | +61 50 | 12× 12<br>40× 30 | 5<br>3 |
| 111... | – | 2 30,0 | +61 20 | 15× 15 | 5 |
| 112... | – | 2 35 | +61 0 | 130×100 | 3 |
| 113... | 9 *a b* | 2 53 | +60 15 | 110× 50 | 3–4 |
| 114... | 26 | 3 57<br>4 02 | +36 10<br>+35 50 | 150× 45<br>330× 60 | 5–6<br>2–3 |
| 115... | – | 5 10,0 | +33 50 | 30× 90 | 4 |
| 116... | 42 | 5 13,5 | +34 25 | 25× 35 | 5 |
| 117... | – | 5 17 | +34 0 | 180×200 | 3 |
| 118... | 43 | 5 20 | +33 25 | 30× 35 | 4–5 |
| 119... | – | 5 25,5 | – 9 0 | 120× 60 | 3 |
| 120*.. | – | 5 26 | + 9 40 | 200×240 | 3 |
| 121*.. | 51 | 5 28 | +12 20 | 90× 30 | 3 |
| 122... | – | 5 29 | +35 0 | 180×120 | 1–2 |
| 123... | – | 5 32,0 | – 1 30 | 40× 60 | 1–2 |
| 124... | – | 5 32 | – 9 50 | 200× 30 | 3 |
| 125... | 55 *g* | 5 33,0 | – 5 0 | 20× 20 | 6 |
| 126*.. | 55 *d* | 5 33,6 | – 5 25 | 60× 40 | 6 |
| 127... | – | 5h 36m | + 3° 50′ | 150× 30 | 3 |
| 128... | – | 5 36 | + 9 40 | 450×480 | 2–3 |
| 129... | – | 5 36,5 | – 2 40 | 100×120 | 3 |
| 130... | – | 5 40 | +36 0 | 30× 30 | 2 |
| 131... | – | 5 40 | – 8 25 | 120× 70 | 3 |
| 132... | – | 5 48 | + 3 30 | 120×200 | 1–2 |
| 133*.. | – | 5 49 | – 7 0 | 100×250 | 3–4 |
| 134*.. | 55 *r* | 5 51 | 0 0 | 550× 60 | 4 |
| 135*.. | 64 | 6 6,5 | +15 40 | 40× 30 | 3 |
| 136*.. | 67 *a* | 6 7,0 | +20 30 | 30× 25 | 4–5 |
| 137... | – | 6 7,0 | +24 20 | 20× 20 | 2–3 |
| 138... | – | 6 16 | +23 20 | 120×100 | 2 |
| 139... | – | 6 25 | +11 30 | 100×100 | 2–3 |
| 140*.. | 76 *a b* | 6 30 | + 5 0 | 70× 90 | 5–6 |
| 141*.. | – | 6 30 | + 7 0 | 50×140 | 2 |
| 142*.. | – | 6 32 | + 2 30 | 40× 25 | 3–4 |
| 143... | – | 6 34 | +12 0 | 80× 50 | 2 |
| 144... | – | 6 36,0 | + 1 30 | 20× 25 | 3 |
| 145*.. | 84 *a* | 6 36 | + 8 10 | 130× 30 | 3 |
| 146*.. | 82–85 | 6 38 | + 5 40 | 160×120 | 2–3 |
| 147*.. | 84 *b* | 6 38,5 | + 9 50 | 25× 40 | 4–5 |
| 148*.. | 84 *c* | 6 38,5 | + 9 50 | 240×150 | 3–4 |
| 149... | – | 6 42,5 | + 0 20 | 40× 40 | 3 |

114 : en arc de cercle de 3h 47m et 37° 30′ à 4h 10m et 34° 0′.

119 : semble se prolonger jusqu'à β Orionis λ Eridani et ι Leporis.

122 et 138 sont formées de petites condensations.

128 : Ced 54, ne se détache pas du nuage général.

129 : comprend IC 434 et NGC 2024 (Int. = 5) et s'étend faiblement jusqu'à NGC 1982 et 1976 qui sont reliées entre elles par une région très intense.

131 : se rattache à 119 et à 124 et forme une nébulosité de 50 à 60′ de largeur, s'étendent de 5h 40m et — 9° 40′ à 5h 20m et — 8° 30′.

133 : s'étend de 5h 45m et — 9° 0′ à 5h 54m et — 5° 30′. Largeur 90′.

134 : bande en arc de cercle, sinuosités, largeur moyenne 60′ (plus étroite et plus intense au nord), de 5h 38m et + 2° 30′ à 5h 52m et — 4° 0′.

139 : semble se prolonger vers le Nord.

140 : d'allure globulaire filamenteuse, se rattache à 146.

107 : comprend 105, 108 et 109. 112 (111), 117 (116-115-118), 148 (147). 116 et 115 forment un ensemble, de même 117-122, 132-134, 141-140-147, 143-148 et, par régions d'émission faible, 121-128 et 145-147.

Le mode d'exploitation choisi permet d'observer l'ensemble des nébulosités,

c'est un avantage sur le spectrographe de Mc Donald ([3]) dont les régions signalées ne correspondent pas toujours aux endroits les plus intenses. Avec les filtres ordinaires les nuages d'étoiles et même les nébulosités à spectre continu sont très gênants. La sélectivité du filtre interférentiel n'élimine pas complètement cette difficulté dans les régions de forte concentration stellaire, dans ces régions la production d'un système de franges d'interférence nous permettra d'assurer la certitude. Le diamètre de nos objectifs limité par la faible dimension des filtres ($5 \times 5^{cm}$) ne nous a pas permis de faire des études de détails ou de signaler les petits objets. Ceux-ci exigeraient l'emploi du télescope de Schmidt muni de filtres de grandes dimensions, ou bien l'utilisation des filtres actuels dans le faisceau convergent d'un télescope, à condition que l'incidence des rayons soit assez faible pour conserver les propriétés des filtres. Dans ce cas une combinaison collimateur-objectif permet de réduire l'image dans le rapport des distances focales et augmente le rapport d'ouverture. Nous avons ainsi obtenu une luminosité équivalente à F/1,5 avec un télescope ouvert à F/6.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les atmosphères possédant une zone convective en équilibre adiabatique.* Note (*) de M^me^ **Charlotte Pecker**, présentée par M. André Danjon.

On a vu dans une Note précédente quelles étaient les équations et conditions à satisfaire pour permettre le raccord exact d'une zone radiative et d'une zone convective en équilibre adiabatique. On expose ici les calculs faits en utilisant la deuxième approximation de Chandrasekhar (qui conduit à un système de sept équations).

I. *Calcul de la zone convective.* — Utilisant les résultats précédemment obtenus, on a choisi une adiabatique ayant son minimum au voisinage de $\log P_e = 2$, l'entropie est calculée par gramme de matière.

Puis l'on a déterminé la relation $\tau(T)$ le long de cette adiabatique en laissant comme inconnues la gravité et la profondeur optique du point de raccord

$$\tau - \tau_0 = \frac{1}{g} \int_{p_e}^{p} \bar{\varkappa}\, dp.$$

II. On a entrepris ensuite le *calcul de raccordement* en choisissant arbitrairement la profondeur optique du raccord. La température $T_0$ de ce point qui doit être très légèrement inférieure à celle du minimum de l'adiabatique sera

([3]) O. Struve, *Astroph. J.*, **87**, 1938, p. 559; **89**, 1939, p. 119, 517; **90**, 1939, p. 301; *Sky and Telescope*, janvier 1951.

(*) Séance du 19 mars 1951.

reliée à la valeur de la gravité, en choisissant une valeur de $(1/B)\,dB/d\tau = \alpha$ comprise entre les deux limites données par Cayrel (pour la profondeur optique $\tau_0$)

$$\frac{1}{B}\frac{dB}{d\tau} = \alpha = \frac{4g}{\varkappa p}\,\frac{\gamma - 1}{\gamma}.$$

*a.* Laissant $\tau_0$ et $\alpha$ fixes, on détermine $\log T$ et $\log g$ de façon à satisfaire à (II.8) et (II.9) : raccord des intensités et des températures.

*b.* Laissant $\tau_0$ fixe, on donne de légères variations à $\alpha$ et à $\log T$ de façon que la relation de Schwarzschild soit ensuite vérifiée. On obtient alors un ensemble de valeurs $(\tau_0,\ T_0,\ g)$ qui pour être celles du raccord doivent permettre de plus le calcul de la zone radiative à l'aide des coefficients $b$, Q, $L_1$, $L_{-1}$ obtenus.

*c.* On calcule à partir de la surface $(\tau = 0)$ la relation $\tau(T)$ dans la zone radiative

$$\tau = \int_0^{p_0} \frac{\varkappa\, dp}{g}.$$

Si la profondeur ainsi calculée est différente de celle que l'on a choisi arbitrairement, il faut recommencer les calculs avec une autre profondeur optique.

Si $\tau = \tau_0$, on a trouvé sur l'adiabatique étudiée un système de paramètres donnant une solution exacte. Il suffit alors de vérifier si l'inégalité de Schwarzschild est satisfaite dans la zone radiative

$$\frac{\gamma - 1}{\gamma} > \left|\frac{d\log T}{d\log P}\right|_{\text{rad.}}$$

et de calculer la température effctive $T_e$ et la température de surface $T_s$ de l'étoile ayant le modèle déterminé.

On sait que le calcul du flux permet le calcul de $T_e$

$$F = \frac{\sigma}{\pi} T_e^4.$$

Celui de $T_s$ étant obtenu, à partir de $B(\tau = 0) = (\sigma/\pi) T_s^4$. Les résultats sont tabulés ci-dessous :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Log $g$ | 3.030 | 4.573 | 6.378 |
| $T_0$ | 3,991 | 4,034 | 4,111 |
| $T_0$ | 0,20 | 0,20 | 0,245 |
| $T_e$ | 10,970 | 11,970 | 14,090 |
| $T_s$ | 9,015 | 9,930 | 11,670 |
| $\frac{T_s}{T_e}$ | 0,822 | 0,829 | 0,828 |

Le rapport $T_s/T_e$ a été formé pour comparaison avec le modèle standard où l'on a

$$\frac{T_s}{T_e} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,841.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un schéma général relatif à un problème de cybernétique.* Note (*) de M. **Serge Colombo**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'établissement du schéma le plus général, auquel tout dispositif de régulation serait susceptible de se ramener, simplifie l'application des théorèmes généraux de la cybernétique.

La majorité, sinon la totalité, des appareils de régulation sont constitués par :

1° un appareil à réguler A, soumis à une *cause* variable (et généralement incontrôlable) $w(t)$, fournissant un *effet* $s(t)$ que l'on désire modifier ;

2° un *comparateur-discriminateur* (1) C dont le fonctionnement est défini par une fonctionnelle mixte

$$\mathcal{F}_{x=-\infty}^{x=t}[s(x),\, e_1(x),\, \ldots,\, e_n(x);\, x],$$

où $e_1(t), \ldots, e_n(t)$ désignent des signaux indépendants du régime de A. Ce comparateur émet des signaux $f_1(t), \ldots, f_m(t)$ qui résultent de transmutations fonctionnelles définies à partir de $\mathcal{F}$ ;

3° des servo-mécanismes $S_1, S_2, \ldots, S_m$ actionnés par $f_1(t-\tau_1), \ldots, f_m(t-\tau_m)$, qui agissent sur A, soit en fournissant de nouvelles « causes » : $w_1(t-\tau_1-\tau'_1), \ldots, w_m(t-\tau_m-\tau'_m)$ qui se superposent à $w(t)$, soit en modifiant des paramètres de A. Ce second cas peut se ramener au premier, ceci étant d'ailleurs immédiat si A est un quadripôle linéaire, J. R. Carson (2) ayant explicité une méthode de calcul dans laquelle tout effet dû à la variation d'un élément de circuit est ramené à celui d'une nouvelle d. d. p. agissant à l'entrée. Le nombre des servo-mécanismes est sans relation avec celui des signaux d'entrée, $e_1, \ldots, e_n$, leur multiplicité étant imposée par le souci d'établir des phénomènes de compensation, décompensation, amortissement d'oscillations, etc., et le fait que chacun d'eux voit son action uniquement déterminée par le signal $f_i$ qu'il reçoit.

Les concepts de message et de quantité d'information trouvent un vaste champ d'application dans la construction d'un comparateur-discriminateur adéquat. La fonctionnelle mixte $\mathcal{F}$ qui décrit son fonctionnement permet de caractériser « l'intelligence » du mécanisme régulateur, laquelle peut s'étendre

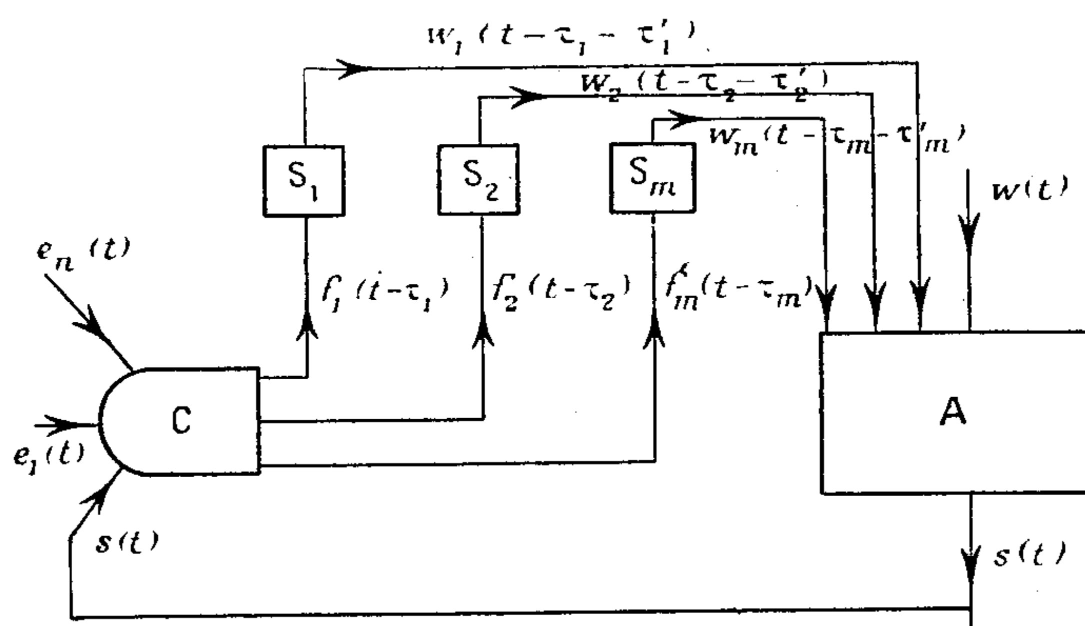
(*) Séance du 19 mars 1951.

(1) Le terme et la notion de discriminateur sont dus à M. Julien Lœb (Note n° 114 du *Laboratoire National de Radioélectricité* et *Annales des Télécommunications*, 1950).

(2) J.-R. Carson, *Electric Circuit Theory*, New-York, 1926.

du simple réflexe (relais actionnant un mécanisme « on-off » commandés par un signal d'erreur) à des processus plus complexes faisant intervenir la mémoire des actions passées et même un choix, en fonction d'elle, des retards $\tau_1, \ldots, \tau_m$.

Les servo-mécanismes sont construits de façon à satisfaire, d'une part à la plus ou moins grande quantité d'information susceptible d'être contenue dans $f_1(t), \ldots, f_m(t)$, et d'autre part aux équations régissant le fonctionnement dynamique de A, lesquelles sont imposées une fois pour toutes au départ.




Le schéma ci-dessus nous servira ultérieurement à l'établissement de principes très généraux. Nous montrerons aussi comment il est possible de lui ramener des dispositifs très divers. Il est manifeste que le schéma simplifié de la contre-réaction, à partir duquel on établit le critérium de Nyquist, n'en est qu'un cas très particulier.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Réduction d'un problème de cybernétique à un problème de poursuite dans un espace de Hilbert.* Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utilisons un schéma abstrait de régulation exposé récemment ([1]). Dans ce schéma la grandeur de « sortie » $s(t)$, appartenant au système A, est asservie aux grandeurs d' « entrée » $e_1(t), e_2(t), \ldots, e_n(t)$. Les $n+1$ mesures de ces grandeurs sont acheminées vers un « comparateur-discriminateur » qui élabore la fonctionnelle mixte

$$\mathcal{F}_{-\infty}^{t} \{[e_1(u), e_2(u), \ldots, e_n(u); s(u); t]\} = f(t).$$

C'est $f(t)$ qui commande, par des signaux intermédiaires, les manœuvres de régulation de $s(t)$.

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) Serge Colombo, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1287.

Nous considérons le cas où la fonctionnelle $\mathcal{F}$ est de la forme

$$\mathop{\mathcal{F}}_{t-\mathrm{T}}^{t}\left\{\left\{\mathop{\mathcal{E}}_{u-\mathrm{T}}^{u}\{[e_1(v), e_2(v), \ldots, e_n(v); t]\} - s(u); t\right\}\right\} = \mathop{\mathcal{F}}_{t-\mathrm{T}}^{t}\{[e(u) - s(u); t]\} = f(t).$$

$t$ est l'instant présent et T la durée de persistance de la plus longue des « mémoires » des dispositifs et systèmes physiques que comporte l'ensemble considéré. Les propriétés des appareils intermédiaires et du système A font que la commande $f(t)$ est appliquée non à $s(t)$ mais à une fonctionnelle $\mathcal{M}$ de la mesure de cette grandeur, de sorte que l'on a

$$(1)\qquad \mathop{\mathcal{F}}_{t-\mathrm{T}}^{t}\{[e(u) - s(u); t]\} = \mathop{\mathcal{M}}_{t-\mathrm{T}}^{t}\{[s(u); t]\}.$$

Nous sommes en outre amenés a supposer que les fonctionnelles $\mathcal{F}$ et $\mathcal{M}$ sont telles que $s(t)$ ait tendance à suivre les variations de $e(t)$.

Les valeurs de $e(t)$ et de $s(t)$ intéressantes sont celles correspondant à l'intervalle $(t - \mathrm{T}, t)$. Développons en série de fonctions orthonormales [2] les fonctions $\mathrm{E}_t(u)$ et $\mathrm{S}_t(u)$ égales respectivement à $e(u)$ et à $s(u)$, à l'intérieur de l'intervalle $(t - \mathrm{T}, t)$ et nulles en dehors. Les coefficients des développements ainsi obtenus peuvent être considérés comme les composantes, dans un espace de Hilbert [3], de vecteurs $\overrightarrow{\mathrm{OE}}$ et $\overrightarrow{\mathrm{OS}}$, fonctions de $t$. La relation (1) s'écrit alors

$$(2)\qquad \mathrm{F}_t[\overrightarrow{\mathrm{SE}}] = \mathrm{M}_t[\overrightarrow{\mathrm{OS}}]$$

où $\mathrm{F}_t$ et $\mathrm{M}_t$ sont deux opérateurs dépendant de $t$ et agissant sur les vecteurs $\overrightarrow{\mathrm{SE}}$ et $\overrightarrow{\mathrm{OS}}$. Le dispositif régulateur aura atteint son objectif si la différence entre $\mathrm{E}_t(u)$ et $\mathrm{S}_t(u)$ converge en moyenne vers zéro quand $t$ tend vers l'infini. Cette circonstance correspond, dans l'espace de Hilbert, à la convergence vers zéro de la distance des deux points S et E. Ainsi, avec ce mode de représentation, le comportement du système régulateur se traduit par la « poursuite » du point E, représentatif du but à atteindre, par le point S, représentatif du résultat obtenu à l'instant $t$. De façon plus suggestive, on peut dire que le point S, dont les propriétés de « résistance » au mouvement à imposer sont symbolisées par l'opérateur $\mathrm{M}_t$ est « attiré » vers E selon une loi exprimée par l'opérateur $\mathrm{F}_t$. A chaque instant la longueur du vecteur $\overrightarrow{\mathrm{SE}}$ mesure l'écart entre le résultat obtenu et le but à atteindre.

---

(2) Les polynomes de Laguerre semblent indiqués ici, voir : NORBERT WIENER, *Extrapolation, interpolation and smoothing of stationary time series*, p. 35.

(3) Nous avions développé un point de vue de ce genre dans « *Espace de Hilbert régimes périodiques* » (*Congrès d'électronique et de radioélectricité*, janvier 1950).

L'introduction de « bruit » perturbateur se traduirait, dans l'espace de Hilbert, par une imprécision sur la position des points E et S.

Le cas de plusieurs grandeurs de « sortie » conduirait à envisager la « poursuite » de points E par des points S.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Les méthodes de la seconde quantification et de l'espace de configuration en théorie relativiste des systèmes de particules. II. Bosons de spin zéro sans interaction.* Note (*) de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous réexaminons ici, du point de vue du formalisme relativiste covariant de la théorie quantique des champs, la question du passage de la méthode de la seconde quantification à celle de l'espace de configuration dans le cas de particules de spin zéro sans interaction, en suivant les mêmes lignes que celles brièvement indiquées dans notre précédente Note (1). Nous nous limitons au cas du champ neutre, l'extension au champ chargé étant très directe.

L'étude de l'aspect particulaire de la théorie du champ quantifié dans l'espace des moments montre que l'opérateur invariant du nombre de particules s'écrit dans l'espace des coordonnées

$$N = i\int_\sigma \left\{ \frac{\partial \Phi^{(-)}(x)}{\partial x_\lambda} \Phi^{(+)}(x) - \Phi^{(-)}(x)\frac{\partial \Phi^{(+)}(x)}{\partial x_\lambda} \right\} d\sigma_\lambda.$$

Les opérateurs $\Phi^{(+)}$ et $\Phi^{(-)}$ correspondent respectivement aux parties à énergies positives et négatives de l'opérateur réel de champ $\Phi$ (2). Ils obéissent aux équations

$$(\square - \mu^2)\Phi^{(+)}(x) = (\square - \mu^2)\Phi^{(-)}(x) = 0,$$

et satisfont les relations de commutation

$$[\Phi^{(\pm)}(x), \Phi^{(\mp)}(x')] = i\Delta^{(\mp)}(x - x'); \qquad [\Phi^{(\pm)}(x), \Phi^{(\pm)}(x')] = 0.$$

On déduit alors que

$$[N, \Phi^{(+)}(x)] = -\Phi^{(+)}(x); \qquad [N, \Phi^{(-)}(x)] = \Phi^{(-)}(x).$$

Il est alors aisé de prouver que : 1° si $\chi_n$ est un vecteur propre de N correspondant à la valeur propre $n$, $\Phi^{(+)}\chi_n$ est aussi vecteur propre pour la valeur propre $n-1$; de même pour $\Phi^{(-)}\chi_n$ qui correspond à la valeur propre $n+1$; 2° les valeurs propres de N sont entières positives ou nulles; 3° le vecteur propre $\chi_0$ correspondant à la valeur propre zéro de N satisfait à $\Phi^{(+)}\chi_0 = 0$.

(*) Séance du 19 mars 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1183.

(2) J. Schwinger, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 651.

On construit alors une représentation dans laquelle N est diagonal en définissant les éléments de base ([3])

$$\chi(x_1, \ldots, x_n) = (n!)^{-\frac{1}{2}} \Phi^-(x_1)\ldots\Phi^-(x_n)\chi_0.$$

Si $\chi_0$ est normalisé à 1 on a pour la norme de $\chi$

$$[\chi(y_1, \ldots, y_n), \chi(x_1, \ldots, x_n)] = \frac{(i)^n}{n!} \sum_{P} \Delta^+(y_1 - x_\alpha)\ldots\Delta^+(y_n - x_\xi),$$

où $\alpha \ldots \xi$ est une permutation des entiers 1, 2, ..., $n$, et la somme est étendue à toutes les permutations. On a aussi

$$\Phi^-(x_r)\chi(x_1, \ldots, x_n) = (n+1)^{\frac{1}{2}}\chi(x_r, x_1, \ldots, x_n),$$

$$\Phi^+(x_r)\chi(x_1, \ldots, x_n) = in^{-\frac{1}{2}} \sum_{j=1}^{n} \Delta^+(x_r - x_j)\chi(x_1, \ldots, x_{j-1}, x_{j+1}, \ldots, x_n).$$

Le vecteur le plus général de cet espace d'Hilbert peut être alors défini comme fonctionnelle d'une surface $\sigma$ du genre espace

$$\Psi[\sigma] = f_0\chi_0 + i\int_\sigma \left[\frac{\partial \chi(x_1)}{\partial x_{\lambda_1}} f(x_1) - \chi(x_1)\frac{\partial f(x_1)}{\partial x_{\lambda_1}}\right] d\sigma_{\lambda_1}$$

$$+ (i)^n \int_\sigma \cdots \int_\sigma \sum_{k=0}^{n} \sum_{c} (-1)^k \partial^{n-k}_{c_n^{n-k}} \chi(x_1, \ldots, x_n)\, \partial^k_{c_n^k} f(x_1, \ldots, x_n)\, d\sigma_{\lambda_1} \ldots d\sigma_{\lambda_n},$$

où $\partial^j_{c_n^j} = (\partial^j / \partial x_{\lambda_\alpha} \ldots \partial x_{\lambda_\xi})(\alpha, \ldots, \xi)$ étant une combinaison $j$ à $j$ des entiers 1, ..., $n$, et la somme est étendue à toute les combinaisons. Les coefficients $f(x_1, \ldots, x_n)$ sont les fonctions d'ondes de l'espace de configuration qui sont des fonctions complexes, correspondant aux parties à énergies positives des fonctions réelles. Cette dernière particularité n'implique pas la possibilité d'associer une charge aux particules ainsi décrites ([4]).

La norme de $\Psi(\sigma)$ est

$$(\Psi[\sigma], \Psi[\sigma]) = |f_0|^2 + i\int_\sigma \left[\frac{\partial f^*(x_1)}{\partial x_{\lambda_1}} f(x_1) - f^*(x_1)\frac{\partial f(x_1)}{\partial x_{\lambda_1}}\right] d\sigma_{\lambda_1} + \ldots$$

$$+ (i)^n \int_\sigma \cdots \int_\sigma \sum_{k=0}^{n} \sum_{c} (-1)^k \partial^{n-k}_{c_n^{n-k}} f^*(x_1, \ldots, x_n)\, \partial^k_{c_n^k} f(x_1, \ldots, x_2)\, d\sigma_{\lambda_1} d\sigma_{\lambda_2},$$

En l'absence d'interaction $\Psi(\sigma)$ est indépendant de $\sigma$. On en déduit que l'évolution du système de $n$ bosons est décrite par le système d'équations

$$(\Box_j - \mu^2) f(x_1, \ldots, x_j, \ldots, x_n) = 0 \quad (j = 1, \ldots, n),$$

où $x_1, \ldots, x_n$, sont sur une surface du genre espace $\sigma$.

---

([3]) R. Becker et C. Leibfried, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 34.

([4]) Résultat aussi obtenu par J. Leite Lopes (non publié).

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Contribution à l'étude graphique des régimes thermiques variables.* Note de M. **Jean Jacq**, présentée par M. Georges Darrieus.

La méthode d'intégration graphique de Binder et Schmidt pour le calcul des régimes thermiques variables est étendue aux cas, qui se présentent le plus souvent en pratique, où la véritable donnée est le débit de la source calorifique, dépendant ou non de la température intérieure.

On connaît la méthode d'intégration graphique de Binder et Schmidt, qui permet de tracer les isochrones de températures et de figurer les densités de flux calorifiques dans les parois (simples ou composées) d'une enceinte, l'évolution des températures intérieures étant connue.

Mais lorsqu'on étudie le chauffage d'un bâtiment ou d'un four, *la loi d'évolution des températures intérieures* $T_i(t)$ *de l'enceinte se trouve malheureusement être l'inconnue principale* : les caractéristiques de la source calorifique et les caractéristiques thermiques des parois composant l'enceinte constituent les seules données.

Nous avons cherché à fonder sur l'élargissement de la méthode de Binder et Schmidt, le principe de constructions graphiques simples et rapides, *immédiatement applicables dans tous les bureaux d'études,* en vue de résoudre, dans les conditions mêmes où ils se posent en pratique, les deux problèmes fondamentaux suivants :

1° Déterminer les caractéristiques de la source nécessaire pour élever les locaux à une température donnée, en un temps donné, ou inversement évaluer le temps nécessaire à la mise en température par un flux dépendant ou non de $T_i(t)$ et pouvant être donné par un *émetteur à température constante ou variable dans le temps*; 2° Prévoir la courbe de refroidissement d'un local après l'arrêt du chauffage.

*Principe général de la nouvelle méthode graphique.* — Considérons d'abord une enceinte constituée de parois extérieures offrant toutes des caractéristiques thermiques identiques (sans parois intérieures). Tous les flux calorifiques seront ramenés à $1^{m^2}$ de paroi extérieure opaque.

Soient : $\varphi(t)$ le flux émis par la source. Il peut être constant ou variable dans le temps. *Envisageons d'emblée le cas où* $\varphi(t)$ *est lié à la température intérieure* $T_i(t)$ *de l'enceinte (variable) et à la température moyenne du fluide d'un radiateur* $T_R(t)$ *(variable ou constante dans le temps)*; $S_R$ et $K_R$ la surface et le coefficient de transmission global entre le fluide chauffant du radiateur et le local pour $1^{m^2}$ de paroi extérieure opaque; $S_V$ et $K_V$ la surface des vitrages et leur coefficient de transmission global pour $1^{m^2}$ de paroi extérieure opaque; $V_a c_a$ la capacité calorifique de l'air renouvelé par mètre carré de paroi opaque; $\lambda$ le coefficient de conductibilité thermique de la paroi;

$h_i$ et $h_e$ les coefficients de convection rayonnement intérieur et extérieur; $T_e(t)$ la température extérieure équivalente constante ou variable dans le temps; $T_i(t)$ la température intérieure instantanée au centre de l'enceinte, fixe ou variable avec le temps; T la température dans une paroi extérieure à la profondeur $x$; $T_p(t)$ la température de la face interne d'une paroi extérieure.

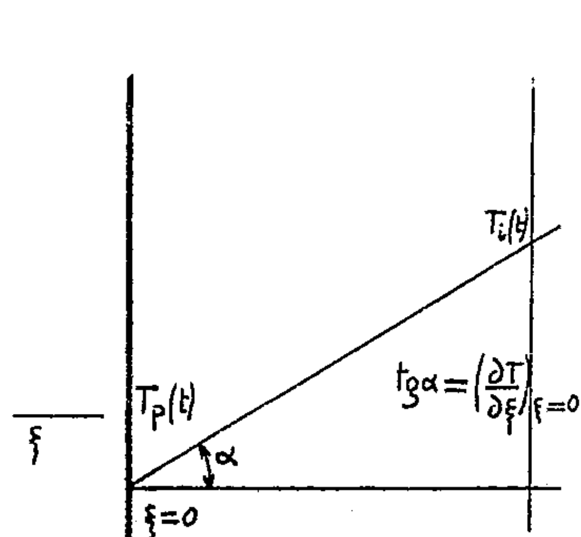



Fig. 1.

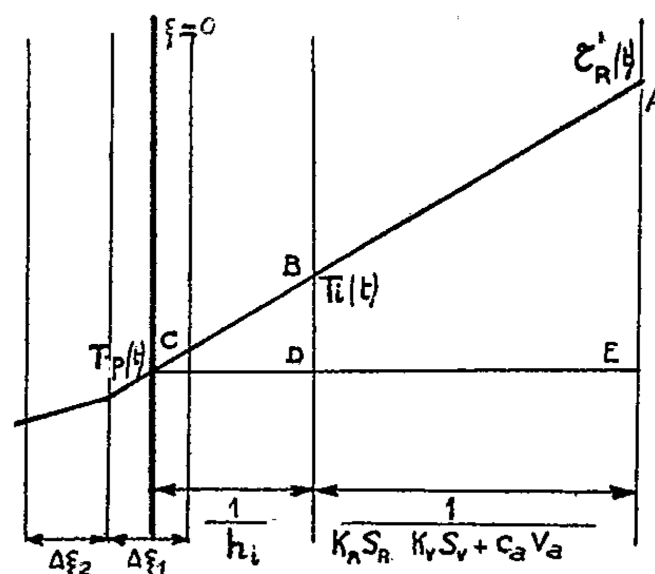



Fig. 2.

Le bilan calorifique instantané rapporté à 1$^{m^2}$ de paroi extérieure opaque s'exprimera par

$$(1)\quad \varphi(t) = K_R S_R[T_R(t) - T_i(t)] = [K_V S_V + c_a V_a][T_i(t) - T_e(t)] + h_i[T_i(t) - T_p(t)].$$

D'où

$$(1')\qquad h_i[T_i(t) - T_p(t)] = \varphi(t) - [K_V S_V + c_a V_a][T_i(t) - T_e(t)].$$

Or à la limite interne d'un mur extérieur d'épaisseur réduite $\xi = x/\lambda$ on a (*fig.* 1)

$$[T_i(t) - T_p(t)]\,h_i = -\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0}.$$

En posant :

$$\tau_R(t) = \frac{T_R K_R S_R}{K_R S_R + K_V S_V + c_a V_a},\qquad T'_e(t) = \frac{T_e(K_V S_V + c_a V_a)}{K_R S_R + K_V S_V + c_a V_a},\qquad \tau'_R(t) = \tau_R(t) + T'_e(t).$$

Il vient alors :

$$(2)\quad \boxed{-\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0} = \frac{T_i(t) - T_p(t)}{\dfrac{1}{h_i}} = \frac{\tau'_R(t) - T_i(t)}{\dfrac{1}{K_R S_R + K_V S_V + c_a V_a}} = \frac{\tau'_R(t) - T_p(t)}{\dfrac{1}{h_i} + \dfrac{1}{K_R S_R + K_V S_V + c_a V_a}}.}$$

En vertu de (2), les points C B A sont alignés. D'où la solution graphique (*fig.* 2).

A des instants successifs, décalés de $\Delta t$, on porte sur l'axe vertical d'abscisse $(1/h_i) + 1/(K_V S_V + C_a V_a + K_R S_R)$ le vecteur $EA = \tau'_R(t)$ lié comme on l'a vu à l'intensité de la source calorifique.

On joint A à C d'ordonnée $T_p(t)$ (sur le plan médian de la première tranche $\Delta\xi_1$ du mur). En B sur le plan d'abscisse $1/h_i$ on lit $T_i(t)$ à l'instant considéré; ce qui revient à l'épure de Binder et Schmidt, avec le pôle auxiliaire A substitué au pôle B; la construction proposée permet de lire $T_i(t)$ en B, au lieu de se le fixer *a priori*, sans perdre pour autant, l'avantage de fixer en même temps les isochrones de températures et les densités de flux dans les murs.

On traiterait de façon analogue le cas d'un chauffage par air chaud, et plus simplement encore, les cas où le flux émis est indépendant de $T_i(t)$.

Cette nouvelle méthode graphique permet de considérer la nature des différentes parois d'un local avec *leurs conditions limites propres*, et l'inertie thermique des masses diverses contenues dans l'enceinte.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *La propagation d'ondes électromagnétiques dans des couches de faible hétérogénéité.* Note (*) de M. **Gottfried Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit une couche de constante diélectrique $\varepsilon = \varepsilon_1 + \bar{\varepsilon}(z)$ placée entre deux milieux homogènes ayant respectivement pour constantes diélectriques $\varepsilon_1$ pour $z < 0$ et $\varepsilon_2$ pour $z > h$. L'hétérogénéité est donnée pour $0 < z < h$ par $\bar{\varepsilon}(z)$, où $[\bar{\varepsilon}(z)/\varepsilon_{1,2}] \ll 1$. On veut étudier la propagation d'une onde électromagnétique plane qui traverse cette couche et l'on suppose que pour $z < 0$, on a seulement une onde qui se propage dans la direction des $z$ négatifs. De cette façon, il existe, pour $z > 0$, une onde incidente et une onde réfléchie à cause de l'hétérogénéité. A l'aide d'une méthode proposée par Schelkunoff ([1]), on trouve

$$(1) \qquad E(z) = e^{j\omega z\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}} = E_0(z) \qquad (z < 0),$$

où $e^{+j\omega t}$ est la fonction du temps et $\varepsilon_0$ et $\mu_0$ sont respectivement la constante diélectrique et la perméabilité du vide. Dans la couche $0 < z < h$, le champ est décrit par l'équation intégrale

$$(2) \qquad E(z) = e^{j\omega z\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}} - \omega\sqrt{\frac{\mu_0\mu}{\varepsilon_0\varepsilon_1}}\int_0^z E(\zeta)\,\varepsilon_0\,\bar{\varepsilon}(\zeta)\sin\left[\omega\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}\,(z-\zeta)\right]d\zeta$$

que l'on peut résoudre par approximations successives. Comme on a supposé $\bar{\varepsilon}(\zeta)$ très petit, la solution est donnée par la première approximation

$$(3) \qquad E(z) = e^{j\omega z\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}} - \omega\sqrt{\frac{\mu_0\mu}{\varepsilon_0\varepsilon_1}}\int_0^z \varepsilon_0\,\bar{\varepsilon}(\zeta)\,e^{j\omega\zeta\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}\sin\left[\omega\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}\,(z-\zeta)\right]d\zeta,$$

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) *Quarterly Journal of Applied Mathematics*, 3, 1948, p. 348-355; R. Piloty, *Zeitschrift fur angewandte Physik*, 1, 1949, p. 490-502.

formule dont l'évaluation est triviale quand on détermine $\bar{\varepsilon}(\zeta)$ de façon approchée par des fonctions appropriées (polynomes du deuxième degré dans des sous-intervalles de o, $z$). A l'entrée de la couche $z=h$, le facteur de réflexion est donné par

$$(4)\qquad r(\omega, h)=\frac{\left(\begin{array}{l}\left(1-\frac{K_2}{K_1}\right)+j\omega(K_1-K_2)\int_0^h\frac{\varepsilon_0\bar{\varepsilon}(\zeta)}{2}\,d\zeta-j\omega(K_1+K_2)\\ \quad\times e^{-2j\omega\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}\,h}\int_0^h\frac{\varepsilon_0\bar{\varepsilon}(\zeta)}{2}\,e^{2j\omega\zeta\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}\,d\zeta\end{array}\right)}{\left(\begin{array}{l}\left(1+\frac{K_2}{K_1}\right)+j\omega(K_2+K_1)\int_0^h\frac{\varepsilon_0\bar{\varepsilon}(\zeta)}{2}\,d\zeta-j\omega(K_1-K_2)\\ \quad\times e^{-2j\omega\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}\,h}\int_0^h\frac{\varepsilon_0\bar{\varepsilon}(\zeta)}{2}\,e^{2j\omega\zeta\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}\,d\zeta\end{array}\right)}$$

où

$$K_{1,2}=\sqrt{\frac{\mu_0\mu}{\varepsilon_0\varepsilon_{1,2}}}.$$

Cette formule ne contient que des grandeurs faciles à obtenir.

En multipliant par $(1/2\pi)\,S(\omega)\,e^{j\omega t}$ [$S(\omega)=$ spectre d'une impulsion] et en intégrant de $-\infty$ à $+\infty$, on trouve facilement la déformation et la réflexion des impulsions, il faut faire attention que $S(\omega)$ ne diffère de zéro de façon appréciable que dans une bande relativement étroite. Cette restriction est imposée par le fait qu'on a pris la première approximation comme solution. L'impulsion réfléchie a par suite la forme

$$(5)\qquad \mathcal{F}_r(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}S(\omega)\,r(\omega)\,e^{j\omega t}\,d\omega,$$

où $r(\omega)$ est donné par l'équation (4).

Si l'on prend l'équation (3), qui n'est valable que pour une fréquence, comme équation intégrale pour $\bar{\varepsilon}(\zeta)$; on voit immédiatement qu'on ne peut déterminer $\bar{\varepsilon}$ que si l'on connaît $E(\zeta)$. Quand $\bar{\varepsilon}(\zeta)$ est petit, on peut remplacer $E(\zeta)$ sous le signe intégrale par $e^{j\omega\zeta\sqrt{\varepsilon_0\mu_0\varepsilon_1\mu}}$ et cette condition est remplie. Posons maintenant dans l'équation (3) $z=h$ (c'est-à-dire considérons l'entrée de la couche), faisons passer $e^{j\omega z\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}$ dans le membre de gauche, multiplions de nouveau par $[S(\omega)/2\pi]\,e^{j\omega t}$ et intégrons de $-\infty$ à $+\infty$ par rapport à $\omega$. On obtient alors après inversion de l'ordre l'intégration dans le membre de droite, une équation intégrale de la première espèce pour $\bar{\varepsilon}(\zeta)$ :

$$(6)\qquad \mathcal{F}(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}S(\omega)\left[E(\omega, h)-e^{j\omega h\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}\right]e^{j\omega t}\,d\omega=\sqrt{\frac{\mu_0\mu}{\varepsilon_0\varepsilon_1}}\int_0^h\varepsilon_0\bar{\varepsilon}(\zeta)\,\Phi(\zeta, t)\,d\zeta,$$

où

$$(7)\qquad \Phi(\zeta, t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\omega\,S(\omega)\,e^{j\omega\zeta\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}\sin\left[\omega\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}\,(h-\zeta)\right]e^{j\omega t}\,d\omega,$$

que l'on peut résoudre facilement en choisissant $S(\omega)$, c'est-à-dire la forme de l'impulsion, de façon convenable. Il semble toutefois impossible d'en tirer une méthode pratique de détermination de $\bar{\varepsilon}(\xi)$, à partir de réflexions et de déformations d'impulsions : dans le membre de gauche, on a $E(\omega, h) - e^{j\omega h\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_1\mu_0\mu}}$ qui est la différence entre l'impulsion résultante et la forme de l'impulsion qui existerait si $\bar{\varepsilon}(\xi) \equiv 0$, donc la différence entre deux grandeurs à peu près égales qui est très difficile à déterminer expérimentalement. Il semble donc que la structure fine d'une impulsion et de son écho ne permette pas de conclure à la structure fine de la répartition de $\bar{\varepsilon}(\xi)$, quoique des hétérogénéités relativement plus grandes puissent être localisées sur un tel oscillogramme.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Modification des caractéristiques courant-tension d'une cellule à gaz à cathode plane sous l'action d'un champ magnétique perpendiculaire à la cathode.* Note (*) de M. **Raymond Birebent**, transmise par M. Charles Camichel.

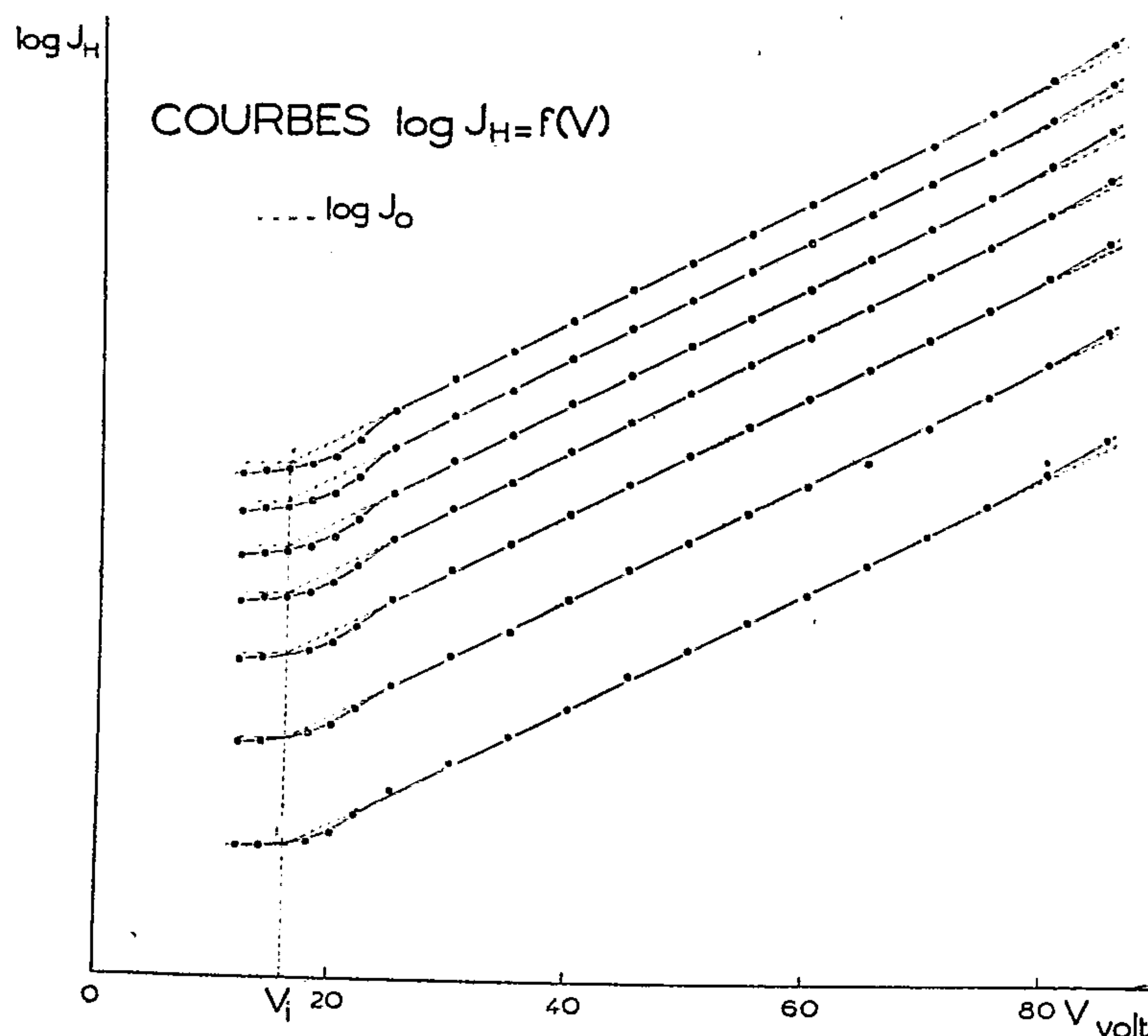
Un champ magnétique perpendiculaire à la cathode empêche la diffusion transversale des électrons et des ions vers les parois, ce qui accroît le courant. Les caractéristiques courant-tension sont alors une fonction exponentielle de V faisant apparaître le potentiel d'ionisation du gaz de remplissage.

Une cellule à gaz au césium sur argent type C. M. G. 6 (Géco), dont l'anode est un grillage cylindrique et la cathode une plaque rectangulaire placée suivant un plan diamétral, est soumise à un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan de la cathode. Le courant débité, à tension et éclairement constants, croît d'abord avec l'intensité du champ, puis atteint une valeur constante. L'intensité du champ nécessaire pour obtenir ce courant maximum augmente avec la tension. Pratiquement, il suffit d'un champ de 250 Oe pour les tensions qu'on peut normalement appliquer à une cellule à gaz; pour 90 V, le gain de courant ainsi réalisé peut atteindre 60 %.

Nous avons déterminé pour différents éclairements les caractéristiques $J_H(V)$, courant-tension, avec un champ magnétique de 250 Oe. Initialement au-dessous des caractéristiques J (V) sans champ correspondantes, elles se situent au-dessus de celles-ci dès que l'ionisation devient sensible et s'en écartent de plus en plus lorsque V croît. Tracées en coordonnées semi-logarithmiques elles présentent, dans un intervalle étendu de tension, une partie rectiligne qui se déplace parallèlement à elle-même lorsque l'éclairement varie (*fig.* 1). Toutefois, avec la cellule étudiée, cette partie rectiligne n'apparaît nettement que si l'on n'éclaire qu'une bande étroite de la cathode, parallèle à l'axe de révolution de l'anode. On constate

(*) Séance du 19 mars 1951.

alors que la pente des droites $\mathrm{Log}\, J_{H} = f(V)$ dépend de la position de la bande éclairée. Elle diminue quand on va du milieu vers le bord, déplacement qui, sur cette cellule, entraîne une diminution de la distance de la zone émissive à l'anode et une modification importante de la topographie du champ électrique à son voisinage.




Si l'on prolonge ces droites du côté des basses tensions, il apparaît que, sur chacune d'elles, le point d'ordonnée $\mathrm{Log}\, J_0$, $J_0$ étant le courant photoélectrique primaire, a très sensiblement pour abscisse $V = 16\,V$, valeur suffisamment voisine du potentiel d'ionisation de l'argon qui remplit la cellule ($V_i = 15{,}7\,V$) pour qu'on puisse admettre qu'elles ont pour équation

$$\mathrm{Log} J_{H} = a(V - V_i) + \mathrm{Log} J_0,$$

d'où, pour la caractéristique $J_H(V)$, l'équation

$$J_H = J_0\, e^{a(V - V_i)},$$

valable jusqu'à 70 V environ, Au delà la variation de $J_H$ avec V est plus rapide, ce qui doit correspondre au deuxième stade de la décharge semi-autonome de Townsend, celui où se manifeste l'action des ions positifs.

L'expérience montre encore que, dans les limites de validité de la relation précédente, la variation en fonction de V du rapport des courants

avec et sans champ magnétique est représentée par la droite

$$\frac{J_H}{J} = b(V - V_i) + 1,$$

où $b$ est une fonction croissante de $J_0$. Sa détermination, que nous nous proposons d'effectuer, permettrait ainsi d'établir l'équation de la caractéristique J (V).

L'allure de la variation du courant ainsi que l'observation des modifications de l'espace occupé par la luminescence du gaz, nous conduisent à attribuer cette action du champ à la suppression des recombinaisons sur les parois et nous pensons qu'il serait possible d'en déduire une nouvelle méthode pour la détermination des potentiels d'ionisation.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Champ magnétique subi par un ion dans une solution aqueuse de sels ferreux ou cobalteux.* Note (*) de M. **Yves Ayant**, présentée par M. Jean Cabannes.

A partir des propriétés paramagnétiques des solutions des sels ferreux et cobalteux, on calcule le champ magnétique subi par un ion plongé dans une telle solution, soumise à un champ magnétique extérieur. On constate un accord satisfaisant avec les valeurs déduites du déplacement de la fréquence de résonance magnétique observée dans ces solutions.

1. *Expression du champ microscopique subi par un ion.* — Reprenant les notations de notre précédente Note ([1]), nous avons autour de l'ion étudié placé en O une polarisation magnétique M donnée par

$$M = \frac{H_0\beta^2}{3kT}\mu_{\text{eff}}^2 N(r) + \frac{H_0\beta^2}{3kT}\frac{2}{3}(\mu_1^2 - \mu_2^2)P_2(\cos\theta)N(r).$$

Nous évaluons le champ produit par M en O; le premier terme étant isotrope correspond au terme classique de la formule de Clausius-Mossotti; dans le cas d'un échantillon ayant la forme d'un cylindre transversalement placé par rapport à $\vec{H}_0$, le premier terme conduit au champ $\vec{H}'$

$$\vec{H}' = -\frac{2\pi}{3}\chi\vec{H}_0.$$

Pour évaluer le champ $H''$ produit par le terme en $P_2(\cos\theta)$, nous admettons que celui-ci n'est efficace qu'entre des limites $r_0$ et $r_1$; nous utiliserons l'artifice des distributions de masses magnétiques équivalentes. On trouve les termes suivants :

(*) Séance du 12 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1203.

1° *Terme de surface :*

$$H''_{(1)} = \frac{4\pi}{3}\frac{\mu_0\beta^2}{3kT}(\mu_1^2-\mu_2^2)[F(r_0)-N(r_1)]\int d\theta \sin\theta\cos^2\theta\, P_2(\cos\theta).$$

2° *Terme de volume :* on a ici la distribution de masses

$$-\operatorname{div}\vec{M} = -\frac{2}{3}\frac{\mu_0\beta^2}{3kT}(\mu_1^2-\mu_2^2)\left[6\frac{N}{r}\sin^2\theta\cos\theta+\frac{dN}{dr}\cos\theta\, P_2(\cos\theta)\right].$$

D'où le champ

$$\begin{aligned} H''_2 &= \iint 2\pi\sin\theta\cos\theta\, d\theta\, dr\, \operatorname{div}\vec{M} \\ &= \frac{4\pi}{3}\frac{\mu_0\beta^2}{3kT}(\mu_1^2-\mu_2^2)[N(r)]_{r_0}^{r_1}\int d\theta\sin\theta\cos^2\theta\, P_2(\cos\theta) \\ &\quad + \frac{4\pi}{3}\frac{\mu_0\beta^2}{3kT}6(\mu_1^2-\mu_2^2)\int_{r_0}^{r_1}\frac{N}{r}\,dr\int d\theta\sin^3\theta\cos^2\theta, \end{aligned}$$

ce qui donne au total

$$H'' = \frac{16\pi}{15}\frac{\mu_0\beta^2}{3kT}(\mu_1^2-\mu_2^2)\int_{r_0}^{r_1}\frac{N}{r}\,dr,$$

d'où la valeur du rapport $\rho$ défini dans notre précédent article ([3]).

$$\rho = \frac{H''}{H'_1} = \frac{24}{5}\frac{L^2}{4S(S+1)+L^2}\int_{r_0}^{r_1}\frac{N}{N_0}\frac{dr}{r},$$

$N_0$ étant la concentration microscopique de la solution; et nous avions pris en première approximation

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{zz'e^2}{\varepsilon kT}\frac{1}{r}}.$$

3. *Signification et évaluation des rayons $r_0$ et $r_1$.* — *a.* On considère que $r_0$ représente la plus courte distance possible entre les deux ions, c'est-à-dire la somme des rayons ioniques. L'électrochimie livre des rayons apparents (rayons d'hydratation) d'après les conductibilités ([2]), à savoir :

$$F^-:\ r^* = 1{,}6\ \text{Å},\qquad Fe^{++}:\ r^* = 3{,}3\ \text{Å}.$$

Pour ces deux ions, nous trouvons donc $r^*_{F^-}+r^*_{Fe^{++}} = 4{,}9\,\text{Å}$ en excellent accord avec la valeur 5,2 Å qui est nécessaire pour rendre compte d'après les formules obtenues au paragraphe 1 du déplacement de la fréquence de résonance de F en présence de $Fe^{++}$ ([3]).

*b.* $r_1$ représentera la distance où le champ électrique dû à l'ion O est égal au champ moyen $E_{aq}$ que subit l'ion paramagnétique de la part des dipôles $H_2O$ environnants. En effet, au delà de cette distance, il n'y a plus de corrélation

([2]) *Handbuch der Physik*, Bd **13**, ch. 13, p. 440-499.

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1094.

entre le blocage et la position de l'ion, M redevient isotrope et ne contribue plus au terme anormal H″ (en réalité il y a diminution continue de cette corrélation quand on éloigne les deux ions, mais l'analyse de cette situation prouve qu'il est suffisant de considérer cette corrélation comme absolue au-dessous de $r_1$ et inexistante au-dessus).

Pour évaluer $r_1$ il faut connaître $E_{aq}$; nous en avons estimé un ordre de grandeur en remarquant que $2e\overrightarrow{E_{aq}}$ est une force aléatoire qui admet une densité spectrale telle que :

$$\overline{(2e\,E_{aq})^2} = \int \mathcal{J}_\nu\, d\nu.$$

Admettons par analogie avec la théorie du mouvement brownien qu'à cette force aléatoire corresponde un coefficient d'amortissement $f_e$.

Alors :

$$\overline{(2e\,E_{aq})^2} = 6 f_e k T \nu_{max},$$

$\nu_{max}^{-1}$ est le temps de corrélation $\tau$ intervenant en théorie du mouvement brownien, défini par la relation

$$\overline{x^2} = \frac{2kT}{f}\tau,$$

où $f$ est le coefficient d'amortissement de la loi de Stokes et $\sqrt{\overline{x^2}}$ est de l'ordre des dimensions des ions ou molécules (disons 1 ou 2 Å). Si l'on admet que les actions électriques jouent un rôle notable dans les forces de viscosité on peut penser que $f_e/f$ est de l'ordre de l'unité et l'on peut achever le calcul qui livre une valeur de l'ordre de 10 Å pour $r_1$. L'incertitude sur $r_1$ ne joue guère dans le cas d'un ion résonant négatif ($F^-$), d'autre part les valeurs expérimentales de H″ dans le cas d'un ion résonnant positif ($Li^+$) sont petites et assez grossières, finalement cet ordre de grandeur convient très bien dans les deux cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du mécanisme des phénomènes d'activité dépolarisante et catalytique des bioxydes de manganèse.* Note de M. **Jean Brenet** et M^lle **Anne-Marie Briot**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude de l'évolution des propriétés dépolarisantes des bioxydes en fonction de certains traitements thermiques opérés sur des bioxydes de manganèse actifs conduit à bien confirmer l'influence d'une phase cristalline nouvelle à côté de la phase pyrolusite. Cette phase paraît bien d'une part conditionner l'état disloqué des cristaux qui semble désirable pour conférer des propriétés dépolarisantes et catalytiques à un bioxyde de manganèse et d'autre part jouer un rôle dans la détermination du potentiel électrochimique de ces composés.

L'un de nous a posé à plusieurs reprises le problème de l'activité dépolarisante des bioxydes de manganèse utilisés dans les couples électro-

chimiques. Il a été démontré (¹) que cette activité correspondait au point de vue cristallographique à une modification profonde des diagrammes de rayons X de ces corps par rapport aux diagrammes de la pyrolusite quadratique qui est pratiquement à peu près inactive. Il y aurait coexistence d'une phase cristalline supplémentaire avec la phase pyrolusite. Les diagrammes de poudre obtenus par diffraction électronique (²) font penser que cette phase préexiste déjà, mais surtout à l'état superficiel, sur les cristaux de pyrolusite inactive et même considérée comme chimiquement pure.

Pour préciser l'évolution de certaines caractéristiques physico-chimiques des bioxydes activés, nous avons provoqué, puis diminué volontairement l'activation. Pour cela, nous sommes partis d'un bioxyde de manganèse chimiquement pur dont le diagramme aux rayons X donnait la structure quadratique. Nous avons ensuite activé ce produit de telle manière qu'aucune impureté ne puisse être introduite. Enfin, nous avons diminué l'activité de ce produit en opérant un séchage à 320°, soit en atmosphère oxygénée, soit en atmosphère azotée. La température a été choisie en raison d'études en cours sur les transformations thermiques des bioxydes de manganèse ou présumés tels. Il semble bien, en effet, d'après nos premiers résultats, que la température de 300-325° correspond à une transformation endothermique d'une phase en une autre sans qu'il y ait réduction du composé à un état d'oxydation inférieure du manganèse.

Pour confirmer l'ensemble des résultats obtenus, nous avons opéré des traitements thermiques analogues sur d'autres produits activés et même sur un produit naturel présentant déjà une activité notable.

Les résultats essentiels obtenus actuellement sont les suivants :

1° Le traitement thermique soit sous l'oxygène, soit sous l'azote a pour effet de réduire de plusieurs centièmes de volt le potentiel électrochimique.

2° L'abaissement du potentiel est toujours nettement plus marqué en opérant sous l'azote. Ceci tendrait à nous faire penser que l'oxygène a pu s'adsorber sur les cristaux principalement pendant le refroidissement du produit.

3° Les possibilités dépolarisantes du composé sont nettement diminuées dans tous les cas, mais en quantité comparable, que l'on ait opéré sous l'oxygène ou sous l'azote. Cette diminution est de 25 à 50 % suivant l'activité du produit initial.

4° Les analyses chimiques des produits traités en atmosphère azotée nous montrent que l'écart à 100 du bilan de l'analyse est nettement

---

(¹) J. Brenet et A. Héraud, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1487.

(²) J. Brenet, H. Forestier et J. Boissier, *Congrès de Microscopie électronique*, Paris, 1950 (sous presse).

diminué, mais reste toujours de l'ordre de 5 à 6 %. En outre, la teneur en oxygène actif vis-à-vis du réducteur employé dans l'analyse est également accrue. Par contre, le bilan du produit traité en atmosphère oxygénée n'a pas sensiblement augmenté, mais la teneur en oxygène actif vis-à-vis du réducteur employé dans l'analyse s'est accrue. Ceci confirme semble-t-il la présence d'oxygène adsorbé.

5° L'état cristallin du composé est amélioré, car les anneaux de diffraction du composé après traitement thermique semblent légèrement plus fins. Une diminution encore accrue du pouvoir dépolarisant permettra de préciser encore davantage ce point. Ces résultats nous conduisent aux conclusions suivantes :

Il y a opposition entre l'accroissement de l'oxygène actif tel qu'il est envisagé dans les dosages chimiques et la diminution du potentiel électrochimique du composé. Ceci confirme bien que l'origine du potentiel électrochimique, toujours assez élevé, observé sur les produits activés, ne peut être rattaché directement au seul composé $MnO_2$. Ce potentiel est surtout en relation avec l'état cristallin, c'est-à-dire avec la présence de la phase supplémentaire mise en évidence par les rayons X. Nous continuons, dans l'état actuel de nos études, à considérer que, par sa formation, cette phase supplémentaire est en grande partie responsable de l'état disloqué des cristaux de pyrolusite ainsi que nous l'avons déjà exprimé par ailleurs [3].

D'ailleurs, cet état disloqué ne peut que favoriser la variation de pression de dissolution des ions Mn dans une solution, donc entraîner la variation du potentiel électrochimique ainsi que modifier l'équilibre entre les états réduit et oxydé des ions dans les cristaux et la solution.

Enfin, en considérant les bilans des analyses, nous sommes également conduits à confirmer notre conception [1] de l'existence d'un composé hydroxylé du manganèse qui serait responsable de la phase supplémentaire. En effet, la diminution de l'écart par rapport à 100 du bilan des analyses lors du traitement sous l'azote nous laisse bien penser au départ d'un élément volatil qui serait de la vapeur d'eau due à la décomposition des composés hydroxylés.

Notons toutefois qu'il ne nous paraît pas que la phase supplémentaire existant dans les bioxydes actifs suffise à elle seule pour conférer une activité à un dépolarisant. Il nous paraît, en effet, souhaitable d'avoir la coexistence de cette phase supplémentaire avec la phase pyrolusite à cristaux disloqués. En outre, cette phase peut avoir une influence importante sur la persistance de l'activité du polarisant dans certaines conditions d'utilisation.

---

[3] J. Brenet, *Comptes rendus* **231**, 1950, p. 543; J. Brenet et A. Héraud, *Revue Générale d'Électricité*, **60**, n° 1, 1951, p. 17.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des variations du potentiel d'oxydo-réduction au cours de la précipitation des hydroxydes ferreux et ferrique*. Note (*) de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étude du potentiel d'oxydoréduction $Fe^{++}/Fe^{+++}$ en fonction du pH. Les pentes de la courbe observée ne sont à aucun moment en accord avec une précipitation à l'état de $Fe(OH)_3$ et de $Fe(OH)_2$. Il y a vraisemblablement d'abord évolution d'un précipité ferrique chargé, puis autooxydation de l'hydroxyde ferreux naissant, enfin équilibre entre le précipité ferreux et le précipité ferrique.

L'étude de la variation du potentiel d'oxydoréduction E d'un système ferreux-ferrique en fonction du pH doit permettre de préciser la composition et l'équilibre des composés intermédiaires se formant dans la précipitation des sels ferreux et des sels ferriques par les bases.

Les mesures sont faites à 20° sous azote, 10 minutes après chaque addition de soude. Elles sont stables et paraissent correspondre à des valeurs d'équilibre.

La courbe de la figure 1, représente les variations de $\mathcal{F}E/2,3RT$ en fonction du pH pour un mélange $FeCl_2$ 0,5 M; $FeCl_3$ 0,5 M. Elle se divise en cinq parties distinctes :

1° Avant toute précipitation (portion AB), le potentiel d'oxydoréduction

$$E = E_0 + 2,3\,\frac{RT}{\mathcal{F}}\log\frac{[Fe^{+++}]}{[Fe^{++}]} \qquad (1)$$

est indépendant du pH et voisin du potentiel normal $E_0$ (1).

La précipitation commençante a lieu vers pH 2,0 valeur un peu supérieure à celle que l'on peut calculer à partir du produit de solubilité :

$$[Fe^{+++}][OH^-]^3 = 4.10^{-38}. \qquad (2)$$

2° Si à partir du point B, l'hydroxyde ferrique précipitait sous forme $Fe(OH)_3$, on devrait avoir, en tenant compte des relations (1) et (2) : $\mathcal{F}E/2,3RT = \text{const.} - 3\,pH$ or, la pente de la droite BC est le double de celle prévue.

Il est donc vraisemblable de penser que le long de BC on a affaire à un processus complexe.

3° Au point C, le pH est de l'ordre de 5,0; on pourrait penser qu'il s'agit de la précipitation commençante de l'hydroxyde ferreux (2). Cependant la droite CD ne représente pas la précipitation simultanée de $Fe(OH)_3$ et $Fe(OH)_2$.

(*) Séance du 26 février 1951.

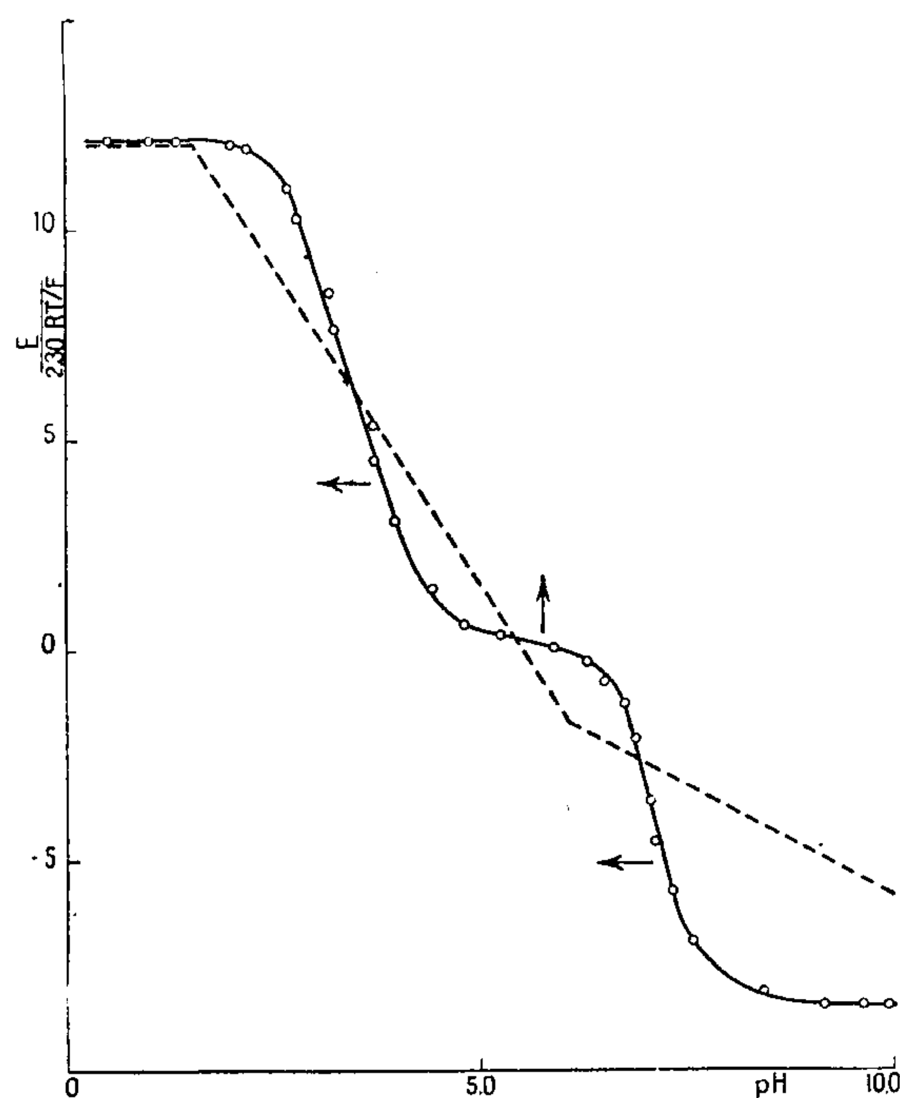
(1) Pour des concentrations égales en $Fe^{+++}$ et $Fe^{++}$ l'activité $[Fe^{+++}]$ doit être un peu inférieure à l'activité $[Fe^{++}]$. Donc $E < E_0$.

(2) Krause, *Z. anorg. Chem.*, 174, 1928, p. 146.

Le produit de solubilité de $Fe(OH)_2$ est

(3) $$[Fe^{++}][OH^{-}]^2 = 1,65.10^{-15}.$$

Les relations (1), (2) et (3) conduisent donc à $\mathcal{F}E/2,3\,RT = \text{const.} - pH$. C'est-à-dire à une droite dont la pente est double de celle observée expérimentalement. Il faut admettre que l'hydroxyde ferreux, extrêmement autooxydable ([3]) se transforme, sous l'influence de traces d'oxygène ([4]), pour donner peut-être un composé ferreux-ferrique.




Précipitation $FeCl_2$ 0,5 M; $FeCl_3$ 0,5 M par KOH 1,0 M.
------- Courbe théorique. ——— Courbe expérimentale.

4° Très rapidement, lorsque le pH augmente, le précipité brunit, puis noircit. Krause d'une part, Baudisch d'autre part, ont montré que l'oxydation de l'hydroxyde ferreux conduit à diverses formes d'oxyde ferrique suivant le pH de la solution. Mais, qu'en milieu alcalin, la réaction est incomplète le rapport $(Fe^{+++})/(Fe^{++})$ étant alors constant. E doit être, dans ces conditions, indépendant du pH. C'est ce que vérifie la portion FG de la courbe.

Si l'on fait varier le temps de contact des réactifs, on obtient des courbes analogues à celles de la figure 1, E et le pH variant tous deux en fonction du

([3]) O. Baudisch et L. A. Welo, *J. Biol. Chem.*, 61, 1924, p. 261; 64, 1925, p. 753.

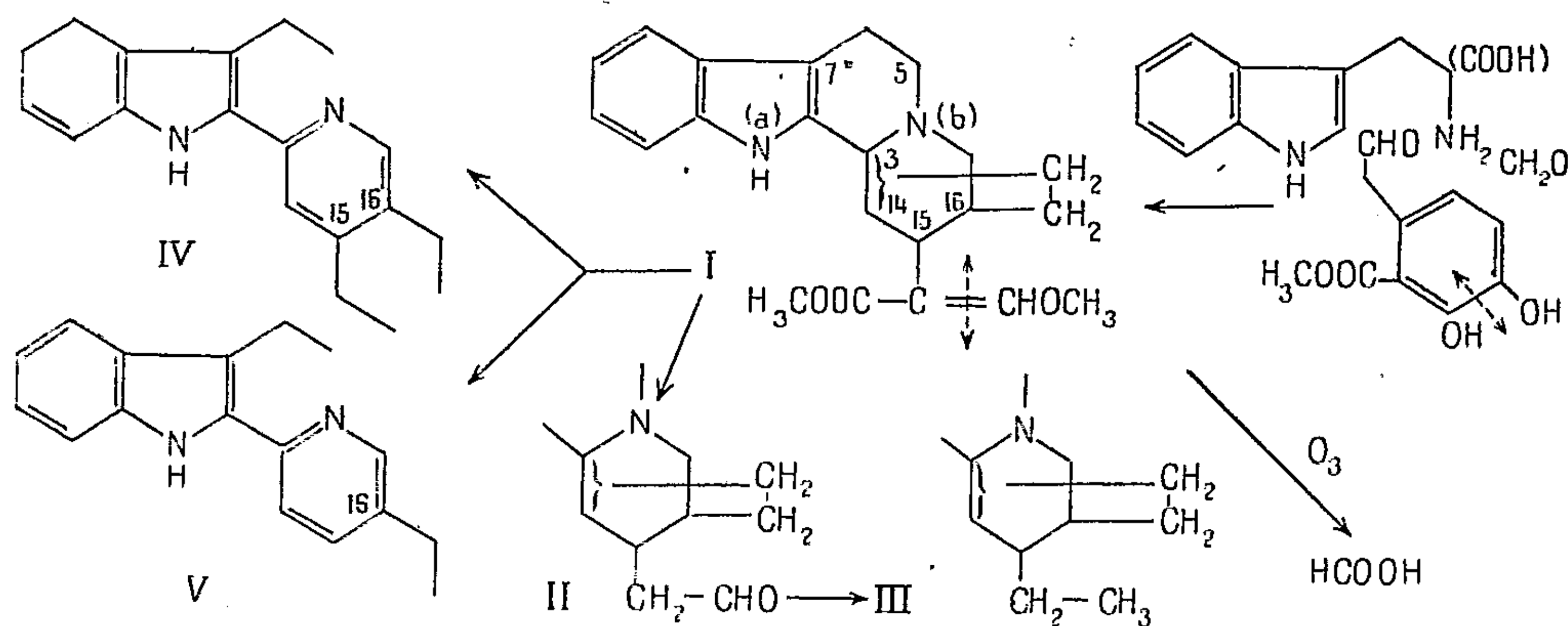
([4]) Traces existant à l'état dissous dans l'eau non bouillie et même renouvelées par le barbotage d'azote dont la purification n'est pas absolue.

temps. Les flèches de la figure 1 indiquent le sens dans lequel la courbe se déforme avec le temps. Les pentes des différentes portions de la courbe restent constantes, c'est-à-dire différentes de celles imposées par une précipitation à l'état de $Fe(OH)_3$ et $Fe(OH)_2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure de la corynanthéine cristallisée.* Note (*) de MM. **Vladô Prelog, Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'élimination successive des groupements oxygénés ([1]) de la corynanthéine cristallisée (I) aboutit au corynanthéane (III) $C_{19}H_{24}N_2$, F 182°, lequel, donnant par deshydrogénation sélénique l'alstyrine (IV) (coryline) ou α-(α-diéthyl-3.4 pyridine) β-éthylindol ([2]), ne saurait être un isomère du yohimbane.

Des trois radicaux $—C_2H_5$ de l'alstyrine, l'un provient de la rupture hétérocyclique C(5)-N(*b*); des deux autres, un second peut dériver d'une rupture C—C et le troisième, préexister dans le corynanthéane. Ce dernier présente un spectre I. R. avec une bande =NH et possède un H mobile (H %, trouvé 0,36; calculé 0,35) ce qui interdit toute liaison supplémentaire à l'atome d'azote N(*a*) indolique.




L'obtention de l'alstyrine également par deshydrogénation sur charbon palladié conformément à la réaction $C_{19}H_{24}N_2 \rightarrow C_{19}H_{22}N_2 + H_2$, ainsi qu'une réaction de Kuhn-Roth positive ($CH_3$ %, trouvé 4,29; calculé 5,29) confirment la présence d'un radical-éthyl dans le corynanthéane, alors qu'il ne peut être décelé dans la corynanthéine (Kuhn-Roth négatif). Cette chaîne carbonée doit être le support des groupements fonctionnels oxygénés de la corynanthéine.

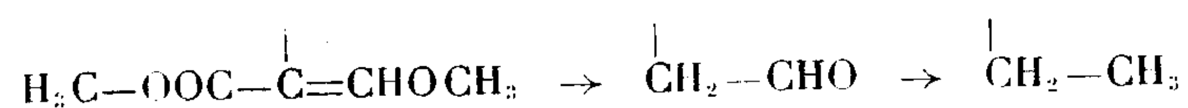
(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 152-154.

([2]) P. Karrer et P. Enslin, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 100.

Le produit précédemment dénommé corynanthéone ([1]) est en réalité un aldéhyde (réaction de Schiff positive), il doit porter le nom de *corynanthéal* (II), $C_{19}H_{22}ON_2$, F 230°, ClH dinitro-2.4 phénylhydrazone F 255° ($C_{25}H_{26}O_4N_6$, ClH, C 57,8; H 5,6; N 16,3; calculé C 58,7; H 5,3; N 16,5).

La corynanthéine possède donc une fonction ester méthylique conjuguée à une fonction éther méthylique d'un alcool vinylique et les transformations suivantes rendent compte de la production du radical-éthyl.



Ceci est confirmé par l'obtention d'acide formique dans les produits d'ozonolyse de la corynanthéine $=C=CHOCH_3 \rightarrow HCOOCH_3$ ($HCOOH$ % trouvé 10,8; calculé 12,5; formiate de *p*.Br—phénacyle, F 142° pas de dépression de la fusion avec le produit synthétique) et aussi par la présence d'une bande C=C dans le spectre I. R. de la corynanthéine, qui disparaît dans les spectres I. R. du corynanthéal et du corynanthéane.

Les groupements fonctionnels sont rattachés aux carbones (15) ou (16), si on les supposait fixés au carbone (7), il en résulterait une conjugaison avec le cycle indolique qui modifierait considérablement le spectre U. V. de la corynanthéine. Nous choisissons le carbone (15), car le second produit de la déshydrogénation sélénique de la corynanthéine ou déséthylcoryline a la formule (V) démontrée par ozonolyse : obtention d'acide éthyl-3 pyridine carboxylique-6, F 98° ($C_8H_9O_2N$, trouvé %, C 63,58; H 6,04; N 9,27, calculé %, C 63,56; H 6,00; N 9,27) dont la décarboxylation donne l'éthyl-3 pyridine (picrate, F 124-125°, pas de dépression avec le produit synthétique; $C_{13}H_{12}O_7N_4$, trouvé %, C 46,47; H 3,55; calculé %, C 46,43; H 3,60). La perte d'un radical $—C_2H_5$ par rapport à l'alstyrine est favorisée par la présence des fonctions oxygénées et de la double liaison.

Le troisième radical $— C_2H_5$ fixé à C (16) doit provenir de la rupture d'une liaison, soit sur le carbone (3), soit sur le carbone (14).

Enfin, du point de vue de la biogénèse, la formule (I) proposée pour la corynanthéine cristallisée, peut dériver d'un précurseur semblable à celui décrit pour les alcaloïdes des Cinchona et des Yohimbé ([3]), formé par condensation du tryptophane, d'un dérivé de la dihydroxyphénylalanine et de l'aldéhyde formique.

*Conclusion.* — La corynanthéine cristallisée peut répondre à la formule (I) proposée qui explique tous les faits jusqu'alors observés et caractérisée principalement par l'enchaînement $H_3COOC—\overset{|}{C}=CHOCH_3$, non encore signalé semble-t-il, dans le règne végétal.

([3]) R. Goutarel, M.-M. Janot, V. Prelog et W. I. Taylor, *Helv. Chim. Acta.*, 33, 1950, p. 150-164.

GÉOLOGIE. — *Écoulement et serrage final des Alpes Occidentales.* Note de M. **Frédéric Hermann**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans des Notes récentes ([1]), j'ai exposé la conception nouvelle d'une structure clastique générale et de l'intervention de l'écoulement dans la formation de l'édifice des Alpes Occidentales.

L'arrière de la future nappe du Saint-Bernard, les dépôts de couverture du socle européen aminci, objet, dès le Houiller, d'alternances complexes d'immersions, d'émersions et d'érosions (irrégularité des sédimentations, souvent sporadiques), poursuivies jusqu'à la fin du Trias, où il semble déjà émergé, était probablement très érodé au moment de subir, très tôt, l'*écoulement de la nappe des schistes lustrés,* qui n'a laissé sous lui aucun résidu plus récent que le Trias.

Cette nappe poussait à son avant un coussinet, la nappe des gypses, développé surtout en Maurienne et Tarentaise, sporadique ailleurs et en arrière, notamment dans les minces résidus de carnieules, gypses, dolomies et calcaires, qui recouvrent, non continus, décollés et transgressifs, le Pli de Valsavaranche, les écailles de Rhêmes et, à l'Est, le lambeau de l'Ergischhorn. Ce dernier semble décollé et charrié sur les trois sous-jacents dès le début de l'écoulement, aucune trace de schistes lustrés n'étant connue au-dessous. Cela indique une avancée sans obstacle et une structure très simple de la partie, minime, érodée à l'avant.

Bientôt brisée en écailles listriques, la nappe vint buter au Tertiaire contre les parties plissées, à mésozoïque complet, de l'avant. Ses écailles arrières, charriées au-dessus, ne purent plus araser que des parties très superficielles du haut des écailles frontales.

A l'arrière, la nappe a recouvert les croupes destinées à former les nappes du Groupe Mont-Rose, les intrusions simiques tendant à prédominer, au cours de l'écoulement et vers son arrière, sur quelques résidus d'argiles.

La nappe s'est écoulée par endroit au delà ou parmi les écailles du front de celle du Saint-Bernard : *a.* au Mont Genèvre et jusqu'au delà de Briançon; *b.* autour du Mont Jovet et des Gypses de la Dent de Villard et de Pralognan-Col des Saulces; *c.* au Col du Palet, ses Gypses atteignant la Plagne de Champagny; *d.* autour du Petit Saint-Bernard, y dépassant même, en grand lambeau, la Nappe du Briançonnais. Pincée plus tard par celle-ci en sous-charriage et charriée sur la Nappe de l'Embrunais, elle porte sur soi, en plus de Roches vertes, les Gneiss de la Pointe Rousse, lambeau arraché à la Nappe de la Dent Blanche.

La nappe s'est écoulée aussi, fort loin, en Valais, dépassant le lambeau de

---

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 642, 859 et 1228.

l'Ergischhorn et les trois sous-jacents, *sur la future Nappe Bérisal-Visperterminen*, puis sur la région où, vers la fin de l'orogénie, se sont déclenchées les *Nappes d'Antigorio et du Monte Leone* ; elle arriva enfin *sur le Lias noir de couverture du Gothard*, non surgi.

Elle portait les *Gneiss du Lebendun*, lambeau frontal arraché à la Nappe de la Dent Blanche, et un cortège d'ophiolites (Bosco, Zeneggen, etc.).

Cette interprétation considère : *a*. que l'éjection par cisaillement, à composante oblique, et le serrage de la matière intermédiaire (Schistes lustrés à intrusions plus rares, à cause de l'écoulement précoce et rapide) y étaient plus intenses qu'à l'Ouest; *b*. que l'axe de l'ellipse du Massif de la Dent-Blanche passe très en avant du bord actuel du Gothard; *c*. que les distances, de Bosco-Gurin ou du Lias du Gothard, à la limite actuelle Sésia-Schistes lustrés sont très inférieures à celles qui en séparent la Becca de Lovégnoz (Val d'Hérens) ou le mont Jovet.

Une hypothèse plus compliquée pourrait supposer les Gneiss Lebendun arrachés du front disparu du Groupe Valaisan du Saint-Bernard, peu apte à les fournir (toujours, toutefois, par les Schistes lustrés, ne pouvant provenir que de *leur* nappe). Des analogies existent entre les roches du Lebendun et celles des lambeaux frontaux de la Dent-Blanche.

Les phases finales du serrage ont déclenché en biseaux le socle bordier européen dénudé, livrant passage à quelques intrusions, faisant avancer les *Nappes-traîneaux du Groupe Mont-Rose* à refouler le matériel entassé à l'avant (Schistes lustrés, Saint-Bernard) et déclencher, par la résistance brusquement surgie, la gerbe d'éclats des Mischabel, le faisceau listrique de Rhêmes, le charriage en retour du Pli de Valsavarenche, etc.

Par effet du serrage plus intense local entre le Gothard et la Ligne du Tonale, en avant des biseaux avortés de la Camughera et de la Bogna (coins locaux exprimés obliquement, tout comme le Mont-Rose, par le cisaillement Est-Ouest), d'un plissement quasi intercutané naquit la *Nappe d'Antigorio* et, au-dessus, recouvrant et pinçant sous soi les Gneiss Lebendun et leur cortège, la *Nappe du Monte-Leone*. Au cours de sa formation, celle-ci a transporté, tourné, gauchi et remanié au-dessus d'elle, jusqu'à s'y coincer au Monte-Leone même et à l'enserrer dans la cuillère du Bortelhorn, la nappe incombante Bérisal-Visperterminen.

L'orogénie des Alpes Occidentales présente une *cause* : l'avancée dinaro-africaine contre le socle européen et une *force motrice*, modeste : l'onde simique surgie entre les deux môles par compensation insuffisante de la striction, onde qui, s'avançant sous le socle européen dut le soulever à contre-pente. Dès lors, le mouvement résulta surtout de la gravité, nourrie par la surcharge de nouvelles unités venant de l'arrière.

Dans une telle structure une « direction des plis » ne peut être que toute locale et particulière à chaque pli pris isolément et est difficile à établir sans

erreur. Il en est de même pour la « montée axiale » et pour la « direction de poussée », celle-ci n'existant, dans l'écoulement, qu'en convergences et divergences, dans le temps et l'espace. Les continuités, structurales ou de faciès, entre éléments tectoniques distincts sont illusoires. Il y a, au plus, des analogies, qui risquent de fourvoyer la recherche ou de la figer en schémas.

Cette conception ne fait appel à aucune hypothèse invérifiable par essence; elle cherche à ne s'appuyer que sur des faits constatables, accessibles tout au moins dans leur effet. Elle est apte d'ailleurs à se modifier selon les résultats des recherches à venir.

GÉOLOGIE. — *Preuves de l'âge crétacé (Maestrichtien-Danien) des marnes dites « suessoniennes » dans les Monts de Téboursouk (Tunisie septentrionale).* Note de M^me **Suzanne Arnould-Saget**, MM. **Jean Bolze** et **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Paul Fallot.

La puissante série crétacée des Monts de Téboursouk se termine par une assise de marnes brunes, noduleuses, à cristaux de gypse. Elles sont encadrées : au-dessous par un complexe de marnes et de calcaires crayeux à Inocérames, appartenant au Sénonien supérieur (Campanien, Maestrichtien *pro parte*); au-dessus par des calcaires à Nummulites représentant l'Éocène moyen (Lutétien et peut-être Yprésien).

D'après les auteurs ayant étudié la région (L. Pervinquière, M. Solignac), on considérait jusqu'à présent que ces marnes brunes devaient représenter le Danien et l'Éocène inférieur : elles portent en effet la notation $e_{IV\text{-}V}$ sur les cartes au 1/200 000.

On admettait ainsi une continuité de sédimentation entre le Secondaire et le Tertiaire et l'on avait attribué au complexe marneux le nom de « suessonien », emprunté à D'Orbigny et pris ici dans un sens large.

Au cours d'une excursion commune (Décembre 1950), près de la Maison cantonnière de l'Oued-Kedim, 25 km à l'Est du Kef, nous avons découvert au sommet du complexe marneux, puissant ici de 110 m, et à une dizaine de mètres seulement au-dessous des calcaires nummulitiques, un gisement fossilifère à riche faune pyriteuse. Nous y avons récolté : des cœlentérés, des gastéropodes, des brachiopodes (en particulier *Terebratulina chrysalis* Schloth. du Maestrichtien), des crinoïdes et deux ammonites (*Parapachydiscus* sp. et une forme *Ptychoceras* du Sénonien supérieur). Bien que cette faune soit encore à l'étude, la présence d'ammonites exclut d'ores et déjà la possibilité d'un âge éocène pour ces marnes.

Dans la même région, près de Gafour, l'un de nous (J. B.) a retrouvé au sommet d'un affleurement marneux identique les mêmes crinoïdes et les mêmes polypiers.

L. Pervinquière ([1]), en Tunisie centrale, et M. Solignac ([2]), en Tunisie septentrionale, avaient d'ailleurs déjà découvert des faunes semblables dans les marnes en question. Mais ils n'en avaient pas tiré les conséquences et attribuaient, malgré tout, la partie supérieure des marnes au Paléocène.

D'autre part, sur ces marnes, reposent en « accordance », mais parfois aussi, localement, en discordance, les calcaires nummulitiques. Ceux-ci débutent, spécialement à l'Oued-Kedim, où ils sont concordants sur le Sénonien supérieur, par des couches détritiques glauconieuses avec nombreux quartz bipyramidés triasiques, remaniés. Tout ceci indique une large transgression et le début d'un nouveau cycle sédimentaire.

L'étude de la microfaune de ces marnes, par M. J. Singal, d'après des prélèvements effectués systématiquement par l'un de nous (J. B.), a révélé que la série marneuse de l'Oued-Kedim, épaisse de 110 m, monte jusqu'au Maestrichtien tout à fait supérieur, et que celle du Kef, puissante de 500 m, présente, au-dessus du Maestrichtien, un « Danien », mais pas encore la microfaune typique du Paléocène. La différence d'épaisseur du complexe marneux, qui peut varier dans la région de 50 à 600 m, doit s'expliquer selon nous de deux façons. D'une part, la série était originellement plus épaisse dans les zones synclinales largement ouvertes (Le Kef, Dj. Goraa), plus réduite, au contraire, dans les zones anticlinales à noyaux diapirs, déjà esquissées probablement au Crétacé. D'autre part, en certains points, une partie des marnes, plus ou moins importante selon les cas, a été enlevée par une érosion antérieure à la transgression de l'Éocène moyen. C'est ainsi que la plus grande partie du Danien n'existe plus à l'Oued Kedim.

Mais de toutes façons, il ne reste point place pour un groupe Éocène inférieur (Montien-Thanétien-Sparnacien), dont on peut admettre la lacune dans la région. Et nous pensons que les couches phosphatées du Kef se présentent comme un faciès marin littoral lié au cycle de l'Éocène moyen : leur âge serait Lutétien inférieur ou Yprésien, mais non Paléocène.

GÉOLOGIE. — *Présence du Viséen dans le bassin houiller de Christian (Maroc Central).* Note (*) de M. **Henri Termier** et Mme **Geneviève Termier**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Pour mieux connaître la structure profonde du bassin houiller de Christian ([1]), ([2]), lequel avait déjà fait l'objet de minutieuses études en surface,

---

([1]) *Étude géologique de la Tunisie centrale, Thèse*, Paris, 1903.

([2]) *Étude géologique de la Tunisie septentrionale, Thèse*, Lyon, 1927.

(*) Séance du 5 mars 1951.

([1]) H. Termier, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° **33**, 1936, p. 604-611.

([2]) P. Pruvost et H. Termier, *Comptes rendus*, **229**, p. 7-9, 4 juillet, 1949.

exécutées par MM. Levy et Tilloy, un sondage a été pratiqué par le Bureau de Recherche et Participations Minières dans la vallée de l'oued Grou, à environ $1^{km}$ au Nord de la faille limite du bassin, au point de coordonnées 407,0-306,6, en une région où les conglomérats rouges, si importants plus au Nord-Ouest, se trouvent presque réduits au minimum. Terminé le 23 février 1949, ce sondage de $423^m$ a recoupé $398^m$ de Westphalien en couches peu inclinées (pendage le plus souvent de 10 à 20°) dont la succession en stampe normale fut établie par M. Fauvelet et qui sont représentées par les facies suivants : grès offrant parfois une stratification entrecroisée, conglomérats, schistes bariolés, schistes verts à traces de plantes, schistes à filets charbonneux de quelques millimètres. Ce Houiller, malheureusement stérile, débute par $1^m$ de conglomérat (à éléments mal calibrés et ciment gréseux rouge), qui repose sur des schistes fins et froissés, presque verticaux, rubéfiés à leur partie supérieure. Mais un peu plus bas, entre 400 et $410^m$, ces schistes qui ont conservé à ce niveau leur couleur noire, renferment *Monograptus uncinatus* Tullb. var. *Taricoi* Gort., indiquant la zone 30 de Miss G. Elles, et *Scyphocrinus* sp. Les couches siluriennes ont été coupées par une faille de tassement, qui a fait descendre *au-dessous d'elle*, un témoin de Carbonifère : à la cote $410^m$,5, des schistes redressés (plongement d'environ 45°) et d'un faciès presque identique à ceux du Gothlandien, ont fourni *Posidonia Becheri* Bronn, *Goniatites subcircularis* Miller, cf. *Poteriocrinus crassus* Miller et cf. *Coleolus namurensis* Demanet, faunule indiquant la zone V 3 c sup. = D 3 — P 2 — III$\gamma$ du Viséen. A la profondeur de $414^m$, on retrouve un banc de conglomérat mal calibré à ciment lie-de-vin et grès grossier rougeâtre : il paraît s'agir là encore du conglomérat de base Westphalien redoublé par une autre petite faille. Ces quelques faits nous paraissent appeler les conclusions suivantes :

1. C'est la première fois que, dans le Maroc Central, le Viséen est signalé sous le Westphalien, mais ce témoin de Dinantien supérieur est très mince et n'infirme nullement une des conclusions paléogéographiques déjà formulées, celle de « l'existence soit d'un haut fond recouvert d'une simple pellicule viséenne enlevée par l'érosion avant le dépôt de la formation de Sidi-Kassem, soit plutôt... d'une île qui ne fut jamais complètement submergée » : « l'île ou haut fond de Christian » [([1]), p. 591].

2. Le Viséen paraît transgressif sur le Gothlandien sans interposition de Dévonien. Or, l'Emsien, d'une part, forme entre Christian et l'Oued Berrouaïn une traînée d'affleurements : Afari Ouled Zit, Hajer Bird, Hemka, Fedden Sma, Aouin el Hamina [([1]), p. 317-321]; d'autre part, il apparaît sur la rive droite de l'Oued Grou, $25^{km}$ au Nord-Est de Christian et $2^{km}$ au Nord du Jebel Berkane en un lieu dit Keber Mejboudine. La lacune de l'Eodévonien sur le trajet du sondage indique que la région a été plissée, puis en partie rabotée par l'érosion tournaisienne avant la transgression

viséenne. Il s'agit de mouvements appartenant au groupe des phases érienne, mésodévonienne et bretonne : l'étude de la région de Benahmed permettra peut-être de résoudre cette question.

3. Sur la verticale considérée, le Viséen n'est représenté que par le sommet de sa troisième zone, celle que F. Demanet [(3), p. 172] range dans les « couches de passage » du Dinantien au Namurien. Ce fait s'accorde parfaitement avec ce que l'on savait déjà : « le Viséen supérieur... correspond au maximum d'ampleur et de netteté de la transgression » carbonifère et il « déborde sur l'île de Christian » laquelle « diminue considérablement de largeur » [(1), p. 593-595, dépl. XI, XII, XIII].

4. Les couches de Silurien et du Viséen sont très redressées tandis que celles du terrain de Sidi Kassem n'offrent qu'un pendage assez faible vers le Sud-Est, ce qui confirme la *discordance* déjà reconnue aux affleurements (1), discordance due à une phase antérieure au Westphalien C (2).

GÉOLOGIE. — *Le sondage de Belleville près de Verdun (Meuse).* Note (*) de M. **Pierre Maubeuge**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Un sondage profond implanté en 1905 près de Verdun, afin de rechercher un éventuel gisement houiller, s'arrêtait à 1000m de profondeur, sans avoir donné les résultats escomptés. La coupe géologique était des plus incertaines, le travail ayant été réalisé au trépan; on ignorait même si la base de la recherche était encore dans le Lias. Toutefois, un carottage sur quelques mètres et des analyses de boues avaient montré une minéralisation au passage présumé du prolongement du Bassin ferrifère lorrain (Aalénien).

Dans le cadre d'une étude du prolongement éventuel du gisement ferrifère lorrain, un nouveau sondage a été réalisé de 1950 à 1951 en un point voisin du premier, à la demande du Service des Mines, par le Groupement auxiliaire de l'Industrie des Mines de Fer.

Battu au trépan jusque 310m de profondeur, le forage a été ensuite carotté jusque sa base, à 704m, où il avait encore un diamètre de 120mm. Les pertes de carottes ont été des plus minimes et une coupe très détaillée des terrains traversés a pu être levée. L'Institut français du Pétrole a suivi les travaux dans un but d'étalonnage des terrains et des essais géophysiques ont été, à plusieurs reprises, réalisés.

Je publierai ultérieurement la coupe détaillée de cette recherche. Mais il m'a paru utile d'en donner dès maintenant une coupe sommaire, vu l'intérêt général des documents recueillis.

(3) *Mém. Mus. Roy. Belgique*, Mém. n° 84, 1938.

(*) Séance du 12 mars 1951.

Ont été traversés : de 0 à 9$^{m}$, alluvions de la Meuse; de 9 à 38$^{m}$, calcaires de l'Argovien; de 55 à 310$^{m}$, « argiles de la Wœvre » (Oxfordien et Callovien indifférenciés); après une surface d'érosion, de 310 à 350$^{m}$,26, « Dalle d'Étain » : calcaire tantôt oolithique, tantôt cristallin, avec passées marneuses; de 350,20 à 398$^{m}$,90, Bathonien marneux à Brachiopodes, avec lits calcaires. A 384$^{m}$,60, conglomérat avec graviers de quartz; de 398,90 à 406$^{m}$,40, Bathonien inférieur? équivalent des « Caillasses à *Anabacia* » : calcaire pisolithique marneux; de 406,40 à 442$^{m}$,20, calcaires oolithiques et cristallins et marne, zone à *Parkinsonia Parkinsoni*, Bajocien supérieur; de 442,20 à 446$^{m}$,40, calcaire cristallin et marne, équivalent du calcaire oolithique « Oolithe de Jaumont » et des « Calcaires sableux de la vallée de l'Orne » (zones de *Garantiana Garanti* et *Strenoceras niortense* : base du Bajocien supérieur); après une surface d'érosion, de 466,40 à 513$^{m}$, Bajocien moyen coralligène; aprés une surface d'érosion, de 513,90 à 549$^{m}$, Bajocien inférieur calcareo-sableux et marnocalcaire, zones à *O. Sauzei*, *W. Lævuscula* et *S. Sowerbyi* indifférenciées; de 549 à 573$^{m}$, « Marnes micacées », marnes et calcaires sableux du Bajocien inférieur, zone à *H. discites*; la base est reconnue à quelques centimètres près par plusieurs *Hyperlioceras* du groupe de *discites*; de 573 à 584$^{m}$, Aalénien bien daté paléontologiquement, marnes micacées avec ou sans oolithes ferrugineuses, minces passées de minerai oolithique rougeâtre; de 584 à 704$^{m}$, Toarcien, en grande partie, jusque 660$^{m}$, faciès des « Grès supraliasiques », argiles micacées sableuses ou grès argileux. Il est certain que la base du sondage était dans le Toarcien inférieur, zone à *Harpoceras falcifer*, de faciès argileux.

Il convient surtout de remarquer ce qui suit. On a maintenant une évaluation exacte de la puissance des différents étages dans cette partie profonde du Bassin parisien. Le Bathonien supérieur, ou « Dalle d'Étain », puissant d'une quinzaine de mètres dans la région d'Étain, voit ici son faciès descendre plus profondément dans le Bathonien; mais le faciès oolithique, à peine marneux, a fait place à des couches plus terreuses et micacées, à passées oolithiques. Le Bathonien moyen nous montre un étrange conglomérat avec quartz roulés, alors que l'on est loin des rivages et dans la zone d'ennoyage du Jurassique moyen sous le Jurassique supérieur toujours marin. La base du Bathonien pose un singulier problème : le faciès si fossilifère des « Caillasses à *Anabacia* » de Lorraine centrale est inconnu, mais le faciès marno-calcaire connu plus à l'Est, avec les « Marnes à *Z. globata* » de base, sableuses, n'existe plus. A la base du Bajocien supérieur, l' « Oolithe de Jaumont » a disparu pour faire place à un faciès marno-calcaire, détritique. L'Aalénien passe directement de façon continue au Bajocien inférieur sans présenter de lacunes stratigraphiques *apparentes* (conglomérats ou surface d'érosion) à son toit. Cet Aalénien dépourvu de toute valeur minière est considérablement atrophié par rapport au bassin ferrifère voisin; son minerai s'apparente pétrographiquement aux minerais du Bassin de Nancy plus qu'à ceux de la Lorraine septentrionale. Le Toarcien présente un étrange faciès détritique inattendu dans une telle région du Bassin parisien; j'y ai trouvé d'ailleurs un véritable conglomérat. La base de ce Toarcien ne présente pas le faciès papyracé, pétroligène, connu en bordure orientale du Bassin parisien, mais sa faune est identique.

Une conclusion capitale ressort quant à l'Aalénien : comme je l'ai écrit ailleurs (¹), le Bassin ferrifère lorrain apparaît comme une zone de sédimentation par effet de la subsidence, dans des conditions lagunaires, tout près des lignes de rivages; une paléogéographie toute différente nous est montrée, en effet, par le sondage de Verdun, en allant vers le centre du Bassin parisien. L'étude géologique détaillée du « Lusitanien » de la région de Verdun m'a montré que les conditions littorales qui régnaient plus à l'Est à l'Aalénien s'y font sentir au-dessus d'un Aalénien qui n'est donc plus littoral; il y a eu déplacement latéral des conditions de sédimentation littorale dans le temps, ce qu'explique parfaitement la paléogéographie générale.

PÉDOLOGIE. — *L'altération de roches gabbroïques en Guyane*. Note de M<sup>lle</sup> **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**, présentée par M. Albert Demolon.

Au cours d'une mission en Guyane, l'un de nous a été frappé par l'aspect que présentaient deux blocs de roches de forme sphérique ayant 40 à 60 cm de diamètre et reposant sur le sol. L'un gisait sur la plage de Cayenne, au pied d'une petite falaise d'où visiblement il avait été détaché. Le second se trouvait dans une carrière située près de l'aérodrome du Gallion à environ 25 km au Sud de Cayenne, à l'intérieur des terres.

En attaquant ces blocs au marteau, une croûte rougeâtre de 10 à 20 cm d'épaisseur s'est détachée et l'on pouvait observer au-dessous, après une transition de quelques millimètres, la roche intacte.

L'étude microscopique des matériaux frais fait ressortir leur grande analogie.

La roche de Cayenne est une dolérite constituée essentiellement par de grands cristaux de labrador et un pyroxène monoclinique du type pigeonite. Assez fréquemment le plagioclase est moulé par le quartz et l'orthose formant une association micropegmatique. On constate accessoirement la présence de lamelles de biotite et d'ilménite.

La roche de la carrière du Gallion est un gabbro à structure ophitique. Le plagioclase est toujours le labrador, mais le pyroxène type augite-pigeonitique est associé à de l'olivine. Ici encore les minéraux accessoires sont la biotite et l'ilménite.

Les trois premiers paramètres magmatiques déduits de l'analyse chimique (colonnes I et III du tableau) sont dans ces deux cas les suivants : III (4), (5), (4), ce qui prouve que ces roches appartiennent au même magma. Signalons d'autre part leur ressemblance avec deux roches de la même région étudiées par B. Choubert (¹).

---

(¹) *Bull. Tech. Mines de Fer*, n° 15, 1949.

(¹) *Géologie et Pétrographie de la Guyane Française. O. R. S. O. M.*, Paris, 1949, p. 61.

L'examen des croûtes d'altération ne permet de découvrir qu'exceptionnellement les minéraux de la roche mère; par contre, on y reconnaît une masse d'hydroxydes riches en fer. Les produits ferrugineux sont souvent disposés suivant une trame qui reproduit les fissures des cristaux de plagioclases de la roche originelle.

D'ailleurs, on peut déceler dans la zone de transition, là où le matériel initial est encore reconnaissable, le début de ce phénomène. Enfin, de place en place, on distingue de petits amas d'une phyllite peu biréfringente. L'échantillon de la plage de Cayenne présente, entre le réseau ferrugineux, de beaux sphérolithes d'hydrargillite.

L'analyse chimique effectuée sur les deux roches et sur leurs produits d'altération a donné les résultats groupés dans le tableau ci-dessous :

| | Dolérite Cayenne. | | Gabbro Gallion. | |
|---|---|---|---|---|
| | Roche. | Produit d'altération. | Roche. | Produit d'altération. |
| $SiO_2$ | 47,85 | 19,47 | 48,57 | 12,07 |
| $Al_2O_3$ | 13,65 | 24,22 | 13,71 | 28,75 |
| $Fe_2O_3$ | 7,50 | 30,15 | 6,10 | 30,40 |
| $FeO$ | 9,30 | 1,40 | 9,30 | 3,55 |
| $MnO$ | 0,18 | 0,07 | 0,21 | 0,11 |
| $CaO$ | 10,05 | 0,25 | 10,10 | 0,90 |
| $MgO$ | 6,10 | 0,92 | 6,44 | 1,00 |
| $Na_2O$ | 1,70 | 0,52 | 1,86 | 0,25 |
| $K_2O$ | 0,60 | 0,47 | 0,40 | 0,25 |
| $TiO_2$ | 1,85 | 3,10 | 1,60 | 2,85 |
| $P_2O_5$ | 0,24 | 0,18 | 0,29 | 0,30 |
| $H_2O^-$ | 0,50 | 4,86 | 0,55 | 2,43 |
| $H_2O^-$ | 1,00 | 14,34 | 0,60 | 16,80 |
| | 100,52 | 99,95 | 99,73 | 99,66 |

Les produits altérés contiennent outre une très petite quantité de roche fraîche (2 à 9 %), de la kaolinite 15 %, de l'hydrargillite 15 à 33 % et 34 % de goethite; enfin, un peu d'hydroxyde à l'état colloïdal. De plus, on retrouve quelques minéraux non altérés de la roche mère, ilménite, rutile et quartz. L'interprétation minéralogique précédente se trouve confirmée par l'étude thermopondérale et l'analyse thermique différentielle. Cette forme d'altération correspond à celles signalées par A. Lacroix ([2]) pour ces mêmes roches tant à Madagascar qu'en Guinée.

([2]) *Minéralogie de Madagascar*, 3, Paris, 1923, p. 113-115.

On peut donc conclure que dans des conditions où l'écoulement de l'eau est facile, les gabbros subissent une évolution rapide caractérisée par la perte de leurs éléments alcalins et alcalino-terreux d'une part et, d'autre part, par le lessivage de la silice. Ainsi ce processus apparaît comme une altération latéritique.

Cette observation semble pouvoir être généralisée car des amphibolites de la même région présentent des transformations identiques à leurs affleurements. Au contraire, les produits d'altération prélevés dans les fissures de ces mêmes roches sont des kaolinites presque pures.

Ces résultats confirment les observations de J. B. Harrisson (3) en Guyane Anglaise. Cet auteur a constaté qu'en milieu bien drainé, l'altération des roches éruptives conduisait à la formation d'hydroxydes, alors que là où l'eau séjournait il se formait de la kaolinite.

Nous insisterons également sur le fait que le lessivage de la roche mère amène la disparition presque totale du calcium. Ainsi les sols résultant de cette évolution manqueront manifestement de cet élément, ce dont il faudra tenir compte lors de leur mise en valeur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les acides nucléiques des levures de boulangerie au cours de leur culture industrielle.* Note de MM. **Albert Bourdet** et **Raymond Guillemet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les propriétés d'une levure de boulangerie, en particulier son activité fermentaire, sont conditionnées par le patrimoine héréditaire de la souche et par la valeur nutritive du milieu de culture. Or des travaux récents ont fait apparaître le rôle de la nature chimique de certains constituants nucléaires et cytoplasmiques qui semblent déterminer les caractéristiques génétiques des levures, ainsi que leur activité métabolique et enzymatique.

L'acide désoxyribonucléique (A. D. N.) constitue l'élément essentiel des chromosomes et tend de plus en plus à être considéré comme le support chimique des caractères héréditaires; chaque gène serait constitué par une macromolécule particulière d'un A. D. N. (1). En outre, l'aptitude à la fermentation d'un sucre donné serait sous la dépendance d'un gène spécifique (2). De son côté, l'acide ribonucléique (A. R. N.) participe sans doute activement au métabolisme cellulaire. Des granules riches en enzymes

---

(3) *The Katamorphism of Igneous rocks under humid tropical conditions,* Harpenden, 1934.

(1) Boivin, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1258.

(2) C. Lindegren et G. Lindegren, *Proc. Nat. Ac. Sc. U. S. A.*, 35, 1949, p. 23.

et A. R. N. joueraient un rôle capital dans la synthèse des protéines ([3]). L'activité de la cellule de levure apparaît donc liée à l'A. R. N. et à l'A. D. N.

L'étude rapportée ici a trait à l'évolution des acides nucléiques d'une levure de boulangerie en relation avec son activité fermentaire au cours de sa culture industrielle sur moût de mélasses, l'azote et le phosphore étant fournis sous forme minérale. Les prélèvements ont été faits sur quatre générations sucessives ($G_1$ à $G_4$) et pour chacune on a déterminé l'azote et le phosphore totaux, l'A. R. N. et l'A. D. N. selon la technique de Schmidt-Thannhauser récemment appliquée aux levures ([4]) ainsi que l'activité fermentaire par mesure du $CO_2$ dégagé en milieu synthétique et comparativement sur pâte au zymotachygraphe de Chopin. Conformément au procédé industriel dit « aérolevure », l'intensité d'aération du milieu a été croissante de $G_1$ à $G_4$. Les quantités de levure récoltées à chaque génération permettent d'établir un facteur (poids final-poids initial/poids initial) qui, rapporté a une durée de culture d'une heure, traduit l'activité de synthèse moyenne des cellules. Ce facteur décroît de $G_1$ (0,62) à $G_4$ (0,28).

Les résultats obtenus, exprimés en grammes pour 100 g de levure sèche, montrent que : 1° Les teneurs en azote (de 10,67 à 7,42) et en phosphore (de 2,01 à 1,37) sont d'autant plus faibles que l'aérobiose du milieu est plus marquée et décroissent parallèlement, la valeur du rapport N/P restant sensiblement constante au cours de la culture. 2° Le taux en A. R. N. décroît d'environ 25 % (de 10 à 7,77) alors que celui en A. D. N. évolue en sens inverse et subit un accroissement d'environ 35 % (de 0,196 à 0,298). Le rapport A. R. N./A. D. N. diminue dans ces conditions de moitié (de 51 à 26). 3° Le pouvoir fermentaire (exprimé en centimètres cubes de $CO_2$ dégagé à 0°C et 760 mm Hg par mg de levure sèche après 6 heures) semble croître proportionnellement aux conditions d'aérobiose du milieu de culture et est sensiblement doublé à la dernière génération (de 0,54 à 1,06). Quelle est la signification de ces résultats ?

Caspersson et coll., Brachet et Jeener, ont déjà signalé que la teneur élevée des levures en A. R. N. est l'indice d'une synthèse active des protéines. L'évolution parallèle des protéines et de l'A. R. N. au cours de la culture suppose en effet une relation étroite entre ces constituants. Leur diminution progressive peut être reliée d'autre part à l'abaissement de la concentration du milieu en ions $PO_4^{\equiv}$ et $NH_4^+$, ainsi qu'il ressort des travaux de Di Carlo et coll. ([5]).

L'accroissement de l'A. D. N. témoigne d'un accroissement du nombre des noyaux et par suite du nombre des cellules; sa vitesse de synthèse, décrois-

([3]) Jeener et Brachet, *Enzymologia*, 11, 1943-1945, p. 222.
([4]) Bourdet, Mandel et Guillemet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 756.
([5]) Di Carlo, Shultz et Fischer, *Arch. Bioch.*, 20, n° 1, 1949, p. 90.

sante de $G_1$ à $G_4$ se révèle en outre sensiblement proportionnelle au facteur précédemment défini, traduisant l'activité de synthèse de la levure, et exprime en quelque sorte la vitesse de multiplication cellulaire. L'augmentation de l'A. D. N. par unité de poids serait aussi l'indice d'une diminution de la masse cellulaire et par suite de la formation de cellules jeunes de petite taille. D'autre part, le fait que la synthèse de l'A. D. N. est la plus rapide pour les générations à teneur élevée en A. R. N. confirme les observations des auteurs précités, selon lesquelles une forte concentration du cytoplasme en A. R. N. est l'indice d'une croissance active et d'une formation rapide de cellules nouvelles. Enfin l'abaissement continu du rapport A. R. N./A. D. N. témoigne sans doute d'une diminution correspondante de l'aptitude des cellules de levure à la synthèse des protéines que remplace progressivement une synthèse croissante des constituants glucidiques.

Quant à l'activité fermentaire, indépendante des teneurs en azote et en phosphore, dont le rapport reste constant, elle varie en raison inverse du rapport A. R. N./A. D. N. et de la teneur en A. R. N.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la nature de la « thyroxine active ». La thyroxamine renforce, sans temps de latence, l'action de l'adrénaline sur l'intestin isolé.* Note (*) de Mme **Odette Thibault** et Mlle **Andrée Lachaze**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La thyroxine n'exerce son action de catalyseur des oxydations ou de *sensibilisateur* aux effets de l'adrénaline qu'après un temps de latence correspondant à la durée de sa transformation dans l'organisme en une substance active dont la nature est inconnue.

Les recherches de l'un de nous sur les effets sensibilisateurs de la thyroxine (1) ont montré la possibilité d'effectuer la transformation *in vitro* par des tissus isolés, notamment par la muqueuse intestinale. Ces travaux nous ont conduits à l'étude de l'isolement et de l'identification de la « thyroxine active » obtenue par action de la muqueuse sur la thyroxine à 37°. Le test de l'activation qui nous permet de suivre la marche des opérations est celui décrit par l'un de nous (1), à savoir le renforcement de l'effet inhibiteur de l'adrénaline sur l'intestin isolé de Lapin éthyroïdé. Par une méthode qui fera l'objet d'une publication prochaine, nous obtenons des préparations pures, très stables, actives jusqu'à des concentrations de l'ordre de $10^{-12}$.

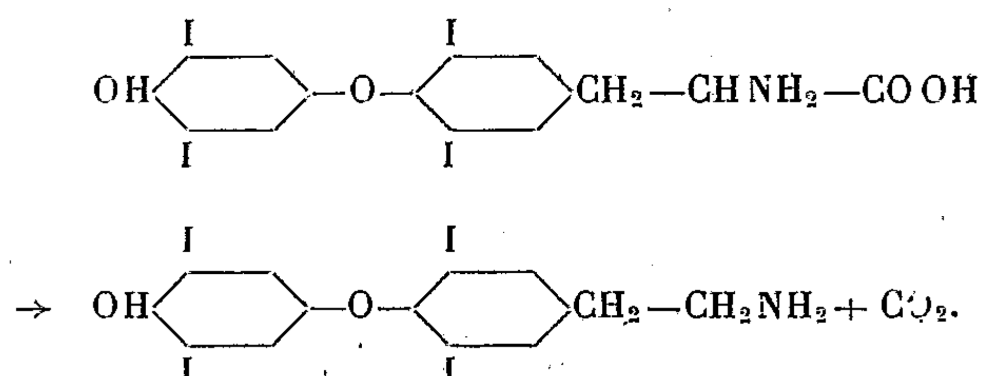
Sur ces préparations, nous avons commencé l'identification de la substance

---

(*) Séance du 19 mars 1951.

(1) O. Thibault, *Archiv. Sc. Physiol.*, **1**, 1948, p. 459; *Ann. Endocrin*, **11**, n° 3, 1950, p. 212.

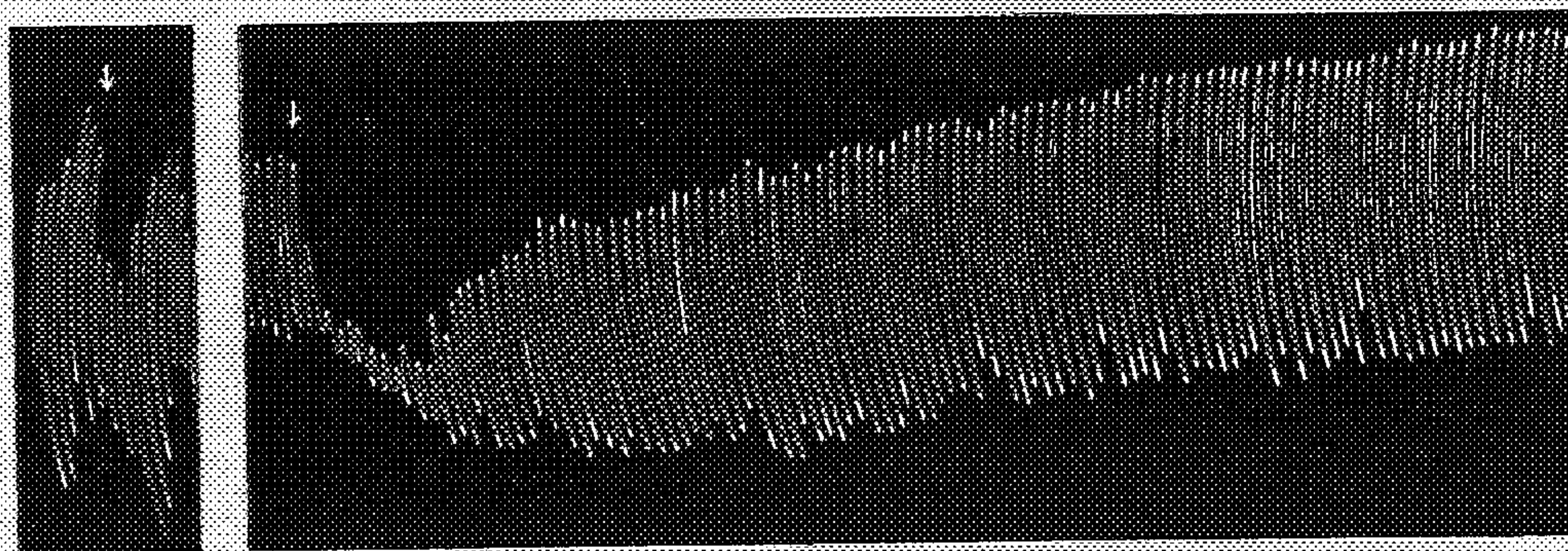
présenté. La première hypothèse dont nous avons examiné le bien-fondé correspondait à la conception classique de la forme active de l'hormone thyroïdienne : la thyroxine serait engagée dans un peptide. Mais cette hypothèse a dû être rejetée, la chromatographie sur papier ne donnant aucun des résultats qu'impliquait cette forme de combinaison : pas d'image caractéristique d'un peptide avant hydrolyse, pas d'aminoacides libres après hydrolyse acide, barytique ou trypsique. Cependant, le chromatogramme de notre préparation non hydrolysée nous fournissait de précieuses indications : il ne donne pas la tache caractéristique de la thyroxine, mais une tache occupant une place voisine, se colorant en jaune au lieu du violet par action de la ninhydrine. Nous étions ainsi conduits à l'hypothèse que la substance active provenait d'une simple modification de la molécule portant sur la chaîne latérale, et que cette modification consistait en la disparition de la fonction aminoacide. Prenant d'autre part en considération les caractères de solubilité des préparations purifiées auxquelles nous aboutissions (insolubilité dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques, solubilité en milieu acide et non alcalin contrairement à la thyroxine) nous avons envisagé que le produit actif pourrait être la *thyroxamine*, substance synthétisée par Harington en 1928, en même temps qu'une série d'autres dérivés de la thyroxine. La présence, dans la muqueuse intestinale, d'une aminoacide-décarboxylase venait encore à l'appui de cette hypothèse : lors du séjour à 37° de la thyroxine en présence de muqueuse, on aurait la réaction :




Avant de procéder à l'identification de notre préparation active purifiée avec la thyroxamine, nous avons essayé l'activité biologique d'un échantillon synthétique de cette substance que le Professeur Harington a mis à notre disposition. Nous avons constaté que la thyroxamine donne *sans temps de latence* l'image caractéristique du renforcement de l'action de l'adrénaline (*voir* figure) décrite par l'un de nous et retrouvée fidèlement avec nos préparations : à savoir, augmentation de la grandeur de l'inhibition et surtout de sa durée, effet secondaire de remontée prolongée au-dessus du niveau normal analysé par Minz et Thibault ([2]). Les doses de thyroxamine nécessaires se sont toutefois montrées supérieures à celles de

([2]) *Archiv. Sc. Physiol.*, 111, 1949, p. 61.

notre préparation purifiée (seuil : $10^{-10}$). Nous attribuons cette différence aux grandes difficultés de solubilisation du produit pur de synthèse. Mais il n'est pas exclu que la thyroxine subisse, outre la décarboxylation, une modification portant sur le noyau qui augmenterait son activité (telle qu'une



*a.* *b.*

Renforcement par la thyroxamine de l'effet inhibiteur de l'adrénaline sur l'intestin isolé de Lapin éthyroïdé : *a*, effet de $0^{cm^3},2$ d'adrénaline $10^{-7}$ seule; *b*, effet de la même dose immédiatement après addition de $1^{cm^3}$ de thyroxamine synthétique $10^{-8}$.

méthylation par exemple). L'analyse chimique du produit présent dans nos préparations répondra à cette question. Par ailleurs, nous avons entrepris des recherches pour savoir si la thyroxamine est également susceptible d'augmenter les oxydations de l'animal sans temps de latence, ce qui permettrait de dire que c'est sous la même forme active que la thyroxine intervient dans ces deux types d'action biologique.

*En conclusion :* la thyroxamine synthétique exerce, sur l'intestin isolé, une action analogue à celle des préparations de « thyroxine active » obtenues par action de la muqueuse intestinale sur la thyroxine : elle renforce, sans temps de latence, l'effet inhibiteur de l'adrénaline. Il y a donc lieu de croire que c'est sous cette forme que la thyroxine exerce son action sensibilisatrice.

EMBRYOLOGIE. — *Sur le plan de la croissance biochimique de l'embryon de Poulet. L'édification des constituants phosphorés.* Note (*) de M. JACQUES GAYET, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'édification des principales formes de phosphore de l'embryon de Poulet, au cours de son développement, obéit aux lois d'*allométrie* (Teissier) ou d'*hétérauxèse* (Needham), et confirme la notion de croissance biochimique.

Nos études actuelles sur le métabolisme du phosphore au cours du

---

(*) Séance du 19 mars 1951.

développement embryonnaire du Poulet nous ont amené à envisager le problème du rapport existant entre la synthèse des principales formes de phosphore tissulaire et la croissance pondérale de l'embryon. Ce rapport ayant été considéré antérieurement par Teissier (¹) puis par Needham (²), pour le phosphore lipidique et pour le phosphore minéral.

Tous nos résultats se rapportent à des embryons appartenant à la race « Wyandotte »; l'incubation se faisant à une température de 38-39° C, en présence d'une humidité relative de 42 %. Les expériences s'échelonnent du cinquième au vingtième jour de développement.

Les quatre principales formes de phosphore suivantes ont été évaluées, par la technique classique de Schneider (³), sur la totalité de l'embryon privé de ses annexes : le phosphore minéral orthophosphorique, le phosphore organique acido-soluble, le phosphore lipidique et le phosphore nucléique total.

Nous donnons la représentation graphique, en coordonnées logarithmiques, de l'évolution du poids de chacune des quatre formes de phosphore précitées en fonction du *poids frais* de l'embryon.

Nous pouvons dégager les résultats suivants.

Le *phosphore minéral* (graphique I) s'édifie en deux phases : les deux droites figuratives de cette croissance sont séparées par une discontinuité correspondant à un poids frais d'embryon de 5ᵍ,60, les coefficients d'hétérauxèse de ces deux périodes étant respectivement : 1,09 et 1,24.

Le *phosphore organique acido-soluble* (graphique II), le *phosphore lipidique* (graphique III) et le *phosphore nucléique total* (graphique IV) offrent une croissance continue durant tout le développement, les coefficients d'hétérauxèse étant respectivement : 1,23, 1,11 et 1,20.

Ces résultats montrent, tout d'abord, que les quatre formes de phosphore envisagées possèdent une croissance allométrique positive (« tachyauxetic »). En ce qui concerne, plus particulièrement, les orthophosphates, la discontinuité qu'ils présentent dans leur évolution coïncide, chronologiquement, vers le treizième jour, avec un des deux points critiques que nous avons enregistrés dans l'étude de la croissance globale de l'embryon, cette dernière étant superposable à celle décrite antérieurement (⁴). Mais il y a plus. Cette discontinuité, qui marque le départ d'une synthèse accrue du phosphore minéral tissulaire, coïncide également, chronologiquement, avec l'apparition

---

(¹) *Les lois quantitatives de la croissance*, Paris, 1937, 1 vol.

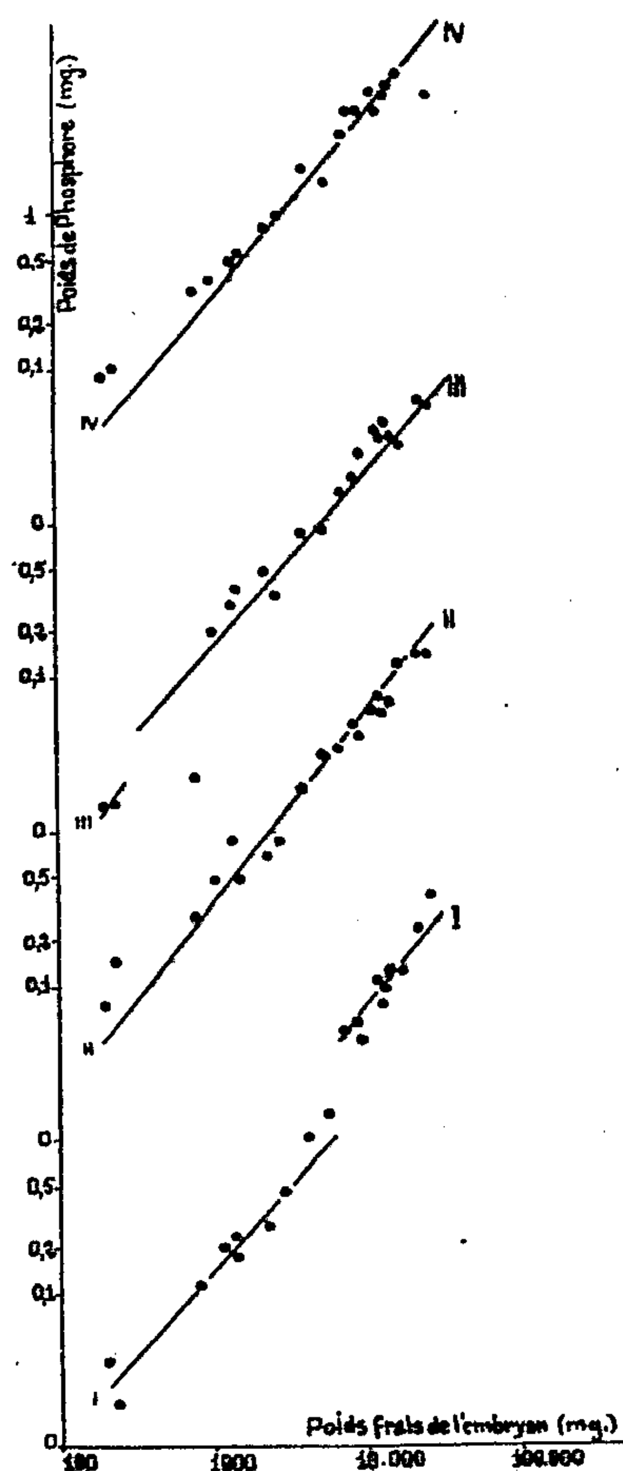
(²) *Biochemistry and Morphogenesis*, Cambridge, 1942, 1 vol.

(³) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 293.

(⁴) L. Vaugien, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 202.

de l'ion calcium dans le corps embryonnaire ([5]). Ce point critique du treizième jour marquerait bien le début de l'ossification.

Les résultats que nous avons obtenus pour le phosphore lipidique indiquent que le coefficient d'hétérauxèse a une valeur plus élevée ($\alpha = 1,38$), pour le stade du cinquième jour, que celui que nous avons déterminé pour le reste de la croissance. Les travaux en cours, limités aux premiers stades de la vie embryonnaire, devront nous apporter des précisions sur ce sujet.




La notion de croissance biochimique, telle que l'ont conçue Teissier ([1]) et Needham ([2]), se vérifie parfaitement pour les principaux constituants phosphorés de l'embryon de Poulet; les coefficients d'hétérauxèse obtenus par le calcul à partir des résultats expérimentaux sont des constantes de croissance.

---

([5]) R. H. A. Plimmer et J. Lowndes, *Biochem. J.*, 18, 1924, p. 1163; W. R. Mankin, *Med. J. Austral.*, 16, 1929, p. 916.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le sort des radicaux méthoxy au cours de la digestion des pectines et lignines par les Bovins.* Note de MM. **André François**, **André-M. Leroy** et M^lle **Geneviève Lery**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les auteurs mesurent la disparition des radicaux $OCH_3$ des pectines et lignines au cours de la digestion des Bovins. La déméthoxylation des pectines est plus grande que celle des lignines. Les auteurs font l'hypothèse que les radicaux $OCH_3$ participent à la formation du méthane dans le tube digestif des Ruminants.

Lignines et pectines possèdent des groupements $OCH_3$. Csonka, Phillips et Jones (1) montrent que, chez la Vache, 37 % de ces radicaux liés aux aliments ingérés ne se retrouvent pas dans les fèces. Bondi et Meyer (2) estiment que l'indice de méthoxy de la lignine extraite des fèces est inférieure de 25 % environ à celui de la lignine extraite des aliments correspondants. Cependant, ils trouvent ultérieurement (3), ainsi que Forbes et Garrigus (4), que le taux de méthoxy de la lignine extraite des aliments et des fèces qui en dérivent est identique. Par ailleurs, les microbiologistes montrent que certains microorganismes du sol provoquent des transformations de la lignine; plusieurs, dont Waksman (5), observent que la décomposition anaérobie de la lignine provoque une diminution du taux de radicaux méthoxy. D'après Boruff et Buswell (6) les produits finaux de la décomposition sont du méthane et de l'anhydride carbonique.

Dans nos recherches, nous mesurons la grandeur de la disparition des radicaux — $OCH_3$ totaux, mais, en outre, nous distinguons les radicaux liés aux pectines de ceux liés aux autres molécules. La méthode de dosage de G. Bertrand et G. Brooks (7) permet cette discrimination.

Les animaux utilisés sont deux bœufs. Un dispositif particulier permet de séparer complètement les urines et les fèces, dont une partie aliquote est soumise à l'analyse. Le taux des radicaux méthoxy totaux est dosé par la méthode de Zeisel. La différence entre les $OCH_3$ totaux et les $OCH_3$ des pectines permet de calculer le taux des radicaux — $OCH_3$ attribuables en première approximation, à la lignine. Les animaux sont soumis successivement à différents régimes en six périodes d'une durée de 10 jours chacune. Une correction est apportée pour la quantité de nourriture refusée. La répartition des radicaux méthoxy est, par exemple, la suivante :

(1) *Journ. Biol. Chem.*, 85, 1929, p. 65.
(2) *J. Agr. Sc.*, 33, 1943, p. 123.
(3) *Bioch. J.*, 43, 1948, p. 348.
(4) *J. Anim. Sc.*, 9, 1950, p. 537.
(5) *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1225.
(6) *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1934, p. 886.
(7) *Ann. Agron.*, 10, 1940, p. 349.

| | Grammes par 100 g de matière sèche. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $OCH_3$ totaux. | $OCH_3$ provenant des pectines. | $OCH_3$ provenant des lignines. | $OCH_3$ des pectines % des $OCH_3$ totaux. |
| Foin de luzerne | 3,10 | 0,30 | 2,80 | 9,7 |
| Pulpe de betteraves désséchée. | 2,37 | 1,61 | 0,76 | 67,9 |
| Son de blé | 0,61 | 0,07 | 0,54 | 11,4 |
| Refus de foin | 3,30 | 0,27 | 3,03 | 8,1 |
| Fèces correspondant au foin | 3,72 | 0,08 | 3,64 | 2,1 |

Nous avons calculé, par la méthode des bilans, la quantité de radicaux méthoxy qui disparaissent au cours de la digestion (Tableau suivant) :

| | Radicaux méthoxy disparus en pour 100 des | | |
|---|---|---|---|
| | $OCH_3$ totaux. | $OCH_3$ des pectines. | $OCH_3$ des lignines. |
| *Période* I (foin de luzerne). | | | |
| Animal R | 44,9 | 88,5 | 40,7 |
| » N | 52,8 | 90,0 | 49,0 |
| *Période* II (foin de luzerne + pulpe de betterave désséchée). | | | |
| Animal R | 55,9 | 94,0 | 44,4 |
| » N | 54,0 | 95,1 | 39,9 |
| *Période* III (foin de luzerne + son de blé). | | | |
| Animal R | 54,5 | 85,5 | 51,8 |
| » N | 42,5 | 75,5 | 39,5 |
| *Période* IV (foin de luzerne + son de blé). | | | |
| Animal R | 50,1 | 90,2 | 46,0 |
| » N | 47,5 | 85,8 | 42,9 |
| *Période* V (foin de luzerne). | | | |
| Animal N | 54,7 | 88,2 | 52,6 |
| *Période* VI (foin + pulpe + son). | | | |
| Animal R | 67,5 | 83,8 | 62,0 |
| » N | 62,5 | 83,0 | 56,2 |
| Moyenne générale | 53,45 | 87,00 | 48,95 |

Il disparaît un peu plus de 50 % des radicaux méthoxy totaux et plutôt un peu moins de 50 % des méthoxy des lignines au cours de la digestion. Les radicaux —$OCH_3$ des pectines sont plus labiles, puisqu'ils disparaissent dans la proportion de 90 %. Ces résultats diffèrent de ceux de Forbes et

Garrigus; le désaccord provient du fait que ces auteurs étudient la composition de la lignine extraite par l'acide sulfurique. En dosant les radicaux —$OCH_3$ dans les lignines extraites du foin de luzerne et des fèces correspondants, nous trouvons respectivement 10,5 et 10,6 %. En revanche, si l'on calcule le taux de méthoxy dans la lignine *in situ* en dosant d'une part, la lignine et d'autre part le taux des radicaux —$OCH_3$ du produit brut, on obtient 17,8 % dans le cas du foin, 14,4 % seulement dans le cas des fèces. L'emploi de l'acide sulfurique provoque une perte de radicaux —$OCH_3$. Le sort des radicaux —$OCH_3$ des lignines et pectines est donc différent. Les radicaux liés aux pectines disparaissent dans la proportion de 90 %, c'est l'ordre de grandeur de la digestibilité de ces substances chez les brebis, d'après A. Michaux [8].

En raison de sa déméthoxylation, la lignine peut présenter une digestibilité apparente de 8 % dans le cas de foin de luzerne, tandis que la disparition d'une fraction aromatique de la molécule entraînera une perte de l'ordre de 20 %. Nous recherchons si les radicaux —$OCH_3$ participent à la formation du méthane apparu au cours de la digestion chez les Ruminants.

MICROBIOLOGIE. — *Effets produits par la phagocytose de bacilles de Koch et par un de leurs constituants lipopolysaccharidiques sur le tactisme leucocytaire* in vitro. Note [*] de M^lle **Nine Choucroun**, M. **Albert Delaunay**, M^lle **Suzanne Bazin** et M. **Roger Robineaux**, présentée par M. Gaston Ramon.

La phagocytose du bacille de Koch par les polynucléaires et l'effet toxique exercé sur ces cellules par les germes phagocytés sont des faits connus depuis longtemps.

Étudiant le pouvoir migrateur des polynucléaires dans un gel de plasma, M. Allgöwer et H. Bloch ont montré récemment que la phagocytose par ces leucocytes de bacilles de Koch *virulents*, vivants ou tués, inhibe leur migration [1]. Cette inhibition serait due, selon Bloch [2], à la présence dans les bacilles virulents d'une substance lipidique isolée par lui.

Utilisant la technique de ces auteurs, nous avons pu vérifier ces résultats, mais nous avons constaté que l'inhibition de la migration leucocytaire *in vitro* se produisait également après phagocytose de germes non virulents et que la substance lipidique de Bloch pouvait être extraite de souches non virulentes. L'inhibition de la migration leucocytaire par phagocytose de bacilles de Koch n'est donc pas une propriété spécifique des bacilles virulents.

---

(8) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1034.

(*) Séance du 19 mars 1951.

(1) M. Allgöwer et H. Bloch, *Am. Rev. Tub.*, 59, 1949, p. 562.

(2) *J. Exp. Med.*, 91, 1950, p. 197.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier le mécanisme de cette inhibition par la méthode d'examen du tactisme découverte par J. Comandon ([3]) et utilisée depuis lors par A. Delaunay et ses collaborateurs ([4]). Cette méthode consiste à déposer des leucocytes sur une lame recouverte de grains d'amidon de pomme de terre fixés par dessiccation. On recouvre cette goutte d'une lamelle lutée à la paraffine, puis on place la lame à l'étuve à 37° pendant une heure, avant d'observer au microscope. Lorsque le tactisme est normal, les cellules vont s'accoler aux grains d'amidon; dans le cas opposé, le phénomène d'accolement ne se produit pas.

Nous avons étudié par cette méthode (qui a l'avantage de permettre en outre un examen microscopique de l'état des cellules) l'action, sur les polynucléaires de cobayes, de la phagocytose :

1° de bacilles de Koch des souches H37 R*v* (virulents) et H37 R*a* (avirulents), vivants ou tués par la chaleur.

2° du lipopolysaccharide Pmko, isolé par N. Choucroun du bacille tuberculeux ([5]).

Des polynucléaires provenant d'un exsudat inflammatoire de cobayes sont mis en suspension dans l'eau physiologique à une concentration d'environ 15 000 leucocytes par millimètre cube. A 2$^{cm^3}$ de cette suspension, on ajoute un volume égal de suspensions isotoniques de bacilles de Koch ou de lipopolysaccharide Pmko, contenant respectivement 1500 à 3000 millions de bacilles ou 1 à 2$^{mg}$ de Pmko par centimètre cube. Ces mélanges, ainsi qu'une suspension leucocytaire témoin, sont maintenus 1 heure à 37° avec une faible gitation, puis séparés chacun en deux fractions égales.

Sur l'une de ces fractions on fait immédiatement un examen de la phagocytose (par étalements sur lames et coloration au Ziehl) et une étude du tactisme leucocytaire. Sur l'autre fraction les mêmes examens seront faits, mais après un temps de conservation à 4° de 16 à 18 heures.

*Résultats :* La *phagocytose* des bacilles de Koch, virulents ou non, vivants ou tués, se produit avec une intensité qui dépend de la richesse en germes des suspensions et du temps de contact des germes avec les polynucléaires. Nous avons observé, de plus, que les germes avirulents étaient plus aisément phagocytés que les germes virulents.

*L'inhibition du tactisme leucocytaire se produit après phagocytose de bacilles virulents ou non, vivants ou tués*; cette abolition du tactisme est particulièrement marquée dans les préparations contenant un nombre élevé de cellules chargées de bacilles de Koch. Cependant, on peut observer que l'inhibition du tactisme d'un leucocyte se produit pour un nombre de germes phagocytés moins élevé dans le cas des bacilles virulents que

---

([3]) *Ann. Institut Pasteur*, **34**, 1920, p. 1.

([4]) *Ann. Institut Pasteur*, **70**, 1944, p. 372; **72**, 1946, p. 458, etc.

([5]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1757; **210**, 1940, p. 511; **223**, 1946, p. 104; *Am. Rev. Tub.*, **3**, 1947, p. 203; *Tuberculology*, **2**, 1949, p. 25.

dans le cas des bacilles avirulents. Cette observation suggère que l'inhibition exercée par les bacilles de Koch phagocytés est due, non pas à un constituant spécifique des bacilles virulents, mais à un constituant contenu en proportion plus grande dans les germes virulents.

*La phagocytose du lipopolysaccharide Pmko* par les polynucléaires, dont l'intensité semble également dépendre de la concentration et du temps de contact du Pmko avec les phagocytes, *entraine une inhibition du tactisme comparable à celle produite par les bacilles virulents.* Cette action inhibitrice et le fait que le constituant Pmko peut être extrait du bacille en quantités d'autant plus grandes que la virulence de celui-ci est plus forte ([6]) laissent penser que ce constituant est peut être, au moins en partie, responsable de l'action toxique exercée sur les polynucléaires par les bacilles de Koch ingérés.

La perte du pouvoir chimiotactique s'accompagne de *modifications cytologiques* apparaissant dans l'ordre suivant : 1° persistance d'une certaine activité pseudopodique, malgré l'abolition de la mobilité; 2° arrondissement de la surface cellulaire; 3° aspect granuleux et hydrophilie du cytoplasme; 4° visibilité du noyau.

La séance est levée à 15 h 20 m.

L. B.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de février 1951.

*L'Institut national de la statistique et des études économiques pour la Métropole et la France d'Outre-Mer.* Paris, Imprimerie nationale, 1950; 1 fasc. 26cm.

*Toxicologie moderne*, par Roger Douris. Deuxième édition. Paris, Vigot frères, 1951; 1 vol. (présenté par M. M. Delépine).

Academia republicii populare române. *Buletin stiintific. Seria : Matematicǎ, Fizica, Chimie.* Tomul II, n° 8, 1950. Extras. *Exceptiuni la regulele care dau multimea si continuitatea integralelor ecuatiilor cu derivate partiale prin conditii la limite*, de Constantin Popovici; 1 fasc. 24cm,5.

*Primer congreso nacional de pesquerias maritimas e industrias derivadas mar des Plata, 24-29 octubre* 1949. Tomo I. *Recomendaciones.* Tomo II. *Trabajos presentados.* Buenos-Aires, Imprenta y casar editora Coni, 1950; 2 vol. 24cm,5.

---

([6]) J. Asselineau et E. Lederer, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 142.

*Atti del primo convegno internazionale di meteorologia alpina.* Milano-Torino, 20-23, IX, 1950. Milano, Istituto geofisico italiano; 1 fasc. 24$^{cm}$,5.

*Études sur la fabrication de l'alumine par l'aluminate de calcium*, par Honoré Thibon. Paris, C$^{ie}$ Pechiney, 1950; 1 fasc. 26$^{cm}$,5.

*Résumé des études et bibliographie méthodique des publications scientifiques de* Henri Muraour. Extrait du *Mémorial de l'Artillerie française*, 1950, 3$^{e}$ fascicule. Paris, Imprimerie nationale, 1950; 1 fasc. 23$^{cm}$,5.

*Un organisateur de la Victoire. Prieur de la Côte-d'Or, membre du Comité de salut public*, par Georges Bouchard. Paris, Librairie historique R. Clavreuil, 1946; 1 vol. 22$^{cm}$.

*Annuaire astronomique et météorologique Camille Flammarion*, publié par l'Observatoire de Juvisy. Paris, Flammarion, 1951; 1 vol. 18$^{cm}$.

Université de Lyon. *Journée Victor Grignard, 13 mai* 1950. Extrait des *Annales de l'Université de Lyon.* Fascicule spécial. *L'Université de Lyon en* 1949-1950 (présenté par M. Ch. Dufraisse).

*Traité de matériaux de construction*, par Marius Duriez. T. I et II. Paris, Dunod, 1950; 2 vol. 27$^{cm}$,5 (présenté par M. A. Caquot).

*Comité international des poids et mesures. Procès-verbaux des séances.* Deuxième série. T. XXII. Session de 1950. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 fasc. 22$^{cm}$.

*Un grand chimiste français. Le chimiste Thenard*, 1777-1857, par Paul Thenard. Avec introduction et notes de Georges Bouchard. Dijon, Imprimerie Jobard, 1950; 1 vol. 28$^{cm}$,5.

*Carte des précipitations*, publiée par le Gouvernement tunisien. Protectorat français, dressée par Henri Gaussen et A. Vernet. *Tunisie*, au 1/500000. Feuilles I et II. Paris, Institut géographique national, 1948; 2 feuilles 104$^{cm}$,5 × 74$^{cm}$.

*Que sais-je? La méthode statistique dans l'industrie*, par André-G. Laurent. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 vol. 17$^{cm}$,5.

Ministère de la Marine. Service central hydrographique. *Rapport sur les observations faites par le « Commandant Charcot » au cours de sa croisière dans l'Antarctique durant l'été austral* 1948-1949, par Max Douguet. Paris, 1950, 1 vol. polycopié 27$^{cm}$,5 (présenté par M. G. Durand-Viel).

*Official document Book New York State Freedom Train.* Distributed by The New York State library. Albany, 1950; 1 vol. 31$^{cm}$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 2 AVRIL 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Joseph Leonard Walsh**, Professeur à l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'emploi des coordonnées de la droite pour l'étude des radiations.* Note (*) de M. **Émile Borel.**

Méthode de calcul simple, basée sur les coordonnées de la droite, pour la démonstration de propriétés élémentaires des radiations.

Nous nous placerons exclusivement au point de vue de la géométrie euclidienne et de la mécanique newtonnienne; il semble bien qu'une méthode analogue pourrait être transposée dans l'univers einsteinien et dans les mécaniques quantique et ondulatoire.

Adoptons, pour les coordonnées de la droite en axes rectangulaires, les coefficients $a$, $b$, $p$, $q$, des équations

(1) $$\begin{cases} x = az + p, \\ y = bz + q. \end{cases}$$

On sait que l'élément infinitésimal élémentaire, invariant par les transformations du groupe euclidien, est

$$d\omega = \frac{da\, db\, dp\, dq}{(1 + a^2 + b^2)^2}.$$

Dans la géométrie de la droite, une droite isolée, une surface réglée, une congruence et un complexe ont respectivement 0, 1, 2, 3 dimensions. Nous appellerons système de droites un ensemble à quatre dimensions; un tel

(*) Séance du 28 mars 1951.

ensemble est défini par une ou plusieurs inégalités, comme une aire dans le plan ou un volume dans l'espace. Un tel système S est fini ou infini en même temps que l'intégrale

$$\int_S d\omega = \iiiint_S \frac{da\, db\, dp\, dq}{(1+a^2+b^2)^2}.$$

Nous nous bornerons aux systèmes finis.

On appelle radiation, l'énergie infinitésimale transportée par une droite avec la vitesse $c$; l'intensité E de cette radiation est définie par le fait que l'énergie infinitésimale qui passe par un point de la droite pendant une durée $dt$ est $E\, dt\, d\omega$. Une radiation dans un système donné est homogène si E a la même valeur pour toutes les droites du système.

Soit $s$ une surface plane, que nous pouvons prendre pour plan des $xy$; son aire $s$ est alors donnée par la formule

$$s = \iint_s dp\, dq.$$

Nous considérons le système formé de toutes les droites rencontrant $s$. L'énergie totale $e\, dt$ qui traverse $s$ pendant le temps $dt$ est donnée par la formule

$$e\, dt = E\, dt \int_s d\omega = E s\, dt \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{da\, db}{(1+a^2+b^2)^2} = \pi E s\, dt,$$

d'où l'on conclut

$$e = \pi E s.$$

Telle est la quantité d'énergie qui traverse $s$ pendant l'unité de temps.

Considérons maintenant une enceinte fermée (supposée convexe, pour simplifier le calcul) à l'intérieur de laquelle circule une radiation homogène et isotrope. Sur chaque droite qui traverse cette enceinte suivant une longueur $l$, la radiation circule dans les deux sens, soit suivant une longueur $2l$ et la quantité élémentaire d'énergie correspondante est $E(2l/c)\, d\omega$.

L'énergie totale à l'intérieur de l'enceinte est donc

$$W = \frac{2E}{c} \int l\, d\omega.$$

Pour calculer l'intégrale, donnons à $a$ et $b$ des valeurs constantes; on a alors, par un raisonnement géométrique élémentaire

$$\iint l\, dp\, dq = V\sqrt{1+a^2+b^2}$$

en désignant par V le volume de l'enceinte (1).

(1) La même formule subsiste si l'enceinte n'est pas convexe.

On a donc, faisant maintenant varier $a$ et $b$

$$W = \frac{2E}{c}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{da\,db}{(1+a^2+b^2)^2}V\sqrt{1+a^2+b^2} = \frac{2E}{c}2V\pi,$$

$$W = \frac{4\pi E}{c}V,$$

de sorte que la densité de l'énergie est $4\pi E/c$ par unité de volume.

Ces exemples élémentaires suffisent à montrer la simplicité de cette méthode de calcul.

Indiquons, en terminant, que si l'on attribue à chaque droite d'un système S une certaine fonction $\varphi(a, b, p, q)$, la valeur probable de cette fonction pour le système S est

$$\mathfrak{M}(\varphi) = \frac{\int_S \varphi\,d\omega}{\int_S d\omega}.$$

## PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de médecine expérimentale créée au Collège de France par arrêté du 18 décembre 1950, pour la première ligne, M. *Antoine Lacassagne* obtient 55 suffrages contre 1 à M. *Raymond Latarjet*; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Raymond Latarjet* obtient 45 suffrages; il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

*En première ligne* ............ M. **Antoine Lacassagne**.
*En seconde ligne* ............. M. **Raymond Latarjet**.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Flore générale de Belgique*. Préface par Walter Robyns. *Ptéridophytes*, par André Lawalrée.

2° Une série de tirages à part concernant les travaux de médecine de M. Albert Bessemans.

ALGÈBRE. — *Représentations isomorphes par des systèmes de relations. Systèmes associatifs.* Note (*) de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On construit des *familles de relations* représentant fidèlement des systèmes effectivement *non associatifs* et même des *systèmes multiplicatifs quelconques.* Les groupoïdes, *images homomorphes* d'un groupoïde de Brandt d'ordre 1, sont des groupes. On généralise la *règle du rectangle.* L'associativité équivaut à une *condition de Malcev* particulière. On donne des propositions simples sur l'*adjonction d'une unité.*

1. On appelle : les éléments de $\mathcal{B}$ (1) *couples, points, cases, fractions* $(a, b)$, $a/b$ ou $\overline{ab}$; les parties $R \subset \mathcal{B} \rightleftharpoons R \in \mathfrak{P}(\mathcal{B})$ *relations binaires* sur E; $a/b \in R \rightleftharpoons aRb$; $\mathfrak{P}$ est un demi-groupe ordonné. Une *famille de relations* $\mathcal{R}$ devient un *hypergroupoïde* en posant $R.S = \mathfrak{T} = \{T_\alpha\}$, $R, S, T_\alpha \in \mathcal{R}$, $T_\alpha \in \mathfrak{T} \rightleftharpoons RS \cap T_\alpha \neq \emptyset$. On se limite aux familles de relations *disjointes* et aux $T_\alpha \supset RS$. Si toujours $RS \neq \emptyset$ et $(\exists T)(RS \subset T)$, $\mathcal{R}$ est un groupoïde; de même, formellement, si la relation vide = la famille vide $= \emptyset \in \mathcal{R}$. $\mathcal{R}$ peut néanmoins être effectivement non associatif (2), même en étant un recouvrement.

*Exemple* 1. — $\mathcal{R} = (\emptyset, a, b, c, d, \varepsilon)$; $(b.c).d = d \neq b.(c.d) = b$ (voir figure).

*Remarque.* — $c$ a deux inverses, $b$ et $d$; $d = b$ donne le groupe cyclique $Z_4$; $c \to b$ sur $3/2$, $d \to c$ sur $3/1$ donne le groupe $\mathfrak{V}_4$ de Klein.

*Exemple* 2. — Système non associatif d'un générateur libre $R = R_1$. Dénombrons le système en posant $R_1 . R_1 = R_2$, $R_1 . R_2 = R_3$, …, et généralement

$$R_i . R_j = R_k, \qquad k = (i \cup j - 1)^2 + 2(i \cap j) + \delta_{ij}, \qquad \delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \leq j = i \cup j, \\ 1, & i > j = i \cap j. \end{cases}$$

Posons $1/2$, $2/3 \in R_1$, donc $1/3 \in R_2$; ajoutons $4/5 \in R_1$, $5/6 \in R_2$, donc $4/6 \in R_3$; ajoutons $7/8 \in R_2$, $8/9 \in R_1$, donc $7/9 \in R_4$, etc. On obtient le schéma

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_1$ | : | | 1/2 | 2/3 | 4/5 | 8/9 | 13/14 | 17/18 | 28/29 | … |
| $R_1 . R_1 = R_2$ | : | 1/3 | 5/6 | 7/8 | 10/11 | 11/12 | 19/20 | 23/24 | 34/35 | … |
| $R_1 . R_2 = R_3$ | : | 4/6 | 14/15 | 16/17 | 20/21 | 22/23 | 25/26 | 26/27 | 40/41 | … |
| $R_2 . R_1 = R_4$ | : | 7/9 | 29/30 | 31/32 | 35/36 | 37/38 | 41/42 | 43/44 | 46/47 | … |
| $R_2 . R_2 = R_5$ | : | 10/12 | 50/51 | 52/53 | ….. | ….. | ….. | ….. | ….. | … |
| ………. | | ….. | ….. | ….. | ….. | ….. | ….. | ….. | ….. | … |

(*) Séance du 28 mars 1951.

(1) [1] *Coll. intern.*, Paris, sept. 1949, p. 217 (édit. C. N. R. S.) et [2] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1291.

(2) J. Riguet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 936, suppose l'associativité comme évidente.

2. *Système multiplicatif quelconque* $\mathfrak{M} = \{k\}_{k\in\mathfrak{M}}$. — Soient $\mathcal{C}$ l'ensemble des identités $i.j=k$ (cases non vides du tableau de $\mathfrak{M}$, $\mathcal{C}\subset\mathfrak{M}^2$), et $\mathcal{C}_3=\{x, y, z\}\times\mathcal{C}$. Aux éléments de chaque identité on fait correspondre $x_{ij}/y_{ij}$, $y_{ij}/z_{ij}$, $x_{ij}/z_{ij}\in\mathcal{C}_3^2$. On définit

$$\mathrm{R}_k=\{x_{kj}/y_{kj}\}_{j\in\mathfrak{M}}\cup\{y_{ik}/z_{ik}\}_{i\in\mathfrak{M}}\cup\{x_{ij}/z_{ij}\}_{i.j=k}.$$

$\mathcal{R}=\{\mathrm{R}_k\}_{k\in\mathfrak{M}}\simeq\mathfrak{M}=\{k\}_{k\in\mathfrak{M}}$ par $k \doteq \mathrm{R}_k$.

3. Si $\mathcal{R}$ recouvre $\mathcal{B}$ et $\sigma\notin\mathcal{R}$, comme on le suppose dans la suite de [2], le groupoïde $\mathcal{R}$ est un groupe (proposition 1 de [2] : on remplace *semi-groupe* par *groupoïde*). $\mathcal{R}$ est un *quasi-groupe* avec unité principale $\Delta$. Pour montrer l'associativité, distinguons deux cas : 1° les cases d'une ligne (colonne)

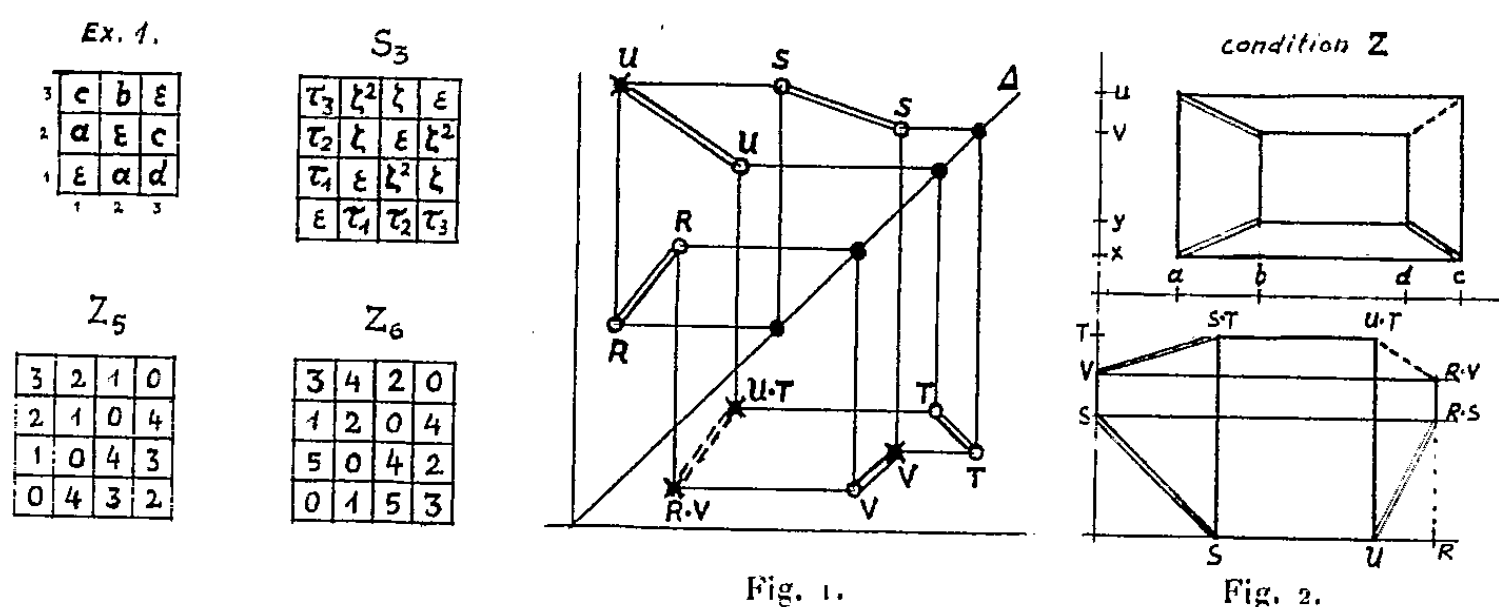



Fig. 1. Fig. 2.

représentent chaque élément de $\mathcal{R}$; la *règle du rectangle* (³) vaut et entraîne l'associativité; 2° Soit $\mathcal{R}'$ une ligne (colonne) représentant $\mathcal{R}'\subset\mathcal{R}$; on prolonge $\mathcal{R}'$ par des cases $\mathcal{R}-\mathcal{R}'$, complémente le carré $\mathcal{R}'\times\mathcal{R}'$ *par* la règle du rectangle à $\mathcal{R}\times\mathcal{R}$ et réduit 2° à 1°.

La proposition 3 de [2] est une conséquence immédiate.

*Remarque.* — Une réprésentation d'un groupe *dans* un $\mathcal{B}$ se réduit à un recouvrement par *sur-cases* moyennant une équivalence.

4. *Représentation fidèle réduite des groupes* (*cf.* [2] 1° p. 1293 et [Z] p. 78, exercice 1). — $\mathrm{E}_3$ suffit pour les groupes d'ordre $\leqq 4$ (exemple 1, remarque), $\mathrm{E}_4$ pour ceux d'ordre $\leqq 6$, etc. (*voir* figure). Ces exemples suffisent ici; des théorèmes généraux et plus fins seront publiés ultérieurement.

*Groupes de quotients* ([1] § 3) : les lignes et colonnes d'un $\mathrm{S}\in\mathfrak{S}(\mathfrak{G})$ du tableau normal donnent une représentation fidèle réduite.

5. L'associativité de $\mathfrak{G}$ équivaut à la *règle des quatre rectangles :* les cinq équations $=\!=$ entraînent la sixième $\mathrm{U.T}=\mathrm{R.V}$ signifiant $(\mathrm{R.S}).\mathrm{T}=\mathrm{R}.(\mathrm{S.T})$ (*fig.* 1). La règle des quatre rectangles dans $\mathcal{B}$ équivaut à celle des *deux*

(³) [Z] H. ZASSENHAUS, *The theory of groups*, p. 4 (New York, 1949).

*rectangles* dans le tableau de composition (*fig.* 2; on peut la considérer comme un cube).

6. En supposant $1 \in \mathfrak{G}$ la règle des deux rectangles est la spécialisation $Z^*$, $1.S = S.1$, $1.V = S.T$, $R.S = U.1 \rightarrow R.V = U.T$, de la condition Z [4]. Malcev suppose l'existence de 1 [5]; ses conditions M sont formulables pour une opération binaire quelconque; donc : *un* M-*groupoïde avec* 1 *est immersible dans un groupe et inversement;* de même, *la mention de l'associativité devient superflue* dans les généralisations dues à l'auteur [6].

7. *Adjonction de* 1. — Définissons : $\mathfrak{G}' = \mathfrak{G}$ si $1 \in \mathfrak{G}$, $= \mathfrak{G} \cup \{1\}$ si $1 \notin \mathfrak{G}$; $\mathfrak{T}_{\mathfrak{G}} \rightleftharpoons$ le groupoïde $\mathfrak{G}$ a les propriétés $\mathfrak{T}$; $\mathfrak{T}_{\mathfrak{G}}$ admet $1 \rightleftharpoons \mathfrak{T}_{\mathfrak{G}'}$. On a les propositions évidentes : 1° $M_{\mathfrak{G}} \rightarrow Z_{\mathfrak{G}}$; 2° $1 \in \mathfrak{G}$, $Z_{\mathfrak{G}} \rightarrow Z^*_{\mathfrak{G}} \rightarrow \mathfrak{A}_{\mathfrak{G}}$ (associativité); 3° $1 \in \mathfrak{G}$, $Z_{\mathfrak{G}} \rightarrow S_{\mathfrak{G}}$ (simplifiabilité); 4° $1 \in \mathfrak{G}$, $\widetilde{\mathfrak{A}}_{\mathfrak{G}}$ [(non-$\mathfrak{A}$)$_{\mathfrak{G}}$] $\rightarrow \widetilde{Z}^*_{\mathfrak{G}}$ (*a fortiori* $\widetilde{Z}_{\mathfrak{G}}$, $\widetilde{M}_{\mathfrak{G}}$); 5° $(Z_{\mathfrak{G}}, \widetilde{\mathfrak{A}}_{\mathfrak{G}} \rightarrow 1 \notin \mathfrak{G}) \rightleftharpoons (Z, \widetilde{A})_{\mathfrak{G}}$ n'admet pas $1 \rightleftharpoons (\widetilde{Z, \widetilde{\mathfrak{A}}})_{\mathfrak{G}'}$; 6° $(\widetilde{Z, S}_{\mathfrak{G}'})$; 7° $\mathfrak{A}_{\mathfrak{G}'}$; 8° $(Z, S, \mathfrak{A})_{\mathfrak{G}'}$ (démonstration un peu plus longue).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un procédé d'intégration d'une équation de Monge.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Considérons une équation de Monge à deux fonctions inconnues $f(x)$ et $g(x)$, de la forme

$$\frac{f''}{f} - \lambda(x)\frac{g''}{g} = \mu(x) \qquad (\lambda \not\equiv 0), \tag{1}$$

les accents désignant des dérivées par rapport à $x$.

Cette équation, par les changements

$$f = \exp\left(\int F\,dx\right), \qquad g = \exp\left(\int G\,dx\right), \tag{2}$$

prend la forme

$$(F - \lambda G)' + \lambda' G - \lambda G^2 + F^2 = \mu$$

et devient

$$\lambda(\lambda - 1)G^2 + (2\lambda\theta + \lambda')G + (\theta' + \theta^2 - \mu) = 0 \tag{3}$$

avec

$$F - \lambda G = \theta. \tag{4}$$

---

(4) A. Malcev, *Math. Ann.*, 113, 1937, p. 687 et P. Dubreil, *Algèbre*, p. 137.

(5) *Mat. Sbornik*, Moscou, 6, 1939, p. 331. Les conditions de Malcev M sont un ensemble infini de règles de rectangles plus compliquées [T].

(6) Signalées en partie dans [1] [p. 217 ($3^a$) et § 4, fin] et dans [2] (proposition 3); à paraître dans la thèse [T] de l'auteur.

De là, si $\lambda \not\equiv 1$, on déduit

$$(5) \qquad F = \frac{-2\theta - \lambda' \pm \Delta}{2(\lambda - 1)}, \qquad G = \frac{-2\lambda\theta - \lambda' \pm \Delta}{2\lambda(\lambda - 1)},$$
$$\left[\Delta = +\sqrt{(2\lambda\theta + \lambda')^2 - 4\lambda(\lambda - 1)(\theta' + \theta^2 - \mu)}\right],$$

où les signes supérieurs ou inférieurs se correspondent.

Par suite, *la solution de l'équation* (1) *s'exprime par les formules* (2), *où* F *et* G *sont définis à l'aide des expressions* (5) *contenant une fonction arbitraire* [1].

Dans le cas où $\lambda \equiv 1$, $\mu \equiv 0$, l'équation (1) est vérifiée par

$$f(x) = A\theta\left(\frac{\theta}{\theta'}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad g(x) = B(\theta\theta')^{-\frac{1}{2}},$$

en désignant par $\theta \neq$ const. une fonction quelconque de $x$, possédant une dérivée première; par A et B, deux constantes arbitraires.

2. Mettant à profit le procédé indiqué, on peut trouver une solution d'équations de Monge de types beaucoup plus généraux. Il en est ainsi, par exemple, de l'équation

$$\frac{f''}{f} + \lambda(x)\frac{g''}{g} = P\left(x, \frac{f'}{f}, \frac{g'}{g}\right),$$

P étant une fonction arbitraire des arguments indiqués.

Notre procédé s'applique, plus généralement, à toute équation indéterminée du second ordre, réductible par (2) à une équation de la forme

$$\frac{dR}{dx} = S, \qquad \text{avec} \quad R = R(F, G, x), \qquad S = S(F, G, x);$$

les fonctions F et G se déterminent alors à l'aide des relations

$$(6) \qquad R(F, G, x) = \theta, \qquad S(F, G, x) = \theta'.$$

Une telle équation indéterminée jouissant de la propriété citée sera nommée *équation* (E).

Dans l'intégration effective d'une équation (E), on rencontre, en premier lieu, des difficultés de nature purement algébrique et, en second lieu, la nécessité d'effectuer deux quadratures.

Il y a ici une analogie avec les équations différentielles linéaires à coefficients constants. A ce type d'équations on rattache *l'équation caractéristique*.

---

(1) Dans les solutions $f$ et $g$ interviennent aussi deux constantes d'intégration A et B, à savoir

$$f = A\exp\left(\int_{x_0}^{x} F\,dx\right), \qquad g = B\exp\left(\int_{x_0}^{x} G\,dx\right)$$

($x_0$ = valeur numérique convenablement choisie).

Dans le cas des équations du type (E), le système (6) joue le rôle d'équation caractéristique. Pour l'équation (1), qui est un cas fort spécial du type (E), *le système caractéristique* est donné par (3) et (4). Il y a lieu d'ajouter que ce procédé s'étend à des équations indéterminées d'ordre supérieur à deux.

3. *Application.* — Dans le cas où $\lambda \equiv \text{const} = 1 - n^2$, $\mu \equiv 0$, l'équation (1) devient

$$\frac{f''}{f} + (n^2 - 1)\frac{g''}{g} = 0 \tag{7}$$

et donne précisément l'équation dont dépend un problème de théorie de l'Élasticité étudié depuis 1912 jusqu'à ce jour par de nombreux mathématiciens (²) (H. Reissner, E. Meissner, P. Neményi, E. Reissner, V. Sokolovsky, D. Mitrinovitch).

En utilisant les résultats des paragraphes précédents, on obtient, pour l'équation (7), une solution générale où intervient une fonction $\theta(x)$ complètement arbitraire, ce qui permet de former des fonctions $f(x)$ et $g(x)$ qui peuvent être admises dans le problème d'Élasticité dont il s'agit.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'hydrodynamique quantique de l'hélium aux très basses températures. I. La condensation de Bose-Einstein.* Note (*) de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. On sait qu'au-dessous d'une température de 2°,19 K, l'hélium liquide se transforme d'« hélium I » en « hélium II » au comportement anormal. F. London (¹) a donné une interprétation quantique de certaines des propriétés thermodynamiques de l'hélium II, en assimilant ce liquide à un *gaz parfait* de Bose-Einstein au-dessous de la « température critique » où une importante partie des particules se rassemble dans l'état d'énergie le plus bas; Tisza (²) et Landau (³), d'autre part, ont décrit les propriétés de transport de l'hélium II, en considérant ce liquide comme un *mélange de deux fluides* définis *a priori* par certaines hypothèses.

2. Il est possible de proposer une explication de l'ensemble de ces propriétés en se servant de la Mécanique ondulatoire des systèmes de particules, sous sa

(²) Pour l'état et la bibliographie de ce problème, *voir* particulièrement : P. Neményi and C. Truesdell, *Proceedings of the National Academy of Sciences U. S. A.*, **29**, 1943, p. 159-162; C. Truesdell, *Transactions of the American Mathematical Society*, **58**, 1945, p. 96-166; **61**, 1947, p. 128-133; D. S. Mitrinovitch, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 327-328.

(*) Séance du 19 mars 1951.

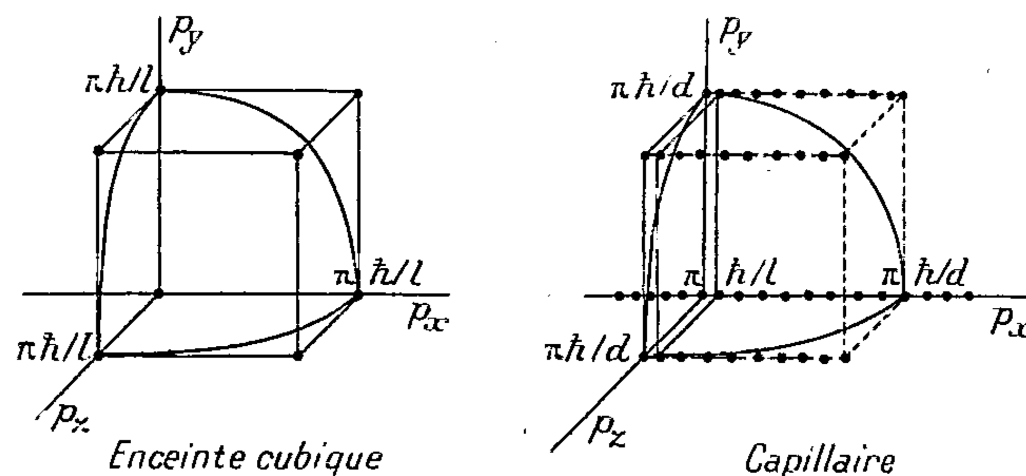
(¹) *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 947.

(²) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1035, 1186; *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 838.

(³) *J. Phys. U. S. S. R.*, **5**, 1941, p. 71; **8**, 1944, p. 1.

forme tout à fait générale d'hydrodynamique quantique : deux Notes antérieures ([4]) ont précisé les équations et les relations de commutation vérifiées par ses opérateurs.

3. Il nous faut d'abord examiner certains aspects de la « condensation de Bose-Einstein » d'un gaz parfait. La manière dont cette *condensation* se réalise *dans l'espace des impulsions* dépend de la *forme de l'enceinte.*




Si le gaz est supposé, à la façon usuelle, contenu dans un *cube* ($0 \leqq x, y, z \leqq l$), son espace des impulsions est formé par les sommets $\{\alpha, \beta, \gamma\}$, d'un réseau cubique illimité d'arête $\pi\hbar/l$ ($p_x = \alpha\pi\hbar/l$, $p_y = \beta\pi\hbar/l$, $p_z = \gamma\pi\hbar/l$). A chacun des sommets $\mathbf{p}$ de ce réseau correspond le nombre

$$n_{(\mathbf{p})} = \frac{1}{\exp.\left\{\alpha + \frac{\varepsilon_p}{kT}\right\} - 1} \tag{1}$$

de particules ayant l'énergie $\varepsilon_p$. Au-dessous d'une certaine température critique $T_0$, la condition $\Sigma n_p = N$, nombre total de particules, exige que $n(0, 0, 0)$ soit une partie importante ([5]) de N : il y a ainsi « condensation » d'un grand nombre de particules dans l'état d'énergie la plus basse. En fait, cette énergie $\varepsilon_0$ n'est pas nulle : dans l'enceinte, en effet, $\Delta p_x \geqq \hbar/\Delta_x \geqq \hbar/l$, donc $\varepsilon_0 \geqq 3\hbar^2/2ml^2$. Les impulsions des particules « condensées » sont donc représentées par des points *impossibles à localiser à l'intérieur d'une sphère de rayon* $|\mathbf{p}| \leqq \hbar\sqrt{3}/l \sim \pi\hbar/l$.

4. Supposons à présent le gaz parfait dans un *capillaire*, parallélépipédique pour simplifier ($0 \leqq x \leqq l$, $0 \leqq y$, $z \leqq d < l$; d'où $p_x = \alpha\pi\hbar/l$,

([4]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1280 et 1331.

([5]) Un calcul simple basé sur (1) permet de se représenter l'extrême densité relative de cette condensation. Pour l'hélium liquide, $N = 2.10^{22}$ particules/cm$^3$; si $n(0, 0, 0) = 10^{21}$ atomes/cm$^3$, on vérifie que les quelques 4000 états d'énergie comprise entre $\varepsilon_0$ et $100\,\varepsilon_0$ ne sont occupés en moyenne que par $10^{17}$ atomes/cm$^3$, ce qui est négligeable. Ainsi, il est, en pratique, presque équivalent de limiter la sphère de condensation de Bose-Einstein comme ici à $|\mathbf{p}| \leqq \hbar\sqrt{3}/l$, ou à $|\mathbf{p}| \leqq 10\hbar\sqrt{3}/l$, comme le fait London ([1]). Cette dernière limitation a l'inconvénient de masquer l'interprétation proposée ici.

$p_y = \beta\pi\hbar/d$, $p_z = \gamma\pi\hbar/d$). Les impulsions des particules « condensées » sont maintenant représentées par des points intérieurs à la sphère $|\mathbf{p}| \leqq \hbar\sqrt{2}/d$ définie par l'énergie résiduelle au zéro absolu $\hbar^2/md^2$ (qui est ici beaucoup plus grande); *la composante $p_x$ de ces impulsions possédera un spectre discret* de $2l/d$ valeurs ($|\alpha| \leqq l/d$). La plupart des particules « condensées » seront dans ces états $\{\alpha, 0, 0\}$, dont le nombre peut atteindre en pratique $10^6$ ou $10^7$.

Dans les conditions d'équilibre idéal où nous nous trouvons ici, l'effet des $\alpha < 0$ compense exactement celui des $\alpha > 0$, car la répartition des particules parmi les impulsions est symétrique. Mais il suffira qu'elle cesse de l'être (par exemple, par l'effet de l'ouverture du capillaire ou par celui de la pesanteur), pour que *la « phase condensée en impulsion » se manifeste par un mouvement d'ensemble qui peut devenir* observable *au sens quantique et à l'échelle macroscopique*. Il est facile, dès à présent, de voir que les propriétés d'un tel mouvement seront plus proches de celles d'une *propagation d'ondes* que de celles de l'écoulement d'un fluide classique : en effet, les longueurs d'ondes de de Broglie correspondant à la « phase condensée en impulsion » sont ici, $\lambda/2 = l/\alpha \geqq d$, diamètre du capillaire. A ces très basses températures, d'ailleurs, les notions corpusculaires ont déjà perdu une grande partie de leur valeur pour l'ensemble du gaz : la longueur d'onde d'un atome d'hélium, soumis à la seule agitation thermique, est $\sim 1,3 . 10^{-7}\, T^{-1/2}$ cm, alors que son diamètre de choc n'est que $\sim 3 . 10^{-8}$ cm.

Une prochaine Note montrera comment l'on passe du gaz parfait au fluide réel.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Méthode pour l'étude des perturbations à durée limitée.* Note (*) de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

En suivant de près les méthodes récemment indiquées par MM. Schwinger et Lippmann, l'auteur donne les formules générales pour le calcul des probabilités de transition d'un système soumis pendant un temps fini à l'action d'un potentiel extérieur.

I. Un certain système dont l'hamiltonien propre est $H_0$ indépendant du temps, est soumis pendant l'intervalle de temps $(t_1, t_2)$ à l'action d'un potentiel extérieur $H_1$, lui aussi indépendant du temps. En introduisant la primitive de la fonction $\delta$ de Dirac, $\eta(t)$, l'action perturbatrice subie par le système sera

$$V_1(t) = \{\eta(t - t_1) - \eta(t - t_2)\}\, H_1$$

et l'évolution du système est décrite par

$$\frac{i\hbar\, \partial\Psi}{\partial t} = [H_0 + V_1(t)]\,\Psi$$

(*) Séance du 28 mars 1951.

qui, par la transformation unitaire $\exp(-i/\hbar H_0 t)$ ([1]), devient :

$$\frac{i\hbar\,\partial\Psi(t)}{\partial t}=V'_1(t)\Psi(t),\qquad \text{avec}\quad V'_1(t)=\exp\left(\frac{i}{\hbar}H_0 t\right)V_1(t)\exp\left(-\frac{i}{\hbar}H_0 t\right).$$

Il est avantageux de transformer cette équation différentielle en une équation intégrale, car nous pouvons ainsi faire entrer directement dans le calcul la valeur initiale de $\Psi(t)$; et comme nous sommes intéressés par la détermination des probabilités de transition, nous pouvons prendre comme valeur initiale une des fonctions propres de $H_0$; ce qui donne

$$\text{(I)}\qquad \Psi(t)=\Phi_a-\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty}\eta(t-t')\,V'_1(t')\,\Psi(t')\,dt'.$$

Soit maintenant $\Gamma(t, t', \lambda)$ le noyau résolvant de (I) quand $i/\hbar=\lambda$. La solution de (I) s'écrit

$$\Psi(t)=\left\{1-\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty}\Gamma\left(t, t', -\frac{i}{\hbar}\right)dt'\right\}\Phi_a.$$

En tenant compte des deux équations intégrales que vérifie $\Gamma(t, t', \lambda)$, on est conduit à poser

$$\Gamma\left(t, t', -\frac{i}{\hbar}\right)=G\left(t, t', -\frac{i}{\hbar}\right)V'_1(t')$$

et $G(t, t', -i\hbar)$ vérifiera alors les deux équations intégrales suivantes :

$$\text{(II)}\quad\begin{cases} G\left(t, t', -\frac{i}{\hbar}\right)=\eta(t-t')-\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty}\eta(t-t'')\,V'_1(t'')\,G\left(t'', t', -\frac{i}{\hbar}\right)dt'',\\ G\left(t, t', -\frac{i}{\hbar}\right)=\eta(t-t')-\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty}dt''\,G\left(t, t'', -\frac{i}{\hbar}\right)V'_1(t'')\,\eta(t''-t'). \end{cases}$$

Nous voulons connaître $T_{ba}=(\Phi_b, \Psi(\infty))$, qui s'écrit encore :

$$T_{ba}=-\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\Phi_b, \Gamma\left(+\infty, t', -\frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a\right)dt'=-\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\Phi_b, G\left(+\infty, t', -\frac{i}{\hbar}\right)V'_1(t')\Phi_a\right)dt'$$

avec la supposition implicite $\Phi_b\neq\Phi_a$.

II. Des équations intégrales vérifiées par $G(t, t', -i/\hbar)$, on tire que

$$\int_{-\infty}^{+\infty}G\left(\infty, t', -\frac{i}{\hbar}\right)V'_1(t')\,dt'=\int_{-\infty}^{+\infty}V'_1(t')\,G\left(t', -\infty, -\frac{i}{\hbar}\right)dt'$$

et nous mettons $T_{ba}$ sous une forme analogue à celle donnée par Schwinger

$$T_{ba}=-\frac{i}{\hbar}(\Phi_b, H_1\Psi_a(E_b))$$

---

([1]) *Cf.* J. Schwinger et B. A. Lippmann, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 469.

avec

$$\Psi_a(E) = \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[(E - H_0)\frac{it}{\hbar}\right]\{\eta(t - t_1) - \eta(t - t_2)\}\, G\left(t, -\infty, -\frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a\, dt$$

et, suivant toujours les procédés de Schwinger et Lippmann, nous chercherons une détermination de $\Psi_a(E)$ ne faisant pas intervenir l'intégration. La première des équations (II) permet d'écrire

$$\Psi_a(E) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{(E-H_0)t\frac{i}{\hbar}}\{\eta(t - t_1) - \eta(t - t_2)\}\Phi_a\, dt - \frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty} dt \int_{-\infty}^{+\infty} dt''\, e^{(E-H_0)t\frac{i}{\hbar}}$$
$$\times\{\eta(t - t_1) - \eta(t - t_2)\}\eta(t - t'')\, H_1\, e^{(E-H_0)t''\frac{i}{\hbar}}\{\eta(t'' - t_1)\eta - (t'' - t_2)\}G\left(t''_1 - \infty, \frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a.$$

La première intégrale est immédiate. Pour l'intégrale double, nous posons

$$u = t - t'', \qquad v = t''$$

nous effectuons d'abord l'intégration sur $u$ et il reste à calculer

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[(E - H_0)\frac{iv}{\hbar}\right]\{\eta(v - t_1) - \eta(v - t_2)\}^2\, G\left(v, -\infty, -\frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a\, dv,$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \eta(t_2 - v)\exp\left(H_0 v\frac{i}{\hbar}\right)H_1 \exp\left(-iH_0\frac{v}{\hbar}\right)\{\eta(v - t_1) - \eta(v - t_2)\}\, G\left(v, -, \infty - \frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a\, dv.$$

Pour la première on remarque que

$$[\eta(v - t_1) - \eta(v - t_2)]^2 = \eta(v - t_1) - \eta(v - t_2);$$

Pour la troisième, on remarque que

$$\eta(t_2 - v)[\eta(v - t_1) - \eta(v - t_2)] = \eta(v - t_1) - \eta(v - t_2).$$

Nous tenons compte de la première équation (II) et il vient

$$\Psi_a(E) = i\hbar(E - E_a)^{-1}\exp\left[\frac{i(E - E_a)}{\hbar}\right]\Phi_a - i\hbar(E - H_0)^{-1}$$
$$\times \exp\left[i(E - H_0)\frac{t_2}{\hbar}\right]G\left(+\infty, -\infty, -\frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a + (E - H_0)^{-1}H_1\Psi_a(E).$$

Dans une prochaine Note on donnera une application de cette formule au problème de la conservation de l'énergie en Mécanique quantique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Un problème relatif à un disque tournant dans un système de Galilée.* Note (*) de M. **André Metz**, présentée par M. Jean Becquerel.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons examiné le problème des points de rencontre successifs de deux mobiles parcourant en sens inverse, à des

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1185.

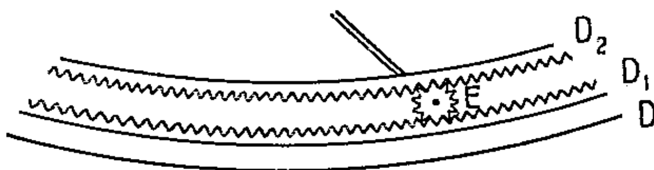
vitesses égales, la circonférence d'un disque, tournant lui-même par rapport à un système de Galilée.

Alexandre Dufour avait proposé un dispositif expérimental un peu différent, qui est le suivant ([2]) :

Un disque horizontal D porte et entraîne avec lui un moteur qui fait tourner d'un mouvement uniforme, autour d'un axe horizontal (fixe par rapport à D) un pignon denté E. Celui-ci engrène avec deux couronnes dentées horizontales entre lesquelles il est placé, et qui sont solidaires de deux disques $D_1$ et $D_2$ mobiles autour du même axe que le plateau D.

A. Dufour pensait réaliser ainsi l'égalité des vitesses par rapport au plateau D, des éléments des pourtours des deux disques $D_1$ et $D_2$.

P. Langevin a montré qu'il n'en était rien d'après la cinématique relativiste ([3]). En effet, les disques étant supposés sans fissures à leurs vitesses respectives, il faut qu'ils subissent des extensions qui compensent les contractions de Lorentz. Si $v_1$ est la vitesse circonférencielle des éléments du pourtour du disque $D_1$, ces éléments subissent une extension dans la proportion $1/\sqrt{1-(v_1^2/c^2)}$. De même, ceux du disque $D_2$, dans la proportion $1/\sqrt{1-(v_2^2/c^2)}$.




En raison de l'existence des engrenages et de leur fonctionnement, tout se passe normalement *pour le système de Galilée* : chaque fois que $D_1$ avance d'une dent sur E, $D_2$ recule d'une dent, c'est-à-dire d'une même fraction de circonférence. Les rencontres successives de points marqués sur les couronnes $D_1$ et $D_2$ doivent donc toujours se faire au-dessus des mêmes points de D.

On se trouve donc dans un cas nettement différent de celui du problème posé précédemment.

Le rapport entre les vitesses apparentes pour un observateur entrainé avec D est, d'après les calculs de Langevin $[1-(uv_1/c^2)]/[1-(uv_2/c^2)]$.

Il est à noter que cet observateur peut ainsi déceler son mouvement par rapport au système de Galilée (par l'inégalité des vitesses, mesurées par lui, de $D_1$ et de $D_2$). Une difficulté, signalée par M. F. Prunier ([4]) résulte du passage à la limite lorsque les disques augmentent de rayon sans changer les vitesses

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 894. *Voir* aussi à ce sujet *Revue Scientifique*, 86e année, articles de O. Costa de Beauregard, 15-4-1948, p. 427 et de F. Prunier, 1-12-1948, p. 729.

([3]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1162.

([4]) *Revue Scientifique*, 86e année, 1948, p. 730

circonférencielles. Le rapport précédent, qui ne dépend que de $u$, de $v_1$ et de $v_2$, demeure alors constant. A la limite, la rotation devient translation. Faut-il dire que l'observateur entraîné avec D pourra déceler son mouvement de translation ?

La solution de cette difficulté est la suivante :

La différence des vitesses de $D_1$ et de $D_2$ par rapport à D est due à l'extension des circonférences des disques, extension qui correspond à des contraintes imposées à ces disques, si l'on veut qu'ils restent sans fissure. En effet, comme nous l'avons montré antérieurement ([5]), si dans un disque en rotation tous les éléments de son pourtour gardaient leur longueur propre, celui-ci devrait craquer.

Ces contraintes et cette extension n'ont aucune raison d'être si, les rayons des disques augmentant, on remplace ceux-ci par des secteurs d'angle très petit. Les vitesses apparentes de $D_1$ et de $D_2$ par rapport à D sont alors égales. Si l'on passe à la limite, les éléments de circonférence deviennent des lignes droites, et les rotations des translations, mais les problèmes que posent ces translations rentrent strictement dans le cas général, et il n'y a aucun observateur ni aucun système privilégié.

OPTIQUE. — *Sur la correction de certains défauts dus à la diffraction.* Note de MM. **André Blanc-Lapierre**, **Marcel Perrot** et **Pierre Dumontet**, présentée par M. Jean Cabannes.

On étudie une transformation mathématique de l'image de diffraction à l'infini d'un objet à l'infini. Cette transformation permet, dans une certaine mesure, de rendre l'image plus semblable à l'objet. On indique un principe de réalisation pratique de la transformation.

1. Soit $O, x, y, z$ un trièdre trirectangle. On s'intéresse à la diffraction à l'infini à travers une longue fente (largeur $2a$) d'axe $Ox$ située dans $xOy$ (longueur d'onde $\lambda$). L'objet, très éloigné, est supposé réduit à une distribution de sources incohérentes dans $yOz$, au voisinage de $Oz$. On repère un point à l'infini (objet ou image) par le cosinus $\beta$ de l'angle formé par sa direction avec $Oy$. Objet et image sont caractérisés par les distributions de brillance $\sigma(\beta)$ et $S(\beta)$.

La transformation qui fait passer de $\sigma$ à S est un filtre linéaire ($|\beta| \ll 1$) ([1]), ([2]), ([3]): si l'on effectue l'analyse harmonique de $\sigma$ en « ondes spatiales » $e^{\pi 2 i \nu \beta}$,

---

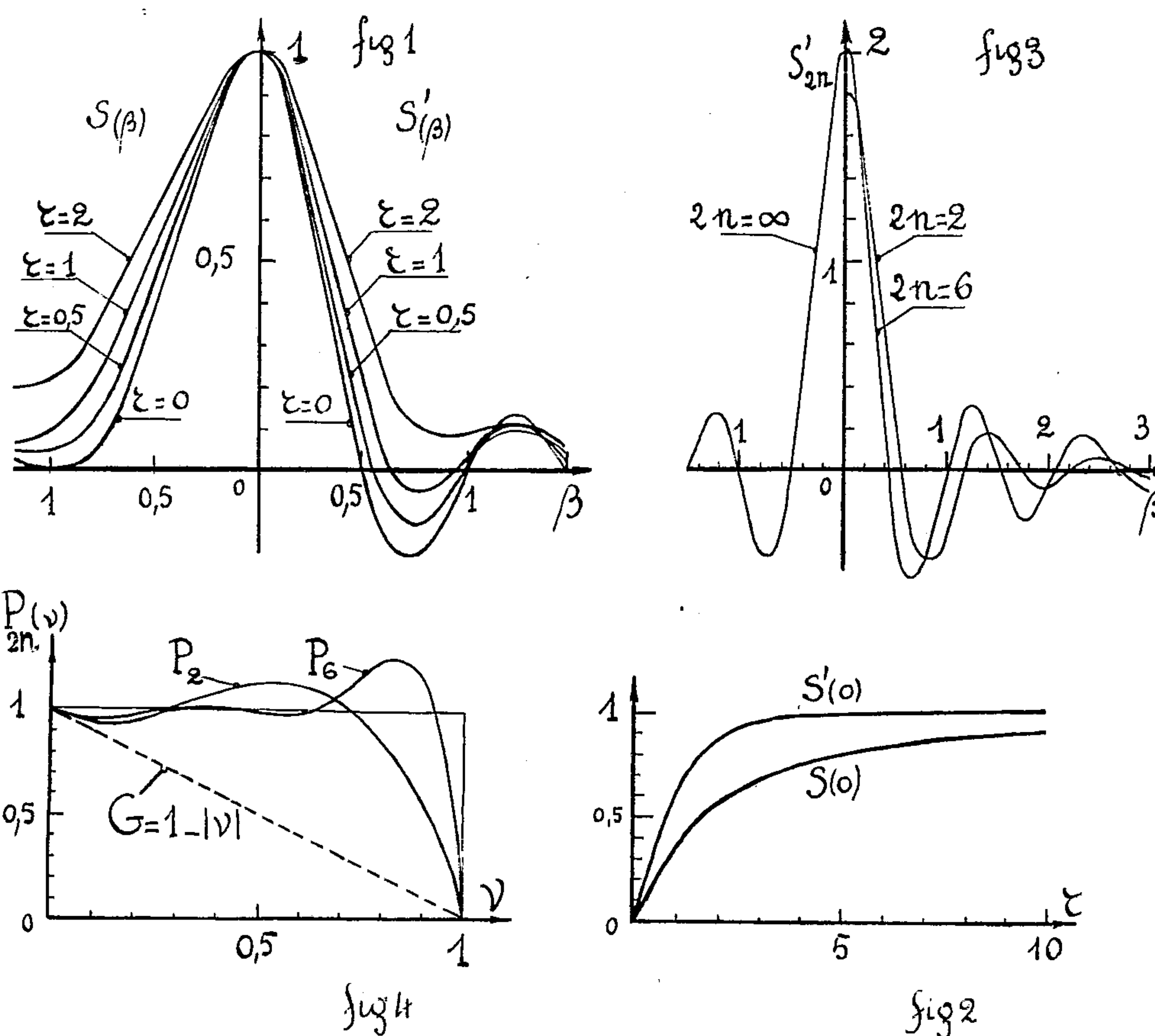
([5]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2056.

([1]) P. Duffieux, *L'intégrale de Fourier et ses applications à l'Optique*, Rennes, 1946.

([2]) A. Blanc-Lapierre, *Revue scientifique*, **17**, 1947, p. 1027.

([3]) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 539.

S est la superposition de ces mêmes « ondes », chacune étant affectée d'un facteur de transmission $G(\nu)$ (gain du filtre). Prenons $\lambda/2a$ comme unité d'angle $\beta$; on a alors $G(\nu)=0$ pour $|\nu|>1$ (ondes $\Theta_2$) et, à un facteur constant près, $G(\nu)=1-|\nu|$ pour $|\nu|<1$ (ondes $\Theta_1$). Les ondes transmises ($\Theta_1$) le sont inégalement. On peut corriger cette dernière distorsion en remplaçant $S(\beta)$ par sa transformée $S'(\beta)$ dans un filtre linéraire $\Phi$ de gain $\gamma=1/G$ dans $|\nu|<1$ ([3]).




2. *Effet de l'emploi du filtre correcteur* $\Phi$ :

*a*. Si l'objet ne contient que des ondes $\Theta_1$, on a $S'\equiv\sigma$.

*b*. Examinons la fidélité de reproduction d'un « détail » de brillance centrale unité, de « largeur » $\tau/\pi$, détail défini par

(1) $$\sigma(\beta)=\frac{1}{1+\frac{4\pi^2\beta^2}{\tau^2}}.$$

([1]) A. Blanc-Lapierre, Marcel Perrot et Pierre Dumontet, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 788.

On donne, pour diverses valeurs de $\tau$, les fonctions correspondantes $S(\beta)$ et $S'(\beta)$ (*fig.* 1) ramenées à avoir la valeur 1 à l'origine et (*fig.* 2) les valeurs $S'(0)$ et $S(0)$. On voit que, si on emploie $\Phi$, on a des taches centrales plus fines et une valeur centrale plus importante que dans le cas contraire; mais, l'emploi de $\Phi$ fait apparaître des taches latérales.

3. *Réalisation pratique de la transformation* $\Phi$. — $\Phi$ est une transformation mathématique; dans aucune optique, $S'$ n'est l'image de $\sigma$. On ne peut réaliser $\gamma$ qu'approximativement ($\gamma = \infty$ pour $|\nu| = 1$). Utilisons pour cela des polynomes pairs $\gamma_{2n}$ de degré $2n$ tels que $\gamma_{2n}(1 - |\nu|) = P_{2n}(\nu)$ diffère très peu de 1 sur $|\nu| < 1$. La transformée $S'_{2n}$ de $S$ sera alors une combinaison linéaire de $S$ et de ses dérivées :

$$\gamma_{2n}(\nu) = a_0 + a_2\nu^2 + \ldots + a_{2n}\nu^{2n}; \tag{2}$$

$$S'_{2n}(\beta) = a_0 S(\beta) + \ldots + \frac{(-1)^n}{(4\pi^2)^n}\frac{d^{2n}S}{d\beta^{2n}}. \tag{3}$$

La figure 3 donne $P_{2n}(\nu)$ pour deux polynomes : $\gamma_2[a_0 = 1, a_2 = 5]$ et $\gamma_6[a_0 = 1, a_2 = 6,37, a_4 = -18,27, a_6 = 32,66]$. La figure 4 fournit d'après les calcul, les images corrigées $S'_{2n}$ d'une fente fine servant d'objet : quand on utilise $\gamma_2[2n = 2]$ ou quand on utilise $\gamma_6[2n = 6]$ ou l'image qui correspondrait à $\gamma$ lui-même ($2n = \infty$). Le passage pratique de $S$ à $S'_{2n}$ selon (3) peut s'effectuer par le calcul, par des circuits électriques convenables, ou par un appareil optique ([4]). On sera limité par la précision avec laquelle on peut déduire, d'une courbe expérimentale $S$, des valeurs assez bonnes pour les dérivées utilisées.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la cristallisation des couches très minces d'or.* Note de MM. **Antoine Colombani** et **Gaston Ranc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'un des buts de ce travail a été l'étude, à la température ambiante, du comportement des couches très minces d'or déposées sur des supports, amorphe comme le plexiglas ou cristallin comme le sel gemme (cristal de $NaCl$).

La technique expérimentale est celle de l'évaporation thermique, dans le vide de la pompe à diffusion d'huile en présence d'air liquide. L'épaisseur des dépôts est mesurée à 6 % près à l'aide d'un étalonnage préalable par pesées. Enfin, ce sont les variations de conductibilité du dépôt qui nous renseignent sur l'évolution de sa cristallisation.

Voici très brièvement les résultats essentiels de nos observations :

1° *Dépôts sur plexiglas.* — Aux épaisseurs très faibles inférieures à 50 Å l'évolution de la résistivité est fonction croissante du temps. Ce n'est qu'au-dessus de 50 Å qu'apparaît l'évolution spontanée décroissante signalée ordinairement et correspondant à la cristallisation (*fig.* 1). La courbe pointillée de

la figure 2 traduit, en fonction de l'épaisseur, les variations de la résistivité après stabilisation. Celle-ci est constante au delà d'une centaine d'angströms et vaut sensiblement 2,8 fois celle qui correspond à l'or massif.

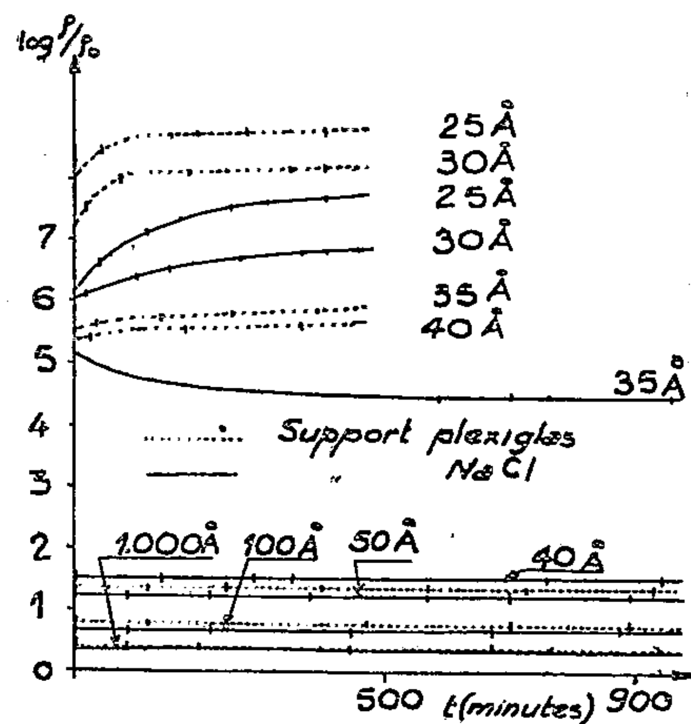



Fig. 1.

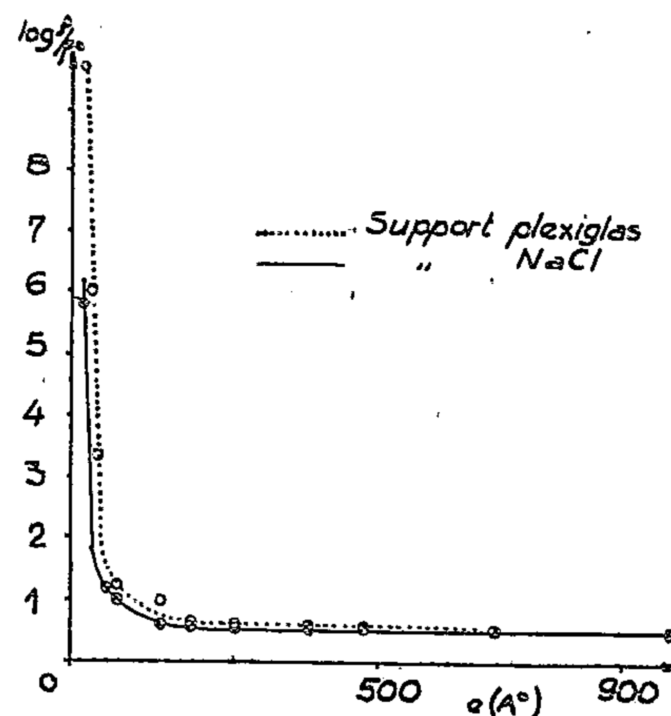



Fig. 2.

2° *Dépôts sur cristal* NaCl. — Au-dessous de 35 Å, valeur inférieure à celle qui correspond au support amorphe (50 Å), l'évolution de la résistivité est croissante en fonction du temps. Elle est décroissante au-dessus de 35 Å. De plus, la courbe donnant, en fonction de l'épaisseur, la résistivité du dépôt sur NaCl est toujours située au-dessous de celle du dépôt sur plexiglas (*fig.* 2) du moins jusqu'à 500 Å.

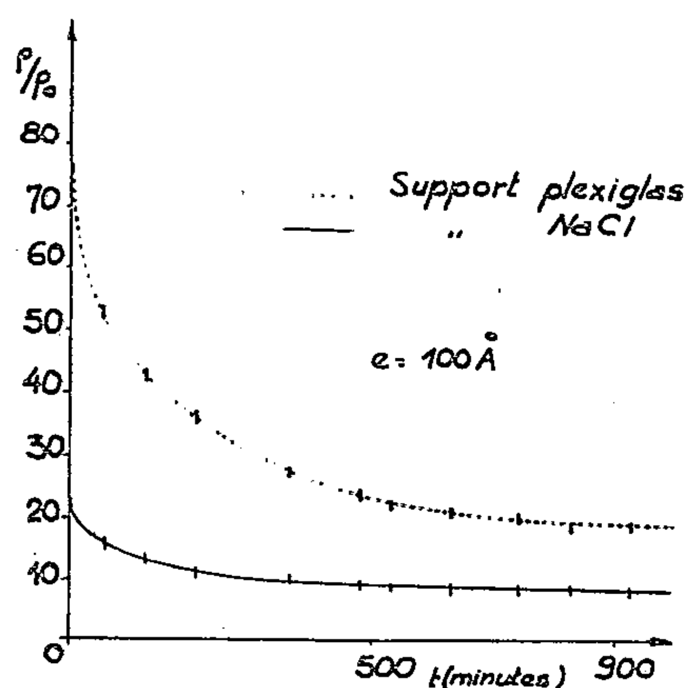



Fig. 3.

Fig. 4.

Trois faits importants sont à retenir :

A. L'épaisseur à partir de laquelle l'évolution cristalline apparaît est plus faible sur le support orienté (12 couches atomiques) que sur le support amorphe (16 couches atomiques).

B. A épaisseur égale (de 0 à 500 Å), la résistivité d'un dépôt sur cristal de sel gemme est inférieure à celle d'un dépôt sur plexiglas, et l'écart est d'autant plus important que l'épaisseur est plus faible.

C. Les rapidités d'évolution dans la cristallisation sont toujours beaucoup plus grandes sur le support amorphe (à épaisseur égale) (*fig.* 3). Cette différence de mobilité des atomes est évidemment due à la différence de grandeur des forces d'adsorption des supports et très probablement aussi à l'action supplémentaire d'orientation pour ce qui concerne le cristal.

Le microscope optique, même aux plus forts grossissements et aux plus faibles épaisseurs, ne permet pas de déceler une différence de structure des dépôts qui paraissent continus. Par contre, le microscope électronique (*pouvoir séparateur* $s = 60$ Å) nous a fourni des renseignements intéressants :

1° Les dépôts sur plexiglas paraissent continus. On n'aperçoit pas de microcristaux, même avec le grossissement 15 000 ($s = 60$ Å).

2° Les dépôts sur NaCl montrent la présence d'une multitude de microcristaux dont certains atteignent des dimensions de 1000 Å.

(Ces observations ont été faites sur les couches séparées du support. Le cliché présenté correspond à une épaisseur de 60 Å sur NaCl. Les traits blancs transversaux proviennent d'un effet de tension de la membrane de collodion-support.)

Les cristaux se détachent en noir. Leur dimension moyenne est d'environ 500 Å. Tantôt ils sont entourés d'or paraissant non cristallisé ($s = 60$ Å), tantôt ils sont isolés. Dans les deux cas, leur croissance paraît se faire aux dépens de leur entourage et doit s'accélérer si la température s'élève, avec une augmentation correspondante de la conductibilité. Ces résultats étendent et précisent les travaux américains qui signalent l'apparition de gros cristaux d'argent (support NaCl) complètement orientés, séparés par des trous (windows) et visibles au microscope optique *après chauffage au-dessus de* 400° C.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Les concentrations spatiales de corpuscules chargés en champ magnétique inhomogène. Application à la spectrographie* β. Note (*) de M. JOSEPH LAFOUCRIÈRE, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsqu'une source ponctuelle, placée dans le plan équatorial de l'entrefer d'un électro-aimant, à la distance $r_0$ du centre des pièces polaires, dans un champ inhomogène à symétrie de révolution, émet des corpuscules chargés, nous avons signalé l'apparition d'un phénomène de focalisation sur le cercle de

(*) Séance du 28 mars 1951.

rayon $r_0$, se traduisant dans le plan médian par une concentration permanente sur le pourtour des pièces polaires ([1]).

Pour des corpuscules dont la vitesse initiale serait dirigée *hors du plan de symétrie*, il est possible de prévoir l'allure du phénomène sans résoudre les équations du mouvement. Les coordonnées utilisées étant les semi-polaires de l'espace, ($z = 0$ étant le plan équatorial), ces équations ne sont justiciables dans le cas le plus général, que d'une intégration numérique.

La topographie du champ magnétique est parfaitement déterminée par les valeurs qu'il prend dans le plan $z = 0$. Il est ainsi possible de calculer le potentiel-vecteur $A(rz)$ en tout point d'un plan méridien et de tracer pour chaque valeur de $z$ la courbe $rA(r)/\rho H$. Généralisant les résultats obtenus dans le plan de symétrie, on peut montrer que la limite $r_2$ des trajectoires vers les grands rayons est remplacée par une surface méridienne $\Sigma_2$ lorsqu'on prend une valeur donnée de l'angle d'émission $u_0$, toutes les valeurs possibles de $\theta_0$ (angle de la vitesse initiale avec $z = 0$) étant représentées. Le rayon de courbure de cette méridienne est plus faible que celui de la ligne de force passant au même point $(r_2, 0)$ (*fig.* 1). De même la limite inférieure est une méridienne $\Sigma_1$ de courbure inférieure à celle de la ligne de force.

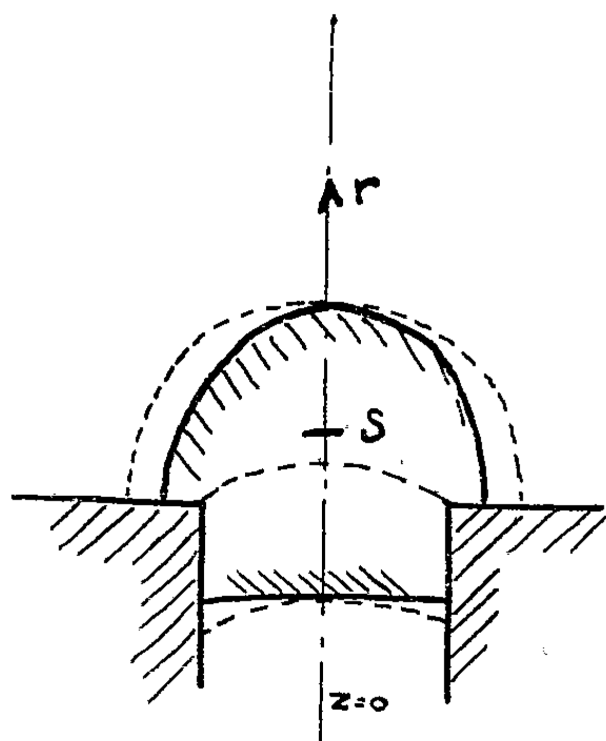



Fig. 1.

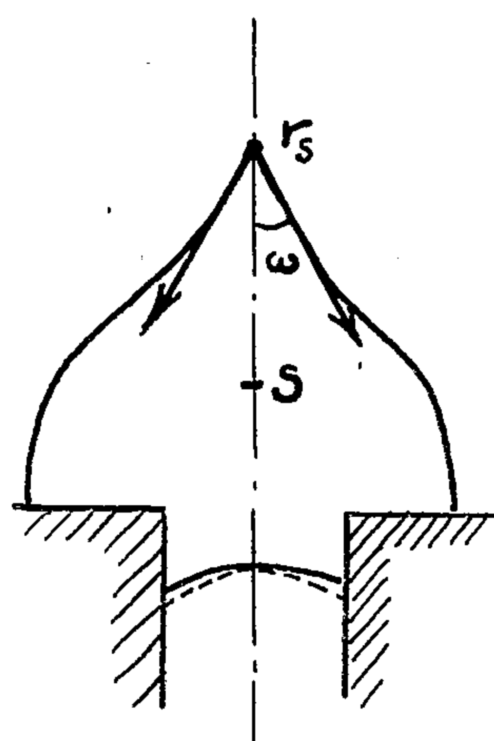



Fig. 2.

On peut montrer que la pente $dr/dz$ de la méridienne supérieure tend vers zéro avec $z$ lorsque la trajectoire du plan médian émise sous l'angle $u_0$ est une trochoïde. Par contre, cette pente tend vers une limite différente de zéro si la trajectoire du plan médian est asymptote à l'orbite stationnaire. La méridienne présente alors un point anguleux pour $z = 0$ et si l'on désigne par $\omega$ le

([1]) J. LAFOUCRIÈRE, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1005.

demi-angle au sommet on a

$$\operatorname{tg}\omega = \sqrt{\frac{1}{r}\frac{H_z}{H'_z} + 1},$$

ou en faisant intervenir le rayon de courbure $\rho_H$ des lignes de force en ce point (*fig.* 2)

$$\operatorname{tg}\omega = \sqrt{\frac{\rho_H}{r} + 1}.$$

Ce résultat nous montre que ces types de méridiennes ne peuvent exister que dans les champs à $|rH_z|$ décroissant avec $r$. Le phénomène de stabilité des orbites stationnaires vis-à-vis de l'émission radiale montré par K. Siegbahn et N. Svartholm (2) a ainsi une signification plus profonde : il s'agit dans le cas des champs à faibles gradients ($|rH_z|$ croissant avec $r$) de trochoïdes dont la limite supérieure est confondue avec la limite inférieure et qui entourent le centre des pôles, la précession valant $\delta = 2\Phi_r$ ($\Phi_r$ angle de focalisation radiale). Dans les champs à $|rH_z|$ décroissant par contre, les orbites stationnaires sont des asymptotes aux trochoïdes lorsque la précession devient infinie. *L'existence de méridiennes à points anguleux indique donc la présence d'une orbite stationnaire au rayon correspondant.*

Dans le cas de spectres continus, la concentration du plan médian à $r = r_0$, se généralise en une méridienne passant par le point $(r_0, 0)$ avec $dr/dz = 0$. Cette méridienne est permanente sur tout le pourtour des pièces polaires. Elle constitue l'*arc fin* obtenu expérimentalement (3) et dont l'origine est discutée dans ma thèse de Doctorat (Chap. III). Par contre, la méridienne à point anguleux n'est décelable que dans le cas particulier où la trajectoire asymptote est émise sous $u_0 = 0$ et pour des corpuscules monocinétiques. Sa forme nous renseigne sur la nature des trajectoires dans le plan médian et nous permet d'en déterminer le $\rho H$. Le grand pouvoir dispersif du champ décroissant permet ainsi par cette méthode de « faire sortir » une radiation monocinétique d'un spectre continu à condition que son énergie soit supérieure à la limite du spectre et de calculer immédiatement son produit $\rho H$, la mesure de l'angle au sommet fournissant une vérification.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une anomalie concernant la diffusion des rayons $\beta$ dans la matière* (I). Note de Mlle **Tosiko Yuasa**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des anomalies dans la diffusion des rayons $\beta$ ayant été signalées par Charpak et Suzor (1), nous avons établi une statistique des chocs nucléaires

(2) *Ark. mat. Ast fys Sverige*, 1947, **33**, n° 4 A, art. **21**.
(3) J. Thibaud, *Revue Scientifique*, n° **3296**, 1948, p. 455.
(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1471.

simples des rayons $\beta^-$ émis par $^{32}P$ dans l'atmosphère de la chambre de Wilson et nous avons constaté que les chocs à angles plus grands que 5° environ étaient plus fréquents au voisinage de la source, et que ce phénomène se présentait aussi bien dans l'argon que dans l'air.

Pour en vérifier l'existence, nous avons entrepris les expériences suivantes. La source de $^{32}P$ déposée soit sur une lamelle de mica de 0,5 mg/cm² (source A), soit derrière une lamelle de polystyrène de 8,5 mg/cm² (source B) a été introduite dans la chambre de Wilson à une distance de 3,8 cm ou 6,8 cm d'une feuille d'Al de 0,3 mg/cm², tendue verticalement au milieu de la chambre de Wilson. La chambre était remplie soit d'air, soit d'un mélange d'air et d'hélium. Dans les deux autres séries d'expériences, nous avons remplacé la source de $^{32}P$ par la source de $^{115m}In$, qui émet des électrons de conversion interne des rayons $\gamma$ de 340 keV.

Nous avons examiné la diffusion des rayons $\beta$ par l'écran d'Al de la façon suivante : nous n'avons pris que les trajectoires ayant une longueur d'au moins 4 cm après la traversée de l'écran et entrant dans l'angle défini sous lequel la source voit une partie de l'écran. Les rayons mous subissant un grand nombre de chocs multiples ont été exclus.

La mesure des angles de diffusion, $\theta$, a été faite en projection sur un plan horizontal. On a fait la moyenne des valeurs des angles trouvés sur chaque paire de clichés stéréoscopiques. L'erreur de mesure maximum sur chaque angle était de $\pm$ 3 degrés.

Les pourcentages des rayons dont l'angle projeté $\theta_p$ est respectivement plus grand que 5° et 10° sont indiqués dans le tableau suivant :

| Série. | Atmosphère. | Particules. | Source. | Masse traversée avant d'arriver à l'écran (mg:cm²). | Nombre de traj. comptées (N). | $\frac{n\theta_p}{N} \times 100$ $\theta_p > 5°$. | $\theta_p > 10°$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 *a*..... | air | $\beta^-$ de $^{32}P$ | A | 4,35 | 248 | 31,1±3,5 | 6,8±1,7 |
| 2....... | » | » | A | 7,80 | 228 | 16,0±2,7 | 3,1±1,2 |
| 3 *a*..... | » | » | B | 12,85 | 155 | 8,4±2,3 | 0 |
| 1 *b*..... | He + air | » | A | 2,90 | 117 | 27,5±4,9 | 10,3±3,0 |
| 3 *b*..... | » | » | B | 11,40 | 97 | 7,8±3,2 | 5,2±2,6 |
| 4....... | He + air | él. de conv. de $^{115m}In$ | A | 2,90 | 61 | 33,0±7,3 | 13,1±4,7 |
| 5....... | » | (él. de conv. de $^{115m}In$) | B | 11,40 | 74 | 38,0±7,2 | 19,0±5,1 |

En comparant respectivement les résultats obtenus dans les deuxième et troisième séries (*a* et *b*) avec les premières séries (*a* et *b*) on constate que l'angle de diffusion, au lieu de rester à peu près constant ou d'augmenter légèrement, diminue dans les séries dans lesquelles les rayons $\beta^-$ traversent plus de matière; ce fait est contraire au comportement généralement admis pour les chocs nucléaires des électrons et rayons $\beta$. Par contre, les résultats

obtenus avec les électrons de conversion de $^{113m}In$, séries 4 et 5, s'accordent avec le comportement ordinaire.

Ces résultats nous incitent à penser que l'interaction des rayons $\beta^-$ avec les noyaux se trouve modifiée après la traversée d'une faible épaisseur de matière (une dizaine de milligrammes par centimètre carré).

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Électromicroscopie de sols d'hydroxyde de nickel.* Note de M^lle **Odette Bagno**, M^me **Jacqueline Longuet-Escard** et M^lle **Agnès Mathieu-Sicaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

Faisant suite au travail effectué aux Rayons X sur le vieillissement de sols d'hydroxyde de nickel (¹), la présente étude se rapporte aux résultats obtenus grâce au microscope électronique. Les expériences ont porté principalement sur trois études :

*a.* Vieillissement à 20° : le précipité floconneux se peptise totalement en 48 h. en donnant des suspensions claires.

*b.* Effet de chauffage d'une durée de 5 h. sur le sol peptisé à des températures de 40°, 60° et 80°.

*c.* Floculation par le gaz carbonique.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

*a.* Les photos 1, 2 et 3 donnent les stades principaux du vieillissement. La photo 1 montre les gros flocons subsistant 7 h. après la précipitation ; les ombres indiquent que ces flocons sont très épais ; les lignes de leurs contours présentent fréquemment des angles de 120°, ce qui indique que les particules primaires, de 50 Å environ, sont orientées entre elles et posées à plat.

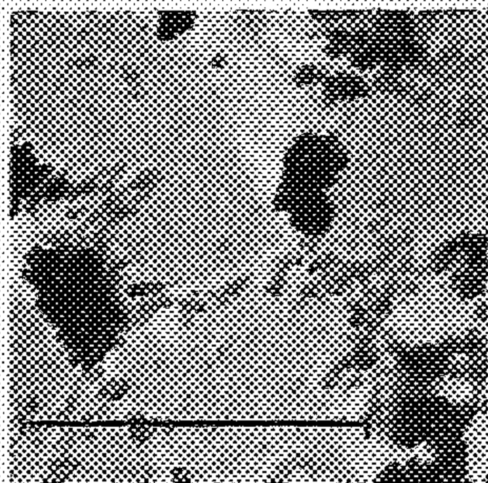


Fig. 1.

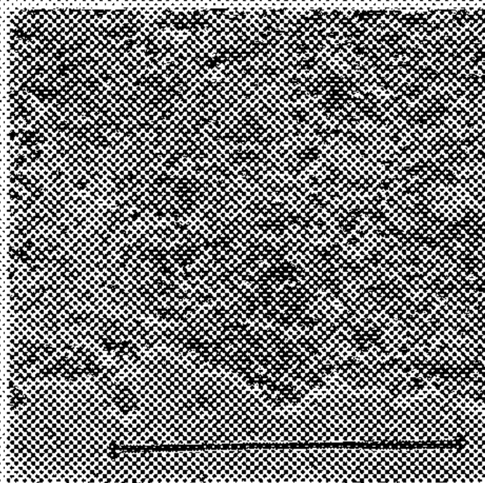


Fig. 2.

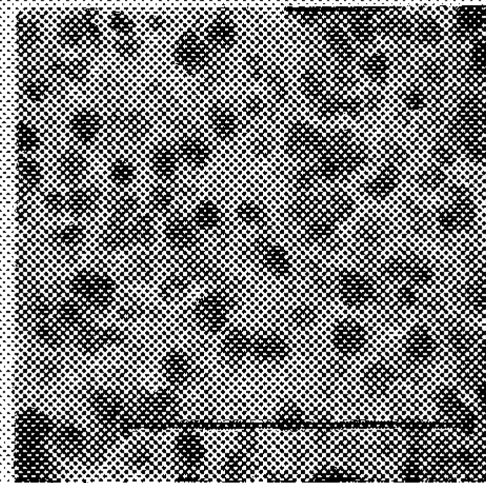


Fig. 3.

La photo 2 représente le stade peptisé que l'on obtient après 25 h 30. Après la destruction des flocons, les particules se groupent sur le support bord à bord, en formant un film continu de faible épaisseur, 50 Å environ, comme le

(¹) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1205.

montre l'ombre du bord du film; les diamètres des particules sont voisins de 150 Å. Dans l'ensemble, l'aspect du film permet d'affirmer qu'à ce stade, la suspension est sensiblement monodispersée.

La photo 3, correspondant à un vieillissement de 50 jours, montre des particules hexagonales bien formées, de diamètre sensiblement constant de l'ordre de 1 000 Å, mais d'épaisseur très variable.

*b*. La suspension chauffée à 40° (*fig.* 4), se signale par la présence de deux fractions distinctes, l'une étant de grosses particules, et l'autres des particules extrêmement fines. La photo 5, après chauffage à 60°, est une suspension encore polydispersée en diamètre et en épaisseur, mais plus homogène cependant que la précédente quant au diamètre. Enfin, chauffée à 80° (*fig.* 6), la suspension est devenue à peu près homogène en diamètre, mais hétérogène en épaisseur; les contours sont nets, et les hexagones sont plus réguliers. Cette dernière photo concorde avec celle que donnent Feitknecht, Signer et Berger ([2]).

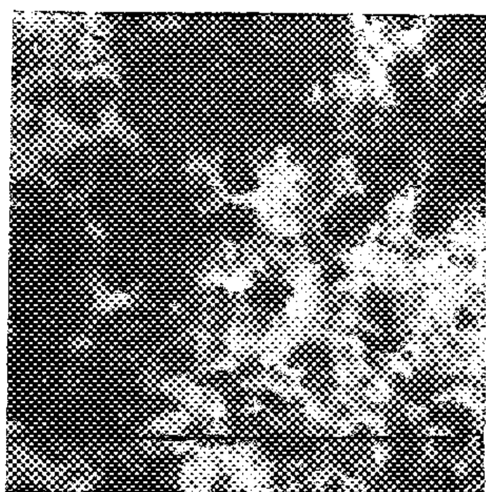


Fig. 4.

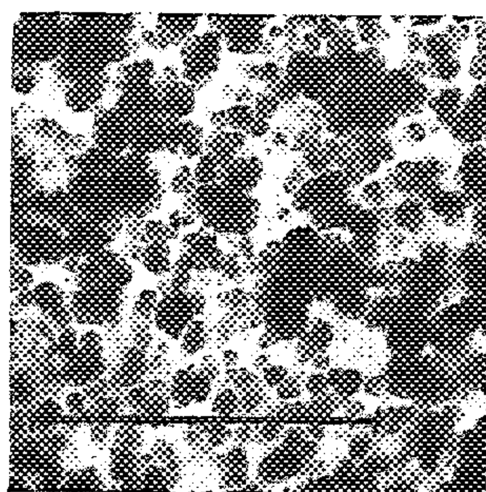


Fig. 5.

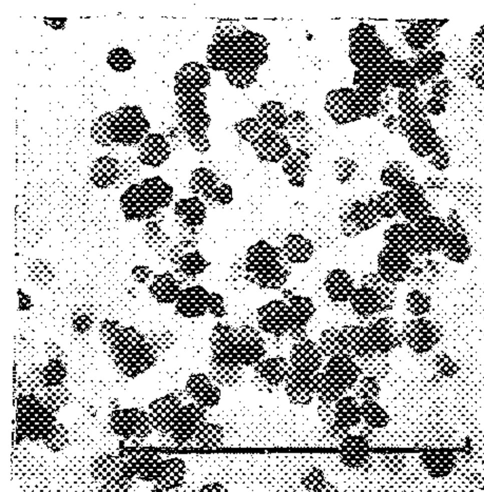


Fig. 6.

*c*. On a choisi deux préparations suffisamment vieillies, l'une à froid et l'autre à chaud. Les hexagones, présentant des contours nets, sont de l'ordre de 1 000 Å. On a floculé brutalement ces deux sols par barbotage de $CO_2$. Dans les deux cas, le microscope électronique montre des flocons formés par l'empilement d'hexagones superposés par leurs faces 001; au sein de ces flocons, les hexagones sont parallèles.

De l'examen de nombreux clichés, on peut tirer différentes observations générales :

1° Dans le stade qui suit la peptisation (à partir de 2 jours de vieillissement), les particules, très fines, tendent à se grouper en agrégats plats, de forme hexagonale et de très faible épaisseur. Les diamètres de ces agrégats sont sensiblement ceux des particules monocristallines qui seront formées au terme du vieillissement.

([2]) Feitknecht, Signer et Berger, *Koll. Zeit.*, 101, 1942, p. 19.

2° Dans la suite du vieillissement, ces agrégats se transforment en plaques homogènes, et d'autres particules, plus fines, viennent se fixer sur leurs faces 001, donnant des cristaux en gradins. Ces gradins disparaissent peu à peu, pour donner des faces cristallines unies.

3° Des cristallites hexagonaux bien formés tendent à leur tour à s'unir en chapelets, formés d'hexagones parallèles, dont la réunion se fait soit par les bords, soit par un léger empiètement des uns sur les autres.

Il y a lieu de souligner que l'on ne peut pas affirmer l'existence de ces chapelets dans la suspension : ils peuvent se former sur la membrane même. Par contre, les observations 1° et 2° semblent traduire l'évolution de la cristallisation au sein de la suspension. Les trois mécanismes mettent en évidence une très forte interaction entre les micelles.

Toutes les préparations examinées ont été suivies aux rayons X, à l'état d'agrégats orientés séchés; les diagrammes de diffraction conduisent à des conclusions identiques, quant aux dimensions des micelles et à leur état de polydispersion.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Propriétés diamagnétiques des silicones.*
Note (*) de M. ADOLPHE PACAULT, présentée par M. Paul Pascal.

La susceptibilité (¹) magnétique de silicones (²) linéaires et cycliques a été mesurée avec l'appareillage habituel (³). Les produits ont été très soigneusement purifiés. Le tableau réunit la formule des silicones étudiées, leur susceptibilité moléculaire mesurée K, la somme des susceptibilités $\Sigma K_\lambda$ des atomes autres que le silicium, la susceptibilité du Si $(K - \Sigma K_\lambda)/n$ ($n$ = nombre d'atomes de Si dans la molécule), la susceptibilité $K_c$ calculée de la molécule en prenant $K_{Si} = 12$ et l'erreur $\varepsilon = 100(K_c/K - 1)$.

On constate qu'en prenant $K_{Si} = 12$, nombre voisin de 13, trouvé par Pascal (³) la loi d'additivité des susceptibilités diamagnétiques est valable à 2 % près. C'est l'ordre habituel de précision de cette loi pour le diamagnétisme. Avec une précision supérieure commencent à apparaître les anomalies du second ordre (³) caractéristiques de l'individualité des molécules; ainsi, le dernier composé, dont la susceptibilité expérimentale est connue à 0,3 % près, présente une augmentation du diamagnétisme vraisemblablement corrélative de la cyclisation.

Contrairement à ce qu'on observe pour le carbone, la susceptibilité du

(*) Séance du 28 mars 1951.

(¹) Les susceptibilités sont données au facteur $-10^{-6}$ près.

(²) Ces composés nous ont été fournis par M. le Professeur Paul.

(³) *Ann. Chim.*, 1946, p. 527.

silicium en combinaison (12) est très différente de celle de l'élément (3,65) [4]. Elle diffère également de celles calculées théoriquement qui, bien que non identiques, sont voisines de $Si^0$ : 22,3, $Si^{+4}$ : 2,1, $Si^{-4}$ : 110 [5].

| Composés. | K. | $\Sigma K_A$. | $K_{Si}$. | $K_C$. | ε. |
|---|---|---|---|---|---|
| $CH_3{-}CO_2{-}Si(CH_3)_3$ | 85,0 | 73,1 | 11,9 | 85,1 | 0,1 |
| $(CH_3{-}CO_2)_2Si(CH_3)_2$ | 98,3 | 87,1 | 11,2 | 99,1 | 0,8 |
| $(CH_3CO_2)_3Si{-}CH_3$ | 112,5 | 101,0 | 11,5 | 113,0 | 0,4 |
| $(CH_3{-}CH_2{-}CO_2)_2Si(CH_3)_2$ | 122,0 | 110,8 | 11,2 | 122,8 | 0,7 |
| $(CH_3)_3Si{-}O{-}Si(CH_3)_2{-}O{-}Si(CH_3)_3$ | 165,0 | 127,5 | 12,5 | 163,5 | 0,9 |
| $(C_2H_5O)_3Si{-}O{-}Si(OC_2H_5)_3$ | 216,9 [5] | 192,1 | 12,4 | 216,1 | 0,4 |
| $[(CH_3)_2SiO]_3$ (cycle : trois Si, trois O) | 140,5 | 102,5 | 12,7 | 138,5 | 1,4 |
| $[(CH_3)_2SiO]_4$ (cycle : quatre Si, quatre O) | 187,8 | 136,7 | 12,7 | 184,7 | 1,6 |

La constance de la susceptibilité de Si en combinaison montre que les polarisations différentes des liaisons Si—C et Si—O (différences d'électronégativités respectives : 0,9 et 2) n'influent pas sur le diamagnétisme, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre et ce, contrairement aux résultats récents de Kazuo Asai [6] qui nous ont incité à la publication de ce travail déjà ancien.

(4) PACAULT, *Rev. Sci.*, 3288, 1948, p. 38.
(5) PACAULT, *Rev. Sci.*, 3266, 1947, p. 157.
(6) *Sci. Rep., R. I. T. U.*, A 2, n° 1, 1950, p. 205.

Cet Auteur compare, en effet, les susceptibilités moléculaires 266,2 et 276,4 des isomères $Si(CH_2C_6H_5)_4$ et $Si(C_6H_4CH_3)_4$. Par application de la systématique de Pascal [7] il tire respectivement 9,5 et 19,7 comme susceptibilités du Si. En comparant ces résultats avec ceux calculés théoriquement, il en déduit que la liaison Si—C est fortement ionique dans le premier composé et beaucoup moins dans le second.

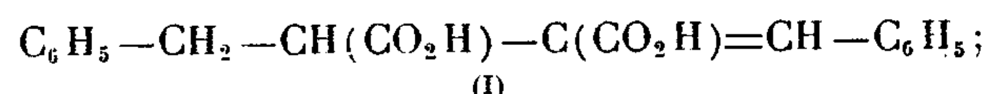
Une difficulté de principe semble s'opposer à ce genre d'explication. En effet, le déplacement d'électrons qui en polarisant positivement Si, diminue sa susceptibilité, polarise négativement le carbone et par conséquent augmente sa susceptibilité. Ces deux effets se compensent nécessairement par l'application même de la loi d'additivité qui ne fait intervenir que les valeurs moyennes. Il n'est donc pas possible de mettre en évidence la polarisation par cette méthode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structures et propriétés de quelques acides éthyléniques du groupe succinique.* Note (*) de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Rectifications de constitutions adoptées antérieurement et précisées par oxydation permanganique. Les anhydrides des acides éthyléniques étudiés subissent sous l'action de l'anhydride acétique et de la chaleur une transformation en anhydrides maléiques disubstitués.

I. *Acide benzylbenzylidènesuccinique.* — Nous avons avantageusement obtenu cet acide en modifiant le procédé de Claisen adopté auparavant [1]; la condensation de l'aldéhyde benzoïque avec l'ester diméthylique benzylsuccinique s'effectue bien au sein du toluène en présence de sodium finement pulvérisé. Au bout de 24 h, après traitement approprié en milieu acide, le toluène séparé, séché, est distillé; la saponification du résidu par KOH dans l'alcool à 95° permet l'isolement du sel alcalin précipité; l'acide obtenu par déplacement par ClH est purifié par le benzène.

Nous avons prouvé que cet acide F 162° répond bien à la structure



$$C_6H_5-CH_2-CH(CO_2H)-C(CO_2H)=CH-C_6H_5; \quad \text{(I)}$$

l'oxydation permanganique en milieu bicarbonaté [2] donne naissance à l'acide benzyloxalacétique décelable par la coloration violette avec $FeCl_3$,

---

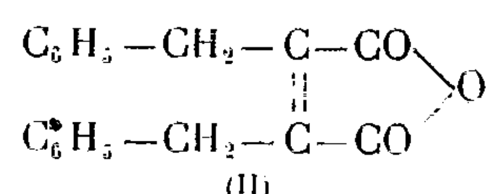
(7) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 814.

(*) Séance du 28 mars 1951.

(1) P. Cordier, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1191; *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1931, p. 68; *Ann. Chim.*, 10e série, **15**, 1931, p. 292.

(2) P. Cordier, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 848.

coloration fugace par suite de la transformation en acide benzylpyruvique. Cet acide (I) donne rapidement, avec l'anhydride acétique, l'anhydride correspondant F 132°. Nous avions indiqué que par action plus prononcée du réactif à l'ébullition on obtient une transformation en un composé auquel nous avions attribué la structure d'un anhydride dibenzylhydroxysuccinique ([3]). Cet anhydride cristallise difficilement F 65°. Nous avons constaté que l'obtention de ce corps s'effectue mieux en opérant vers 100°. Une nouvelle analyse nous a montré que l'anhydride en question bien purifié ne répondait pas à la formule indiquée. Il s'agit, en réalité, de l'anhydride dibenzylmaléique (II) :



Ce corps est très stable, on obtient bien en milieu alcalin les sels de l'acide correspondant mais en milieu acide il y a retour à la forme anhydridique. Cette particularité est bien connue pour les anhydrides de structure analogue : anhydrides pyrocinchonique, xéronique diphénylmaléique et anhydrides que nous avons obtenus, anhydrides phénylbenzylmaléique ([4]) et phénylphénoéthylmaléique ([5]). Notre erreur d'interprétation provient surtout du fait que l'anhydride (II), comme tous les anhydrides maléiques, présente en milieu alcoolique une réaction acide correspondant sensiblement à la fixation d'une molécule d'alcali par molécule d'anhydride; dans de telles conditions, l'action de $ICH_3$ donne un ester F 59° dont la teneur en C s'accorde assez bien avec celle d'un composé monométhylé de l'anhydride envisagé avec une fonction hydroxylée ([3]). Cependant, nous avons précisé que le dosage du groupement ($OCH_3$) est en accord avec la constitution de l'ester diméthylique de l'acide dibenzylmaléique.

Nous avons vérifié par oxydation permanganique en milieu alcoolique que l'anhydride (II) donne l'acide phénylpyruvique caractérisé facilement par la coloration verte avec $FeCl_3$, ce qui confirme bien l'existence et la place de la double liaison. Sous l'action de la potasse alcoolique, l'anhydride (II) donne le sel de potassium d'un acide différent (III) F 80° dont le schéma de structure répond à la formule (I) et non à celle d'un acide maléique disubstitué comme nous l'avions antérieurement décrit ([3]). L'oxydation permanganique de cet acide conduit aux mêmes résultats que dans le cas de l'acide (I). L'anhydride F 94° de cet acide se transforme en

([3]) P. Cordier, *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1931, p. 73; *Ann. Chim.*, 10e série, **15**, 1931, p. 297.
([4]) P. Cordier, *Comptes rendus*, **200**, 1936, p. 1412.
([5]) P. Cordier, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1427.

anhydride du type maléique (II) sous l'influence prolongée de l'anhydride acétique. Sous l'action plus poussée de KOH, l'acide (III) donne l'acide (I). On peut en conclure que l'acide (I) est la forme *trans*, l'acide (III) la forme *cis*.

II. *Acide benzylanisylidènesuccinique.* — On peut préparer ce corps en suivant le mode opératoire décrit pour l'acide (I) en remplaçant l'aldéhyde benzoïque par l'aldéhyde anisique. La transformation de l'anhydride correspondant se fait plus difficilement en anhydride isomère qui est bien du type maléique; nous n'avons pu l'obtenir cristallisé, sa structure est confirmée par oxydation permanganique qui donne l'acide phénylpyruvique, ce qui permet de réfuter la structure donnée antérieurement (6); avec $ICH_3$ on obtient l'ester diméthylique de l'acide correspondant F 57° et non l'ester monométhylé (6).

III. *Acide phénoéthylanisylidènesuccinique.* — L'analyse de l'anhydride F 70° obtenu par transformation sous l'influence de l'anhydride acétique à l'ébullition de l'anhydride phénoéthylanisylidènesuccinique (7) nous permet de lui attribuer la structure maléique; par action de $ICH_3$ en présence de KOH, il se forme l'ester diméthylé de l'acide correspondant F 46° (7).

*Conclusion.* — Dans les trois cas examinés, il y a analogie, les anhydrides des acides éthyléniques du type succinique s'isomérisent sous l'influence prolongée à chaud de l'anhydride acétique en anhydrides maléiques disubstitués, formes stables dans ces conditions. Sous l'action des alcalis, il y a migration de la double liaison avec retour aux composés éthyléniques succiniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode générale de synthèse des dialcoyl-2.5 anilines dissymétriques.* Note de MM. **N. P. Buu-Hoï**, **Bernard Eckert** et **René Royer**, présentée par M. Marcel Délépine.

Description d'une méthode générale permettant de préparer à l'état pur, des homologues de l'aniline portant en positions 2 et 5, deux radicaux alcooliques différents; les amines ainsi préparées ont servi de point de départ pour la synthèse de composés d'intérêt biologique.

La recherche des relations entre constitution chimique et activité cancéri-

---

(6) P. Cordier, *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1931, p. 81; *Ann. Chim.*, 10e série, **15**, 1931, p. 305.

(7) P. Cordier, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 538; *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1931, p. 53 à 59; *Ann. Chim.*, 10e série, **15**, 1931, p. 277 à 282.

gène des benzacridines et benzocarbazoles ([1]) nécessite la préparation de séries entières de tels composés, portant des substituants variés en des positions bien définies. Des matières premières essentielles utilisées dans ces synthèses sont les homologues de l'aniline qu'en général, on préparait jusqu'ici par réduction des dérivés nitrés d'hydrocarbures aromatiques. Or, dans le cas des dialcoyl-2.5 anilines (I), si cette méthode est satisfaisante lorsque l'hydrocarbure se nitre en une seule position (radicaux R et R′ identiques), elle ne conduit pas à des amines pures lorsque la nitration conduit à un mélange de deux isomères difficilement séparables (radicaux R et R′ différant l'un de l'autre).

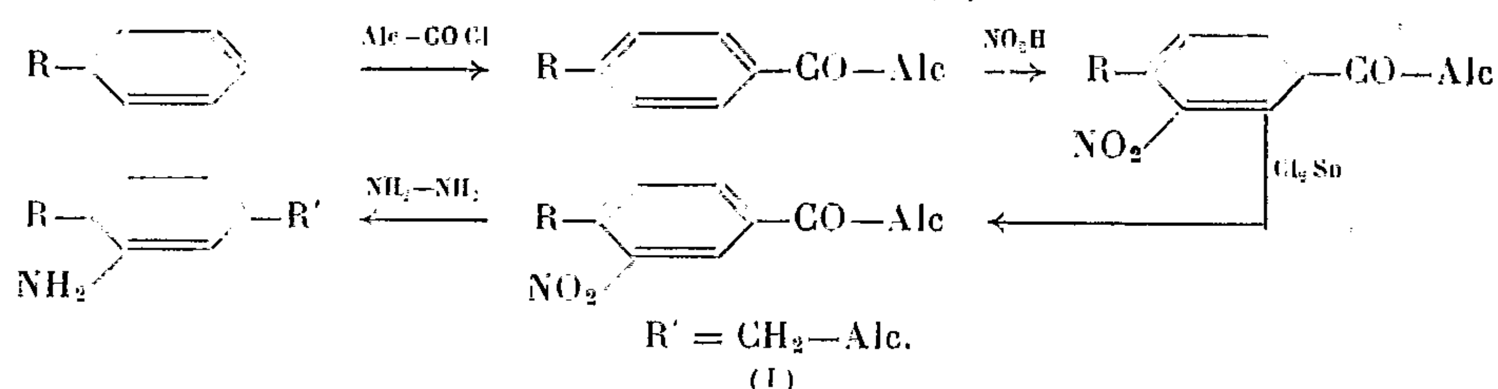
Nous proposons ici une méthode générale permettant d'obvier à cet inconvénient, et d'accéder aux dialcoyl-2.5 anilines dissymétriques pures. Elle comprend quatre stades :

*a. Acylation d'un alcoylbenzène* par la réaction de Friedel-Crafts avec obtention d'une cétone parasubstituée;

*b. Nitration* de la cétone ainsi obtenue, le groupe nitro se mettant en *méta* par rapport à la fonction cétone;

*c. Réduction de la nitrocétone* en aminocétone au moyen de chlorure stanneux en milieu chlorhydrique;

*d. Réduction de l'aminocétone* en dialcoyl-2.5 aniline par la méthode de Wolff-Kishner modifiée selon Huang-Minlon ([2]).




Cette méthode, quelque peu ardue à première vue, fournit de très bons rendements à tous les stades, et conduit à des amines de constitution sûre. Nous donnons ici, à titre d'exemples, quelques détails sur la préparation de quatre de ces amines, ainsi que les propriétés physiques et chimiques élémentaires de ces derniers corps.

1° *Méthyl-2 éthyl-5 aniline* (I; $R = CH_3$, $R' = C_2H_5$) : huile incolore, E 225°, donnant un dérivé benzoylé F 122°, un dérivé tosylé F 100°, un dérivé 4′-acétaminophénylsulfonylé F 183°; son diazoïque, copulé avec le phénate de sodium, conduit à un hydroxyazoïque cristallisant de la ligroïne en aiguilles soyeuses jaunes, F 79°; le même diazoïque, chauffé, conduit au méthyl-2 éthyl-5 phénol (E 219-220°). La méthyl-2 acétyl-5 aniline (I; $R = CH_3$, $R' = COCH_3$) utilisée dans cette synthèse. est déjà connue; elle est caractérisée par son

([1]) A. Lacassagne, Buu-Hoï, Lecocq et Rudali, *Bull. du Cancer*, 33, 1946, p. 48; 34, 1947, p. 22.

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2487.

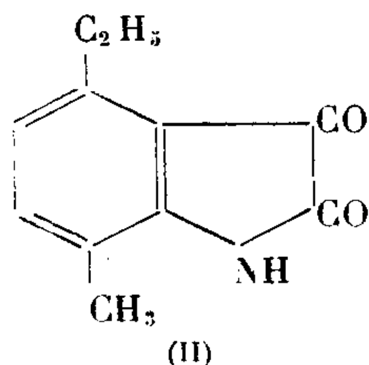
produit de condensation avec l'acétonylacétone, la *méthyl-4 (diméthyl-2'.5' pyrryl-1')-3 acétophénone* ($E_{15}$ 198-200°; F 65°; thiosemicarbazone F 180°; dérivé N-tosylé F 112°; dérivé 4'-acétaminophénylsulfoné F 196°)

2° *Méthyl-2 n-propyl-5 aniline* (I; $R = CH_3$, $R' = C_3H_7$) : huile incolore, E 242°; donnant un dérivé benzoylé F 130°, un dérivé tosylé F 116°. *La méthyl-2 propionyl-5 aniline* intermédiaire (I; $R = CH_3$, $R' = COC_2H_5$) forme des paillettes jaune pâle F 78° (du méthanol aqueux).

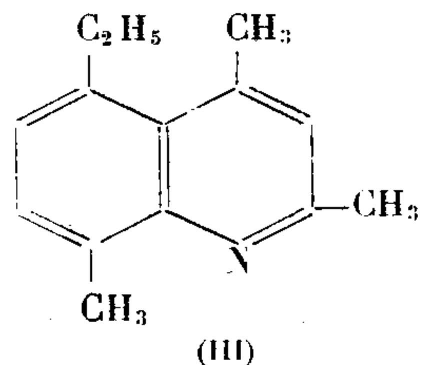
3° *Éthyl-2 n-propyl-5 aniline* (I; $R = C_2H_5$, $R' = C_3H_7$) : huile incolore, E 254°, donnant un dérivé benzoylé F 101°. L'éthyl-2 propionyl-5 aniline dont elle dérive (I, $R = C_2H_5$, $R' = COC_2H_5$) cristallise du méthanol aqueux en paillettes jaune clair F 89°; donnant avec l'acétonylacétone *l'éthyl-4 (diméthyl-2'.5' pyrryl-1')-3 propiophénone* (huile jaune pâle $E_{15}$ 203-205° donnant une thiosemicarbazone F 164°). Notons que l'éthyl-2 propionyl-5 nitrobenzène obtenu intermédiairement dans la présente synthèse n'était pas connu ($E_{15}$ 183°).

4° *Éthyl-2 n-butyl-5 aniline* ($R = C_2H_5$, $R' = n - C_4H_9$) : huile jaune ambrée, E 268-270°, préparée à partir de *l'éthyl-2 n-butyroyl-5 aniline* ($R = C_2H_5$, $R' = COC_3H_7$) qui cristallise du méthanol aqueux en longues aiguilles jaune pâle F 46°, et qui fournit avec l'acétonylacétone *l'éthyl-4 (diméthyl-2'.5' pyrryl-1')-3 butyrophénone* (huile visqueuse jaune pâle, $E_{15}$ 207-208°; thiosemicarbazone F 144°).

Les amines primaires nouvelles ainsi obtenues permettent de synthétiser une multitude de composés hétérocycliques azotés susceptibles d'applications chimiques ou biologiques. Par exemple, l'application à la méthyl-2 éthyl-5 aniline de la réaction de Sandmeyer au chloral conduit à l'éthyl-4 méthyl-7 isatine (II), cristallisant du méthanol en aiguilles orangé rouge F 180° (indophénazine avec l'*o*-phénylènediamine F 290°; sublimable au-dessus de 230°); de même, la réaction de Combes à l'acétylacétone conduit aisément à la triméthyl-2.4.8 éthyl-5 quinoléine (III) formant des cristaux incolores brillants F 32° (picrate jaune F 153°).



(II)



(III)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les cétones γ halogénées. I. Préparation et propriétés des alcoylcyclopropylcétones.* Note de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le traitement des cétones γ halogénées par HOK sèche donne des alcoylcyclopropylcétones dont on a étudié l'hydrolyse, la pyrolyse, l'hydrogénation catalytique et celle de leurs oximes et anils. On donne divers exemples de passage aux hétérocycles pentatomiques oxygénés ou azotés.

Les cétones γ bromées $R.CO.(CH_2)_3Br$ ont été préparées, avec $R = C_2H_5$

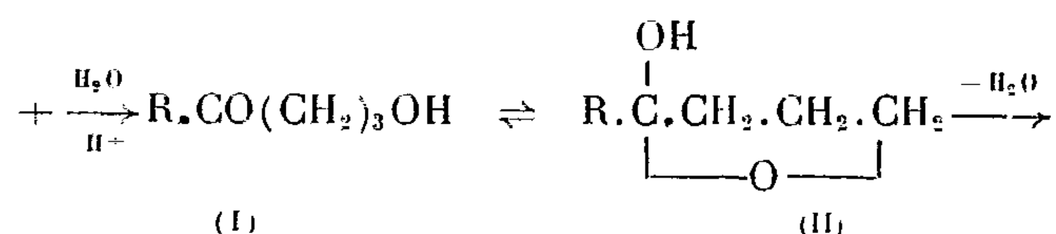
et $n.C_4H_9$, en traitant les organozinciques mixtes par $Br(CH_2)_3COCl$. Ce dernier est obtenu par l'action de BrH en excès, en solution acétique, sur la butyrolactone, puis de $SOCl_2$ sur l'acide brut (Rdt 80-90 %). La préparation de $C_6H_5CO(CH_2)_3Cl$ a été faite en condensant $Cl(CH_2)_3CN$ avec $C_6H_5MgBr$ (Rdt 73 %).

En milieu alcalin (HOK sèche ou en suspension dans le toluène), ces cétones γ halogénées se cyclisent en alcoylcyclopropylcétones (I), mais sans formation de dihydrofurannes (II) contrairement à ce que donnent les cétones δ halogénées ([1]),

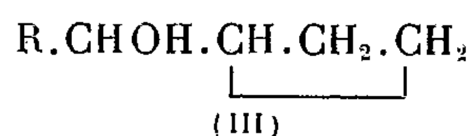
Les cétones (I) avaient été déjà obtenues en appliquant la réaction de Grignard au cyanocyclopropane ([2]). Elles ont été caractérisées par leurs 2.4-dinitrophénylhydrazones qui fondent à 170° [(I), $R = C_2H_5$]; 111-112° ($R = C_4H_9$) et 202° ($R = C_6H_5$).

La déshydratation des γ cétols, résultant de l'hydrolyse des cétones halogénées, conduit à des conclusions inverses : formation unique de (II) à l'exclusion des isomères (I).

La transformation directe (I) → (II), déjà signalée pour R = H ([3]) a été tentée par passage de (I) sur $Al_2O_3$ vers 400° et n'a pas donné de résultats positifs. Elle est réalisable, par voie détournée, car de (I) on passe aux γ cétols par hydrolyse vers 100° ([4]) et de ceux-ci à (II) par distillation à la pression ordinaire.



La réduction des cétones (I) en *alcoylcyclopropylcarbinols* (III)



est possible par voie catalytique, sans ouverture du cycle en $C_3$; l'emploi de $LiAlH_4$ ([5]) ne semble pas plus avantageux. On opère avec le Ni Raney, à la température et à la pression ordinaires, en présence de HONa selon la

([1]) H. Normant, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 909.
([2]) Bruylants, *Ann. Soc. Chim. Bruxelles*, 47, II, 1927, p. 27.
([3]) C. L. Wilson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 3002.
([4]) Marshall et Perkin, *Chem. Soc.*, 59, 1891, p. 878.
([5]) Van Volkenburgh, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3595.

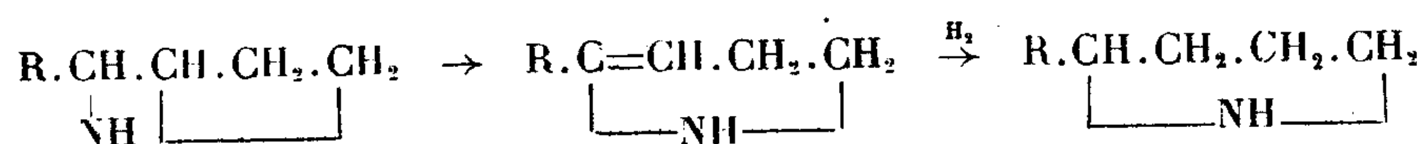
technique de Delépine et Horeau ([6]). L'absorption s'arrête à la fixation d'une molécule de $H_2$ par molécule de cétone si R est aliphatique. Ont été obtenus :

*Éthylcyclopropylcarbinol*, É 140°; phényluréthane F 55° (alcool); *n-Butyl-cyclopropylcarbinol* ($C_8H_{16}O$), $É_{13}$ 74-75°; $D_{15}$ 0,876; $N_{15}$ 1,4446; phényluréthane F 51° (alcool).

La structure (III) est confirmée par l'action de BrH fumant conduisant aux dibromures 1.4, $R.CHBr(CH_2)_3Br$ faciles à caractériser ([7]).

Avec $R = C_6H_5$ la vitesse de l'hydrogénation reste à peu près constante. Après absorption d'une molécule de $H_2$, on obtient un mélange de *Phényl-cyclopropylcarbinol* et de $C_6H_5.CHOH.CH_2.CH_2.CH_3$ que $PO_4H_3$ transforme principalement en produits de polymérisation et en *Phényl-1 butène-1*.

L'hydrogénation des oximes des cétones (I), en présence de Ni Raney, dans l'alcool absolu et dans les conditions ordinaires, est aberrante. Elle s'arrête à 55-70 % de la valeur théorique requise pour le passage à l'amine; il y a formation de $NH_3$ et d'un mélange de cétone (I) et de *pyrrolidine* que l'on sépare en passant par les bromhydrates. Mais les picrates préparés avant et après ce traitement sont identiques, ce n'est donc pas BrH qui provoque le réarrangement observé, ni $H_2$ puisque le cycle en $C_3$ n'est pas ouvert dans ces conditions et que l'on isole d'ailleurs la cétone. On peut admettre la formation primaire d'une *imine* suivie d'hydrolyse et de réarrangement moléculaire :



*Éthyl-cyclopropylcétone-oxime*, $É_{12}$ 89-90°; $d_{16}$ 0,989; $n_{16}$, 1,4845.

*Butyl-cyclopropylcétone-oxime*, $É_{14}$ 111°.

*Éthyl-2 pyrrolidine*, É 119-120°; picrate, F 161°.

*n-butyl-2 pyrrolidine*, $É_{12}$ 55°; $d_{17}$ 0,822; $n_{17}$ 1,4402; picrate, F 137°; bromhydrate (alcool-éther), F 211°.

*La N. phényl-n. butylcyclopropylméthane imine* (IV) a été préparée en chauffant le mélange cétone, aniline avec le complexe $Cl_2Zn, 2C_6H_5{-}NH_2$ : huile visqueuse, $E_2$ 137-140°; picrate F 157°. Le bromhydrate se transforme aisément en sel de *pyrroline*

La *N.-phényl- n.butyl-2 pyrroline* (V) F 59° (alcool), picrate F 166° est hydrogénée quantitativement en pyrrolidine correspondante, déjà connue ([7]), ce qui semble bien confirmer l'hypothèse formulée ci-dessus.

---

([6]) DELÉPINE et HOREAU, *Bull. Soc. Chim.*, **4**, 1937, p. 31.

([7]) H. NORMANT, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1736.

GÉOLOGIE. — *Sur les phases hercyniennes tardives dans le massif de l'Argentera-Mercantour.* Note de M^lle **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Paul Fallot.

Aux paroxysmes orogéniques anciens dont la trace n'est conservée que dans les formations métamorphisées du Massif de l'Argentera-Mercantour, ont fait suite : 1° le dépôt du Stéphanien inférieur-moyen; 2° une phase de plissements anté-permiens; 3° la sédimentation du Permien; 4° une dernière phase de plissements post-permiens faisant un angle de 20 à 30° avec les précédents; 5° le dépôt discordant du Werfénien.

J'ai signalé dans le massif cristallin de l'Argentera-Mercantour des zones d'écrasement témoignant de phases orogéniques anciennes ([1]). Mais jusqu'ici, les répliques tardives des mouvements hercyniens n'y étaient pas connues. Il est désormais possible de les mettre en évidence.

Sur la bordure sud du massif, entre les vallées de la Madone de Fenestre et de la Gordolasque (Cirque de Férisson, col Nord-Est de la cime de Montjoya), le Stéphanien inférieur-moyen ([2]), débutant par un conglomérat à galets souvent peu roulés, repose en discordance sur les gneiss. Il est plissé en un synclinal axé Nord-60°-Ouest, faiblement déversé au Sud-Ouest, localement très écrasé. Dans les gneiss sous-jacents, le fond pincé du synclinal se traduit par une zone mylonitisée.

Ce pli se poursuit au Sud-Est, jusqu'au delà de la Gordolasque. Au Nord-Ouest, ce même synclinal se suit par le Nord de la cime de Fuons Freja. Il se divise alors en synclinaux de détail plus ou moins importants.

La prolongation de ce faisceau de plis se retrouve au Nord-Ouest de la vallée de la Madone de Fenestre dans l'arête de la cime Piagú, où, à l'Est de ce sommet, l'un des plis comporte encore du houiller. Plus au Nord-Ouest, des zones d'écrasement intense la jalonnent sur 5 à 6 km en direction de Mollières.

Les rapports du Stéphanien et du Permien s'observent clairement au Nord-Est de la cime de Montjoya. Entre celle-ci et la cime de la Valette de Prals, le Permien repose en forte discordance sur la tranche du Houiller. Au Sud-Est, le prolongement du synclinal houiller passe à Engibol; au delà de la Gordolasque il disparaît sous le Permien discordant du Capelet inférieur.

Ainsi une phase orogénique postérieure au Stéphanien moyen et anté-permienne a donné lieu à des plis très accusés accompagnés d'écrasement intense, axés Nord-60°-Ouest.

Quant au Permien transgressif qui s'observe dans la crête dominant, au Nord, la vallée de la Gordolasque, il est affecté, à son tour, d'un synclinal

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1025-1027 et p. 1099-1101.
([2]) *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 1946, p. 246 et 1951, p. 57-58.

dissymétrique, mais dont l'axe, orienté sensiblement Est-Ouest, fait un angle de 20 à 30° avec la direction des plis houillers.

En aval d'Engibol (moyenne Gordolasque) la partie inférieure du Permien admet d'importants conglomérats à galets de gneiss. 4 km au Nord-Est (Mont Arpetto et Grand Capelet) dominent, par contre, des poudingues et cailloutis à galets de rhyolites. De minces coulées rhyolitiques interstratifiées à 30 ou 40 m de sa base témoignent, au Mont Meraviglie, d'une activité éruptive dont le centre d'émission, probablement situé vers le Nord-Est, ne devait pas être très éloigné.

La série permienne totalise, dans cette région, plusieurs centaines de mètres. Vers l'Est, dans la région de la Miniera, elle a été amincie ou localement enlevée par l'érosion anté-triasique. Le Permien y supporte, en « discordance de maping », le Werfénien. Les plissements post-permiens et anté-werféniens, d'ailleurs atténués, paraissent y avoir été axés Est-Ouest.

Si dans cette dernière région, la discordance angulaire du Trias inférieur sur le Permien n'a pu être observée, 26 km plus à l'Ouest, elle apparaît au contraire extrêmement marquée au Nord du Baus de la Frema (Ouest-Nord-Ouest de Saint-Martin-Vésubie). Là, les grès permiens pincés dans un vigoureux synclinal de gneiss supportent, en discordance à 90°, le Werfénien transgressif, localement sub-horizontal. Plus à l'Ouest, vers Saint-Sauveur-sur-Tinée, les levers font ressortir une discordance cartographique.

Léon Bertrand, le Permien n'étant pas connu de lui entre Saint-Sauveur et le col de Pourriac, en avait conclu qu'il ne s'était pas déposé (3). En fait, il existe, près de Saint-Etienne-de-Tinée et dans la basse vallée d'Auron, des restes localisés de formations détritiques rouges que j'avais attribuées, avec doute, au Stéphanien parcequ'elles y sont discordantes sous le Werfénien (4), L'existence d'une phase orogénique post-permienne et anté-triasique étant désormais démontrée, il est probable que ces dépots ambigus sont à rapporter au Permien.

Quoi qu'il en soit de ce détail, il est permis de penser que l'absence assez générale du Permien au bord nord-ouest du massif cristallin est, au moins en partie, due aux érosions qui se sont produites entre l'orogénie permienne et la transgression triasique.

*Conclusion.* — Dans la partie sud du massif cristallin de l'Argentera-Mercantour, après les phases orogéniques anciennes et l'érosion qui les a suivies, des bassins de sédimentation se sont individualisés au Stéphanien inférieur-moyen. Une phase orogénique provoqua ensuite des plissements, accompagnés d'intenses zones d'écrasement, reconnus sur 16 km.

---

(3) *Bull. Carte Géol. France*, n° 56, 9, 1898; p. 44.

(4) *Bull. Carte Géol. France*, n° 225, 47, 1948, p. 203-204.

Les sédiments détritiques permiens se sont déposés ensuite sur une topographie encore accidentée, aux dépens des reliefs qui subsistaient.

Une dernière phase paléozoïque sans doute de la fin du Permien, a fait naître de nouveaux plis Est-Ouest, obliques par rapport à ceux du Houiller.

L'orogénie hercynienne est dès lors achevée. Le massif est largement pénéplané. Le Werfénien s'y dépose, amorçant la série sédimentaire qui va désormais recouvrir le cristallin et n'en sera plus décollée ou enlevée que lors des mouvements alpins.

GÉOLOGIE. — *Structure et encadrement de la Chaîne des Kebdana.* Note de MM. **Juan de Lizaur, Jean Marçais, Gabriel Colo** et **Gabriel Suter**, présentée par M. Paul Fallot.

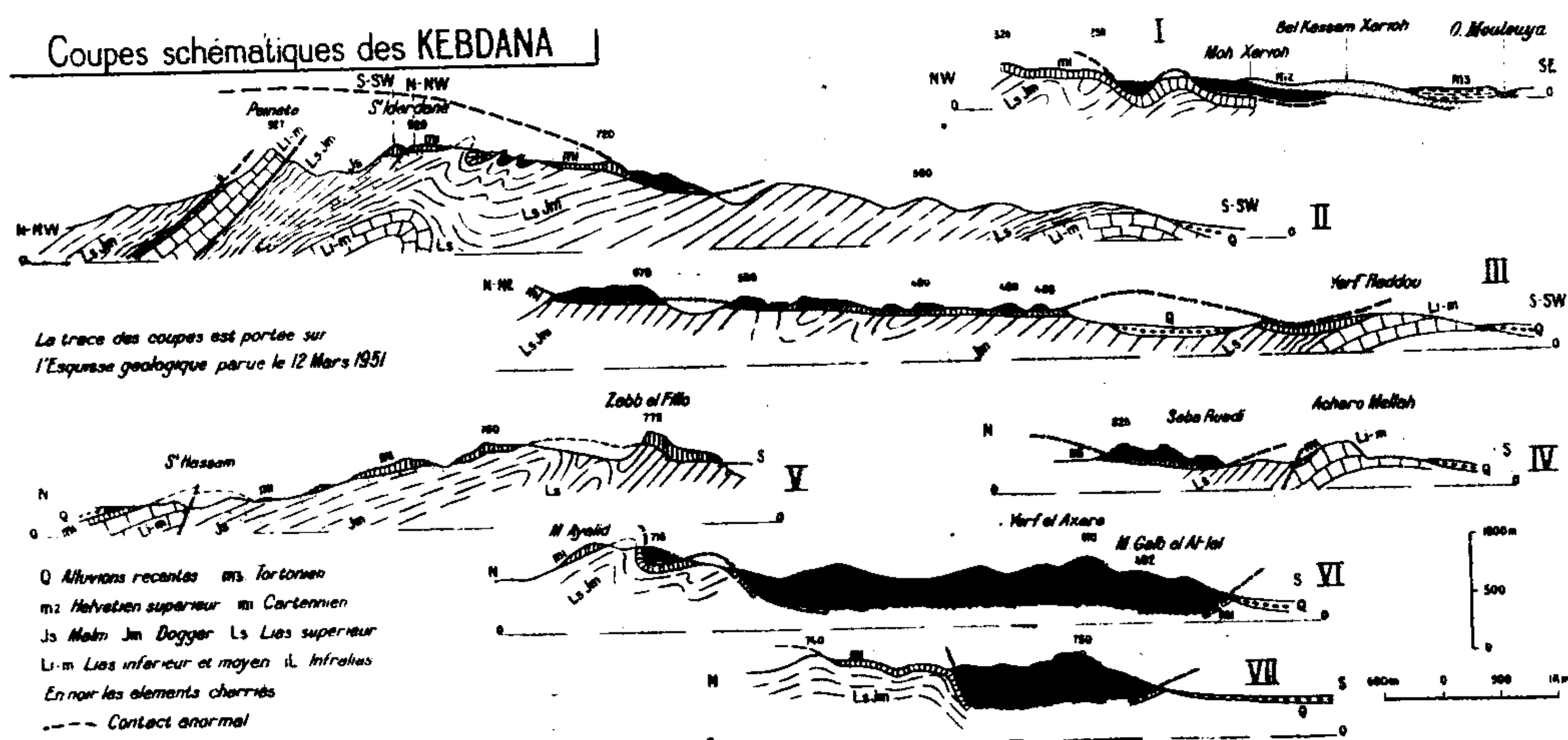
Dans une Note précédente (1) nous avons résumé les observations qui nous avaient conduits à admettre l'existence d'éléments charriés importants sur le massif des Kebdana. Avant d'accepter cette hypothèse impliquant un cheminement considérable, nous nous étions demandé si nous n'avions pas affaire à des accidents locaux de plus faible importante. En fait le chevauchement est bien visible dans les parties hautes de la chaîne, et des coupes transversales nous ont montré qu'il s'agissait incontestablement de lambeaux d'une nappe importante. Elle comporte des cipolins, des schistes et quartzites, noirs et verts, peu métamorphiques (300 m au moins à l'Est de Zaio), rappelant les schistes à *Annularia* du Rif (2), du Trias gypso-salin avec des débris de dolomies noires et de roches éruptives très altérées (Ophite, granites), des calcaires dolomitiques tectonisés du Lias et des brèches tectoniques recristallisées à minéraux phylliteux. Ces éléments diffèrent nettement de ceux du substratum, mais rappellent beaucoup ceux de la nappe rifaine dans sa partie orientale (Nekor). Seul le Lias présente des caractères communs.

On ne connaît, jusqu'à la côte, aucune trace de racine et il faut admettre que ces éléments sont venus de plus loin au Nord. On se heurte ici au problème, pas encore élucidé, de la prolongation vers l'Est, au delà du Nekor, de la zone radicale des unités rifaines externes. Aucun indice ne permet pour l'instant de la situer au Sud du Cap des Trois Fourches. Ce massif, paléozoïque comme celui de Uixan et sans doute la série métamorphique (secondaire et tertiaire ?) des Beni Saïd, semble bien appartenir à l'autochtone et prolonger l'avant-pays de l'Oranie septentrionale. La présence de volcans récents néogènes dans cet ensemble, confirme cette hypothèse. Une dernière phase orogénique, *survenue avant la seconde transgression miocène,* devait donner à la chaîne sa

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1124.

(2) J. Marçais, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1165.

structure définitive. Accentuant les disharmonies de plissements déjà signalées, ses effets sont surtout visibles sur le versant sud où ils se montrent très irrégulièrement répartis : alors qu'en bien des points le glacis miocène est demeuré presque intact, avec sa couverture de nappe, ailleurs il a été violemment replissé et disloqué sur le substratum schisteux jurassique, à tel point que




localement même, on en trouve des esquilles fichées au sein de la nappe (Si Mehefid). La nappe est conservée sur une bonne longueur de la chaîne, principalement sur le versant méridional, souvent pincée en un faux synclinal plus ou moins déversé au Sud (du Djebel Guenz à Si Mohamed el Filali).

Les grandes lignes de la structure des Kebdanas sont dès lors acquises et seules quelques déformations peu importantes se produiront par la suite, provoquant l'exondaison progressive et complète de la région à la fin du Miocène.

Transgressif et discordant, tant sur l'autochtone que sur la nappe, l'Helvétien supérieur (?) ($m2$), entoure périclinalement le massif (conglomérats peu consolidés, grès calcaires, mollasse). Encore déformé, il atteint la cote 238 (Abbada de Jeran). En contrebas de cette formation, des marnes vertes (Tortonien $m3$) légèrement discordantes terminent la série miocène. Des calcaires lacustres sur la rive droite de la Moulouya représentent sans doute le Pliocène (L. G., *loc. cit.*). Des surfaces anciennes couvertes de limons rouges, légèrement gauchies, correspondent probablement à une morphologie villafranchienne. Des terrasses étagées, en rapport avec celles de la Moulouya, une plaine alluviale et côtière récente (Mar Chica) et des dunes encore vives (Cabo de Agua), terminent la série des terrains récents.

En résumé, cet élément structural des Kebdana par tous ses caractères (situation, stratigraphie et faciès, âge, style et orientation des plissements)

constitue un jalon exactement placé entre les chevauchements telliens décrits par M. Gautier ([3]) dans la région de Nemours, à l'Est, et par l'un de nous ([4]) dans le Rif Oriental, à l'Ouest.

GÉOLOGIE. — *Zonéographie et âge des schistes cristallins du massif du Grand Paradis (Alpes franco-italiennes).* Note (*) de M. **Robert Michel**, transmise par M. Maurice Gignoux.

L'étude zonéographique des Gneiss du Grand Paradis montre qu'il s'agit d'une série cristallophyllienne comportant de bas en haut : granite migmatique, migmatites et micaschistes inférieurs. Cette série, d'âge hercynien ou antéhercynien, n'a que faiblement subi les effets du métamorphisme alpin.

Le massif du Grand Paradis constitue une vaste coupole de gneiss affleurant sous la couverture des schistes lustrés.

La profonde vallée de l'Orco, qui entaille diamétralement ce massif d'Ouest en Est, permet d'étudier aisément sa structure. On constate ainsi qu'il est formé à la base par un granite franc, recouvert par la masse des gneiss œillés, surmontés eux-mêmes à la périphérie du massif par des gneiss fins (« *gneiss minuti* » des géologues italiens).

I. *Les granites.* — Entre Noasca et Ceresole, on voit affleurer les formations les plus profondes de la série du Grand Paradis. Il s'agit d'un granite à gros grain, légèrement aligné, passant progressivement aux migmatites qui le surmontent et comportant les mêmes éléments minéralogiques que celles-ci. Ces caractères et le mode de gisement de ce granite au cœur même de la coupole anticlinale, permettent de l'interpréter comme un *granite migmatique fondamental.*

En dehors de la vallée de l'Orco, existent d'autres gisements de granite présentant les mêmes caractères mais se trouvant en puissantes lentilles stratoïdes dans les migmatites à des hauteurs variables. Ces granites se situent au-dessus de Pialpetta dans la vallée de la Stura di Vallegrande, au Piano di Teleccio dans la vallée de Piantonetto, près de Lasinetto dans la vallée de Forzo et dans la région du glacier de Lavacieu sur la rive droite du Valsavaranche.

II. *Les gneiss œillés.* — Le faciès gneiss œillés se rencontre de façon très uniforme sur de vastes espaces; l'épaisseur de ces gneiss est de l'ordre de 2000 m. La roche comporte une pâte schisteuse gris-verdâtre, finement cristallisée, riche en phyllites, qui englobe de gros porphyroblastes de microcline sodique et des amygdales de quartz régulièrement orientées suivant la schistosité cristallophyllienne. Une telle texture est tout à fait comparable à celle des migmatites stratifiées ou *embréchites* qui ont été décrites ailleurs ([1]).

Cependant on note cette différence importante que ces embréchites œillées, comme

([3]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1800, 1870 et 2092.

([4]) G. Choubert et J. Marçais, *Géologie marocaine* in *Encyclopédie coloniale et maritime*, Paris, 1948, p. 141.

(*) Séance du 28 mars 1951.

([1]) J. Jung et M. Roques, *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 197, 1938, p. 120-148.

d'ailleurs les granites décrits ci-dessus, ont subi une rétromorphose dont l'intensité va, dans l'ensemble, en augmentant vers les parties hautes de la série. Cette rétromorphose se traduit par une recristallisation croissante accompagnée par la néoformation de saussurite et de chlorite et par une albitisation de plus en plus intense. Ce dernier phénomène semble général dans les massifs cristallins internes de la zone pennique ([2]).

III. *Les gneiss fins.* — La coupe de l'Orco montre qu'il y a un passage continu entre ces embréchites rétromorphosées et les gneiss fins qui les surmontent. Ces derniers, dont l'épaisseur est tectoniquement réduite à 200 ou 300 m dans la partie française du massif (Bonneval), peuvent atteindre près de 1000 m sur le versant italien. L'examen au microscope montre qu'il s'agit d'*anciens micaschistes à biotite* plus fortement rétromorphosés et albitisés que les migmatites sous-jacentes.

En conclusion, l'étude zonéographique du massif du Grand Paradis permet d'y reconnaître l'existence d'une série cristallophyllienne très semblable à celles qui ont été décrites dans le Sud du Massif Central ou dans les Pyrénées et qui sont, elles aussi, caractérisées par la montée du front des migmatites jusqu'au sein de la zone des micaschistes inférieurs.

Toutefois il s'y est superposé ici une rétromorphose et une albitisation notables. Cette rétromorphose s'est opérée dans la zone des micaschistes supérieurs, c'est-à-dire dans la zone de métamorphisme des schistes cristallins de la couverture d'âge alpin (schistes lustrés *s. l.*); j'ai par ailleurs montré ([3]) que ces derniers étaient localement très albitisés. Ces deux faits permettent d'interpréter la rétromorphose et l'albitisation subies par les Gneiss du Grand Paradis comme des manifestations caractéristiques, dans la région, du métamorphisme alpin.

Il s'ensuit que le massif du Grand Paradis est constitué par un vieux matériel cristallophyllien d'âge hercynien ou antéhercynien, repris par le métamorphisme des schistes lustrés. Ces conclusions sont conformes à celles auxquelles était parvenu G. B. Dal Piaz grâce à d'autres arguments ([4]).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Observations préliminaires sur un conglomérat situé à la base des sables néogènes en Côte d'Ivoire.* Note de M. **G. Rougerie**, transmise par M. Théodore Monod.

A une douzaine de kilomètres au Sud-Ouest d'Aboisso, en Côte d'Ivoire sud-orientale, la route de Bassam à Aboisso s'élève brusquement jusqu'à 55 m au village d'Adaou, puis franchit le petit plateau d'Ayébo où elle demeure pendant 6 km à une altitude voisine de 75 m.

Le plateau d'Ayébo représente un lobe du système de plateaux néogènes qui

([2]) P. Bearth, *Schweiz. miner. petr. Mitt.*, 28, 1948, p. 140-145.
([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1875.
([4]) *Boll. Soc. geol. ital.*, 58, 1939, p. 105-152.

règne le long du littoral sud-oriental de la Côte d'Ivoire. Il est constitué par des sables beiges, du type le plus courant en pays néogènes. Mais ses versants ont une physionomie originale. On y observe, à la base des sables néogènes, un conglomérat complexe.

Nous avions initialement ([1]) rencontré ce conglomérat sur le versant Nord-Est, à Assouba, vers l'altitude 60 à 65 m c'est-à-dire à 30-35 m au-dessus de la rivière Abroussué. Il s'agissait d'une formation extrêmement confuse surmontant les argiles de décomposition des granitoïdes et coiffée çà et là par des sables néogènes. Nous y avions fait les observations suivantes :

multitude de graviers et de galets, de 0,5 jusqu'à 5 et 10 cm emballés dans un sable argileux beige à rose;

disposition très désordonnée, sans stratification, sans classement des individus par ordre de dimensions, sans inclinaison prédominante remarquable des grands axes;

graviers et galets essentiellement de quartz; aux grandes dimensions quelques individus provenant de roches cristallines;

présence de graviers et de galets ferrugineux.

La puissance de cette formation était d'au moins 3 m. A sa base apparaissait la lithomarge : roche cristalline en cours de décomposition et argiles bariolées de rouge et de blanc, représentant le sommet du substratum cristallin.

Nous avions été frappé par le faciès de ce conglomérat et avions cherché à expliquer son origine. *A priori*, il ne semblait pas s'agir d'une formation marine ni même fluviatile.

D'autre part, la présence, parmi les éléments du conglomérat, de galets ferrugineux nous avait paru intéressante. Ces galets provenant du démantèlement de cuirasses ferrugineuses étaient-ils anté-néogènes?

Depuis, nous avons observé d'autres gisements conglomératiques sous-néogènes :

*a*. à la base du versant Sud-Ouest du plateau d'Ayébo;

*b*. dans la vallée de la Moumassué, à 22 km Est-Sud-Est du gisement d'Assouba;

*c*. dans celle de l'Ourou-Ourou, à 30 km Est d'Assouba;

*d*. dans un coteau au contact du manteau néogène et du socle, à Aniama, au Nord d'Abidjan;

*e*. dans la vallée de la Bété, dans la même région;

*f*. au contact des sables néogènes et du socle, à Akakro, sur la route intercoloniale 5, au Nord-Ouest d'Abidjan.

Les gisements *b*, *c* et *f* ont des caractères analogues à ceux d'Assouba. Le gisement *d* présente, partiellement, une stratification; mais des individus ferrugineux existent au sommet.

---

([1]) Septembre 1947-juin 1948.

Nous écartons provisoirement les gisements *a* et *e*. Leurs caractères (altitude moindre, situation à proximité immédiate d'un lit fluvial encore draîné, contact avec le socle non encore observé, absence d'individus ferrugineux, tendance à une disposition en lits, dominantes fluviatiles dans le mode de façonnement des galets révélées par l'étude morphoscopique) paraissent indiquer des formations particulières, probablement postérieures à celles d'Assouba, de *b*, *c*, *d* et *f*.

Un premier examen morphoscopique des éléments de ces cinq dernières formations semblent révéler un façonnement initial par des eaux courantes (coefficients de dissymétrie et d'aplatissement) postérieurement affecté par des actions physico-chimiques superficielles qui apparentent leur aspect à celui des formations détritiques (indices d'émoussé). La présence d'individus ferrugineux roulés évoque l'existence antérieure, ou contemporaine de la mise en place, de carapaces ferrugineuses.

Nous demeurons prudent sur cette dernière conclusion à cause de la trop faible épaisseur (maximum 3 m) des sables argileux néogènes qui recouvrent les conglomérats dans les gisements jusqu'alors observés; en effet un doute subsiste de ce fait : les individus ferrugineux ne proviennent-ils pas du démantèlement d'une carapace installée sur le Néogène, produits de pentes ensuite recouverts d'une pellicule de sables enlevés au plateau après décapage de la carapace?

Une autre observation, cependant, vaut d'être rapportée. Dans les Montagnes Bleues, guirlande de collines néogènes au Sud-Est de la Côte d'Ivoire et qui dominent de 30 à 75 m le pays environnant, il existe à la base une formation de sables blancs surmontée de deux couches horizontales (1,50 m et 1,10 m) d'argiles séparées par une couche intercalaire (0,40 m) de sables très grossiers, et elles-mêmes surmontées de sables argileux rouges sur une forte puissance (25 m dans la coupe observée) ([2]).

L'examen au binoculaire de ces sables blancs profonds nous a révélé, aux tailles supérieures à 1 mm, l'existence de grains, parfaitement roulés, de produits ferrugineux identiques aux carapaces.

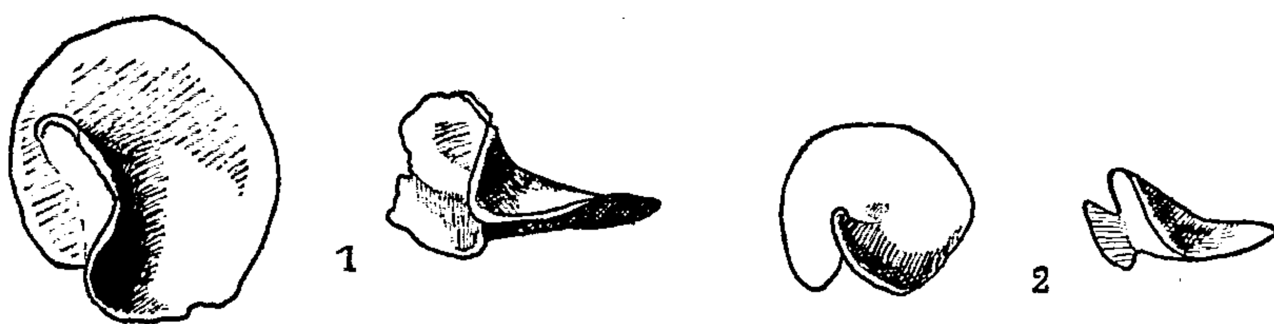
Ainsi, les carapaces dont ils proviennent, si rien encore ne permet de leur affirmer un âge anté-néogène évoqué par les conglomérats cités, peuvent être considérées comme ayant au moins existé lors de la mise en place des sables blancs enfouis, au point observé, sous 27 m d'autres formations néogènes en place (couches d'argile notamment) et aujourd'hui en relief par rapport au pays environnant.

---

([2]) *Esquisse stratigraphique de la région des Montagnes Bleues* (*Conf. Internationale Afr. Ouest*, Ibadan, déc. 1949).

PALÉONTOLOGIE. — *Développements tératologiques chez des Orbitoïdes crétacés.* Note de M. **René Abrard**, présentée par M. Paul Fallot.

En signalant deux Lépidocyclines aberrantes de Lagunitos (Pérou), décrites et figurées par lui sous le nom de *Lepidocyclina deforma* et *L. triplana*, Willard Berry (¹) a insisté sur la très grande rareté de ces individus anormaux chez les Orbitoïdes. Outre un troisième individu déformé d'une autre espèce, trouvé par lui dans le « Bryam Calcareous Marl » du Mississipi, il n'a rencontré dans les publications que la citation de deux échantillons aberrants de *L. supera* (Conrad) H. Douvillé de l'Oligocène du Mississipi et de l'Alabama, figurés par Cusham (²) sans commentaires.




Orbitoïdes aberrants. — 1, *Orbitella media* d'Archiac, du Maestrichtien de Royan, face et profil, × 1,5. — 2, *Lepidorbitoides socialis* Leymerie, du Maestrichtien de Dumes, face et profil, × 1,5.

Je puis signaler des développements tératologiques très prononcés chez deux individus d'Orbitoïdes crétacés. Le premier que j'ai recueilli en 1912 dans le Maestrichtien de Royan-Vallières est un *Orbitella media* d'Archiac microsphérique qui présente une lame contournée semi-circulaire très développée, perpendiculaire au disque de la coquille et présentant la même structure interne. Il s'agit manifestement du redressement d'un lobe après développement spiralé et de la continuation de l'accroissement dans un plan perpendiculaire à celui de l'ensemble du disque de la coquille, suivant un processus analogue à celui que j'ai indiqué en ce qui concerne quelques Orbitolites aberrants (³).

Le deuxième est un *Lepidorbitoides socialis* Leymerie, également microsphérique, recueilli par M^lle^ A. Rouvillois dans le Maestrichtien de Dumes (Landes) en 1949, forme spiralée avec tendance à développement hélicoïdal. Chacun des lobes se relève sur l'une des faces du disque mais sans atteindre la perpendiculaire.

---

(¹) Deformed Orbitoids. *Eclogæ Geolog. Helvetiæ*, 24, n° 2, 1931, p. 159-163, 1 pl.

(²) *The American Species of Orthophragmina and Lepidocyclina*, *U.S. Geol. Survey*, Prof. Paper 125, 1920, p. 69, pl. XXVI, fig. 5-7.

(³) *Les Orbitolites fossiles et actuels et leurs développements anormaux.* (*Bull. Mus. Hist. Nat.*, 1950, p. 633-638).

Il semble hors de doute que les Orbitoïdes crétacés considérés sont simples et ne comportent qu'une seule loge initiale, les aberrations constatées se présentant comme des déformations d'un test unique et non comme la prolifération d'une demi-coquille supplémentaire sur un disque normal. L'impossibilité d'effectuer des coupes sur des échantillons uniques et le fait que la radiographie ne peut donner de résultats probants sur des formes microsphériques ayant de plus subi une recristallisation, ne permettent cependant pas d'en donner une confirmation directe.

Les échantillons aberrants étudiés ne paraissent avoir subi aucun traumatisme susceptible d'altérer leur développement normal ; ces malformations sont peut-être dues à des causes biologiques que leur rareté permettra difficilement de définir.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme du calcium chez le Châtaignier.* Note de M. **Jules Carles**, présentée par M. Raoul Combes.

Il est couramment admis, depuis Chatin, que le Châtaignier ne peut vivre sur un sol dont la teneur en calcaire dépasse 3 %. Or, un certain nombre de Châtaigniers de l'Ardèche vivent en plein calcaire, aux environs de Vessaux en particulier (calcaire marneux bajocien). La comparaison de ces Châtaigniers avec ceux des terrains granitiques (gneiss à cordiérite) des environs de Thueyts et ceux qui vivent sur le basalte limburgitique des environs du Puy est fort instructive.

Les chiffres étant assez différents suivant la période de végétation, le fragment étudié ou même la grosseur des rameaux, nous ne citons ici, pour que les analyses soient comparables, que celles de petits rameaux coupés dans une branche fructifère pendant la période de repos et nous distinguons la partie extérieure de l'écorce de la partie intérieure, la partie extérieure du bois de sa partie intérieure. Tous ces chiffres indiquent le pourcentage par rapport au poids sec.

Si nous considérons dans ce tableau le poids des cendres, les variations de l'écorce sont significatives : sur calcaire, elle est trois fois plus riche que sur granite, tandis que sur basalte elle est d'un quart moins riche. Une différence dans ce même sens apparaît pour le bois, mais ici l'écart est moins grand entre le bois calcaire et le granitique qu'entre le granitique et le basaltique. Il apparaît dès l'abord que le terrain calcaire entraîne une difficulté d'accumulation tandis que le basaltique en offre une d'approvisionnement.

L'acide phosphorique et le potassium varient assez peu. Le pourcentage de l'acide phosphorique se maintient aux environs de 0,1 % du poids sec, aussi bien dans l'écorce que dans le bois, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur, avec tout de même une légère prédominance pour les zones plus vivantes,

à l'intérieur de l'écorce et à l'extérieur du bois. Considéré, non plus par rapport au poids sec mais par rapport à l'ensemble des cendres, ce pourcentage est remarquablement constant dans les bois puisqu'il représente à l'intérieur 7 % pour les trois, et à l'extérieur 8,5, 9 et 10 % : de ce point de vue, l'écorce est beaucoup moins riche.

*Châtaignier* (*calcaire*).

| | Cendres. | CaO. | MgO. | $K_2O$. | $P_2O_5$. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ecorce extérieure | 9,8 | 6,9 | 0,8 | 0,20 | 0,12 |
| » intérieure | 10,9 | 8,5 | 1,1 | 0,18 | 0,15 |
| Bois extérieur | 1,4 | 0,57 | 0,34 | 0,25 | 0,12 |
| » intérieur | 1,6 | 0,78 | 0,40 | 0,24 | 0,11 |

*Châtaignier* (*granite*).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ecorce extérieure | 3,2 | 1,8 | 0,65 | 0,25 | 0,17 |
| » intérieure | 4,7 | 2,6 | 1,3 | 0,25 | 0,20 |
| Bois extérieur | 1,1 | 0,3 | 0,20 | 0,40 | 0,10 |
| » intérieur | 1,25 | 0,6 | 0,15 | 0,35 | 0,09 |

*Châtaignier* (*basalte*).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ecorce extérieure | 2,6 | 1,30 | 0,3 | 0,50 | 0,12 |
| » intérieure | 3,2 | 1,45 | 0,7 | 0,50 | 0,10 |
| Bois extérieur | 0,6 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,06 |
| » intérieur | 0,75 | 0,32 | 0,18 | 0,15 | 0,05 |

Le potassium occupe indifféremment l'intérieur ou l'extérieur de l'écorce, mais il domine dans le bois extérieur plus vivant; le Châtaignier basaltique en est mieux pourvu que le calcaire.

Le calcium enfin varie dans des proportions considérables, et ceci semblerait témoigner de son importance secondaire, puisque, par rapport au poids sec, il peut varier de 1 à 85. Pourtant, si l'écorce a des chiffres très divers, culminant avec l'écorce calcaire submergée de calcium, les bois présentent un ensemble assez homogène. Sur granite, le bois extérieur est deux fois moins riche que le bois intérieur, trois fois moins sur basalte, tandis que sur calcaire il l'est d'un quart seulement. Le plus étonnant est de retrouver ici une assez petite différence entre les trois bois, par rapport au total des cendres. Il ne peut s'agir, sur des terrains de teneur si différente en calcium, d'une coïncidence, mais d'une constante, la *constante calcique du Châtaignier* qui maintient malgré tout son calcium aux environs de 45 % de son stock minéral. Le bois extérieur plus actif tend à se démunir, fort peu sur calcaire où l'approvisionnement est très facile, mais fort nettement sur basalte où la disette est normale : les limitations de vitalité proviennent sans doute des difficultés rencontrées pour maintenir la constante calcique.

On admet communément, depuis P. Fliche et L. Grandeau [1], que le Châtaignier ne peut vivre sur terrain calcaire parce que le calcium trop abondant gêne le potassium. Il semble bien exister une corrélation entre ces deux éléments, et la baisse du potassium lorsqu'abonde le calcium apparaît surtout si l'on considère son pourcentage par rapport au total des cendres et surtout au calcium. Tandis que le bois extérieur basaltique possède deux fois et demie plus de potassium que de calcium, l'intérieur de l'écorce calcaire en contient près de 48 fois moins, mais si l'on avait pris la précaution d'analyser le bois séparé de l'écorce, on aurait constaté que même sur terrain calcaire, le bois ne manque pas de potassium.

Le problème semble devoir se résoudre par le seul calcium. Le Châtaignier est un arbre calciphile qui arrive à trouver du calcium dans des terrains dépourvus de carbonate de chaux. Il est gêné par la surabondance de calcium en terrain calcaire, bien qu'il puisse s'y adapter comme il l'a fait aux environs de Vesseaux, mais il n'est pas moins gêné si le calcaire est trop peu abondant comme dans les basaltes limburgitiques, et tout l'ensemble des cendres s'en ressent, quoique le sol soit fort bien minéralisé par ailleurs.

Le Châtaignier est un arbre très avide de calcium, trop avide car il n'arrive pas toujours à se défendre de ses excès, et, dans la disette, il le retient dans son écorce ou à l'intérieur de son bois, au risque d'affamer les tissus plus vivants.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Accumulation du sodium dans les racines des plantes*. Note de MM. **Georges Barbier** et **Jean Chabannes**, présentée par M. Albert Demolon.

Au cours de recherches sur l'alimentation minérale des plantes, nous avons observé que le sodium est susceptible de s'accumuler dans les racines en proportion massive. La présente Note a pour but de préciser ce phénomène et d'éclairer son mécanisme.

Des pois ont été cultivés sur sable quartzeux à l'aide de solutions coulantes, dont on a fait varier largement la composition en ce qui concerne les cations. Les pois ont poussé vigoureusement dans tous les cas. Ils ont été analysés alors que les gousses étaient bien développées, mais les graines encore très petites.

Le taux de Na dans la substance sèche et le rapport Na/K diminuent régulièrement dans l'ordre : racines, tiges + feuilles, gousses, notamment sur les milieux pauvres en K, pour lesquels le rapport Na/K dans les racines est jusqu'à 200 fois plus grand que dans les gousses. L'amplitude de cette variation diminue avec l'accroissement de K dans le milieu. Ca n'a que peu

---

(1) *Ann. Phys. et Chim.*, 5e série, II, p. 354.

d'influence à cet égard, de même que son action antagoniste à l'égard de l'absorption de Na est beaucoup moins marquée que celle de K (entre les limites de composition du milieu observées).

*Milliéquivalent par litre de solution nutritive.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K.............. | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| Ca............ | 2 | 6 | 20 | 1 | 3 | 10 | 0,75 | 3 |
| Na............. | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |

*Milliéquivalent* Na *pour* 100 g *de substance sèche des pois.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Racines......... | 155 | 147 | 134 | 51 | 44 | 39 | 7,6 | 5,2 |
| Tiges + feuilles.. | 16 | 14 | 15 | 3,1 | 3,05 | 2,75 | 2,6 | 2,1 |
| Gousses......... | 3,3 | 2,3 | 1,5 | 0,85 | 0,82 | 0,80 | 0,88 | 0,81 |

*Rapport moléculaire* Na/K *dans les pois.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Racines......... | 10,0 | 11,8 | 9,0 | 0,42 | 0,44 | 0,40 | 0,047 | 0,029 |
| Tiges + feuilles.. | 1,19 | 0,82 | 0,83 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,020 | 0,019 |
| Gousses......... | 0,13 | 0,08 | 0,045 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,016 | 0,016 |

Une expérience sur moutarde blanche a donné des résultats de même sens : sur milieu contenant 0,05 milliéquivalent Na par litre et 1,0 K, le taux de Na et le rapport Na/K ont été 6 ou 7 fois plus grands dans les racines que dans les tiges et feuilles.

Pour expliquer ce phénomène, on peut imaginer, entre autres, deux hypothèses : ou bien la pénétration de Na à travers les tissus absorbants des racines jusqu'aux vaisseaux conducteurs et son acheminement vers le haut seraient plus entravés que le mouvement ascensionnel de K; de sorte que Na s'accumulerait dans les parties basses; ou bien Na serait au contraire plus mobile, traverserait plus facilement tous les organes, et redescendrait s'accumuler dans les racines. En d'autres termes, dans la première hypothèse, Na s'accumulerait à l'arrière des courants de migration, et à l'avant dans la deuxième.

Pour en décider, nous avons cultivé des pois sur milieux liquides à deux compartiments, en ne fournissant du sodium qu'à une moitié du faisceau radiculaire (0,6 milliéquiv./l). Na s'est accumulé fortement dans les racines du compartiment sans Na :

| | Racines avec Na. | Tiges + feuilles. | Racines sans Na. |
|---|---|---|---|
| 1° 0,1 *milliéquivalent* K *par litre de solution.* | | | |
| Milliéquiv. Na par 100 g.......... | 30 | 4,6 | 26,7 |
| Rapport Na/K.................... | 1,5 | 0,12 | 0,87 |
| 2° 0,5 *milliéquivalent* K *par litre de solution.* | | | |
| Milliéquiv. Na par 100 g.......... | 21,5 | 4,8 | 16,4 |

Des deux hypothèses envisagées, c'est la seconde, celle de l'accumulation *per descensum*, qui est donc à retenir.

*Conclusion.* — Les faits observés confirment dans le cas du sodium ce que d'autres ont observé pour divers éléments par la technique du marquage, à savoir que l'alimentation minérale de la plante comporte des circuits avec mouvements ascendants et retours aux racines. On peut en induire que la sélection des éléments du milieu par la plante est conditionnée non seulement par un triage au niveau de l'absorption radiculaire, mais aussi par des absorptions sélectives dans la plante entière. L'analogie, constatée antérieurement par l'un de nous (¹) entre la loi quantitative de l'absorption des cations par la plante et de leur antagonisme, et la loi de l'adsorption concurrentielle des cations par des échangeurs minéraux, devient ainsi plus facile à comprendre.

Par ailleurs, en milieu hétérogène (comme c'est le cas des sols) la composition de chaque racine, et par contre-coup vraisemblablement son alimentation, a dépendu, dans nos expériences, non seulement de la composition du milieu à son contact, mais aussi de celle du milieu alimentant les autres racines.

BOTANIQUE. — *Structure du pistil des Papavéracées, au terme de son développement.* Note de M. **Gaston Bersillon**, présentée par M. Raoul Combes.

La structure du pistil présente, chez les Papavéracées, une grande diversité. Tantôt le pistil est formé d'une seule sorte d'unités, conformes au schéma classique du carpelle; tantôt placentas et valves apparaissent comme des organes indépendants : on peut alors considérer qu'il existe un dimorphisme des éléments du pistil, dimorphisme plus ou moins accusé selon les tribus.

Les structures observées sur quatorze espèces peuvent être rapportées à quatre types fondamentaux :

*a.* ovaire à placentas multiples, stigmates d'origine placentaire (Papavérées);

*b.* ovaire pluriloculaire, présence d'une columelle centrale se terminant à la base du style (Romneyées);

*c.* ovaire à deux placentas (Chélidoniées, Eschscholtziées);

*d.* ovaire subapocarpe (Platystémonées).

Chez les Platystémonées, le pistil est formé d'une seule sorte d'unités. Les placentas sont parcourus de bout en bout par deux faisceaux symétriques; ils se fissurent longitudinalement lors de la déhiscence du fruit. Le pistil est donc formé de carpelles à trois nervures et qui sont, en tous points, conformes au schéma classique.

(¹) G. Barbier et Y. Coïc, *C. R. Ac. Agric.*, 1941, p. 729.

Mais, dans les autres tribus, placentas et valves, en dépit de leur soudure étroite au niveau de l'ovaire, présentent une certaine indépendance et leur importance relative varie d'un groupe à l'autre.

*Papavérées.* — Styles et stigmates sont d'origine purement placentaire. Au sommet de l'ovaire les valves se séparent des placentas et se terminent brusquement; seuls les placentas se prolongent et se fusionnent en un style creux, généralement court; mais le plan de symétrie des stigmates coïncide avec celui des valves.

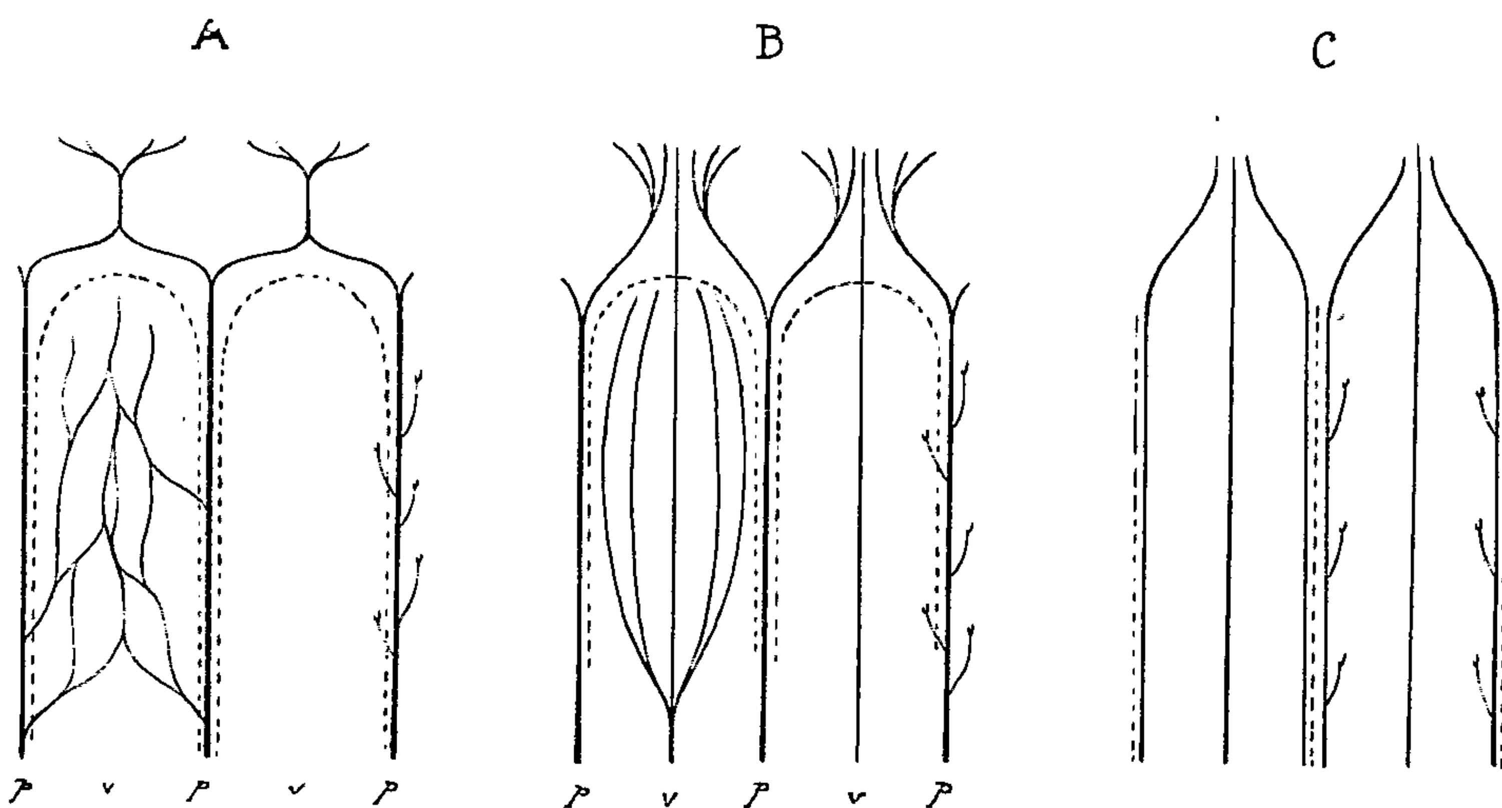



Schéma de la vascularisation du pistil. A, Papavérées; B, Chélidoniées et Eschscholtziées; C, Platystémonées. (*p*, placenta; *v*, valve. En pointillé ligne de déhiscence).

La déhiscence est presque toujours paraplacentaire; elle est plus ou moins complète selon les espèces.

Chaque placenta est parcouru par un volumineux faisceau libéroligneux, accompagné de plusieurs autres, beaucoup plus petits et d'orientation inverse; ces derniers sont en rapport plus ou moins direct avec les ovules. A la base de l'ovaire, tout ce système vasculaire se condense en un unique faisceau à structure concentrique. On peut difficilement considérer cet ensemble comme résultat de la fusion des faisceaux marginaux de deux carpelles voisins.

La vascularisation des valves est très réduite; la nervure médiane n'existe pas à proprement parler; à la base de l'ovaire les faisceaux valvaires rejoignent ceux des placentas. *Tout l'appareil vasculaire du pistil dépend des faisceaux placentaires.*

*Romneyées.* — Ces plantes s'apparentent aux Papavérées par la réduction extrême des faisceaux valvaires et par l'origine purement placentaire des stigmates. Ici encore les valves se terminent au sommet de l'ovaire, mais leur limite réelle est moins apparente.

Seule une étude ontogénique permettra d'élucider la nature exacte de la

columelle dont la vascularisation est diffuse (nombreux faisceaux épars et d'orientation quelconque).

*Chélidoniées et Eschscholtziées.* — Placentas et valves participent à la constitution des stigmates, mais de façon inégale; tandis que les faisceaux placentaires s'épanouissent et se ramifient dans les stigmates, les faisceaux valvaires s'y réduisent considérablement (souvent à un seul).

La déhiscence paraplacentaire est la règle; souvent la ligne de déhiscence est comme prédéterminée par la présence dans l'ovaire, d'une discontinuité entre le parenchyme des valves et celui des placentas.

Les faisceaux placentaires rappellent par leur complexité ceux des Papavérées ; ils ont, à la base de l'ovaire, une structure concentrique. Parfois, il est vrai, l'anneau de liber est incomplet, mais l'arc qu'il dessine est d'au moins trois quadrants. Chez une Eschicholtziées (*Hunnemannia fumariæfolia*) on voit, à la base de chaque placenta, une couronne cribo-vasculaire ininterrompue entourant une petite moelle centrale.

Les valves, richement vascularisées, sont parcourues de bout en bout par une nervure médiane d'ailleurs ramifiée.

*Conclusion.* — Ces caractères incitent à penser que valves et placentas sont à la fin du développement des organes distincts. La prépondérance énorme acquise par les placentas chez les Papavérées oblige à les considérer comme des éléments autonomes et non comme les dépendances des valves ; c'est ce que confirme la complexité de leur organisation comparée à l'extrême réduction morphologique et anatomique des valves.

Chez les Chélidoniées et les Eschscholtziées, l'opposition est moins tranchée ; les valves conservent une importance considérable : elles sont pourtant nettement distinctes des placentas (fait particulièrement net chez *Glaucium*).

Je conclurai donc à un dimorphisme possible des éléments du pistil, placentas et valves apparaissant comme des organes distincts. Ce dimorphisme n'est pas obligatoire : il n'existe pas chez les Platystemon dont la structure est foncièrement différente. Ce diphormisme enfin présente des degrés : il atteint son maximum chez les Papavérées, il est moins accusé dans les autres tribus.

## ENTOMOLOGIE. — *Les facteurs de l'agressivité chez l'Abeille.*

Note (*) de M. **Jacques Lecomte**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Il est possible d'étudier l'agressivité chez *Apis mellifica* au moyen de la technique suivante : 25 ouvrières, prises dans la ruche sur les rayons, sont introduites dans une cagette vitrée de $25 \times 12 \times 3^{cm}$. Les ouvrières sont nourries dans cette cagette. Un dispositif permet d'introduire et d'y agiter de manière régulière, durant 60 secondes, un « leurre ». On note le nombre de secondes

(*) Séance du 28 mars 1951.

pendant lequel chaque leurre est attaqué, c'est-à-dire le nombre de secondes pendant lesquelles une ou plusieurs Abeilles se posent sur le leurre en cherchant à le mordre ou à le piquer. Les différents leurres employés avaient un volume (ou une surface) sensiblement égal à celui d'une ouvrière.

| | Leurre | |
|---|---|---|
| Résultats obtenus. | immobile. | mobile. |
| Abeille morte fraîche............. | 1 | 25 |
| Abeille morte desséchée........... | 0 | 14 |
| Laine de couleur marron.......... | 0 | 23 |
| Laine blanche.................... | 0 | 12 |
| Silhouette de carton marron....... | 0 | 16 |
| Silhouette de carton blanc......... | 0 | 0,4 |

Ces chiffres représentent la moyenne de 25 essais.

Il semble donc que le *premier stimulus significatif soit le mouvement*, un leurre immobile n'étant presque jamais attaqué.

Il est possible de confirmer cette observation en faisant l'expérience qui consiste à introduire dans la cagette une Abeille étrangère vivante; si cette dernière reste immobile, elle est rarement attaquée, si au contraire elle circule, elle est l'objet des attaques des habitantes de la cagette.

Un deuxième stimulus serait *la couleur* du leurre. La différence entre le nombre moyen de secondes d'attaque du leurre de laine blanche et du leurre de laine marron est très nettement significative (l'une étant le double de l'autre).

Ainsi une couleur se rapprochant pour l'œil humain de la couleur de l'Abeille déclencherait un comportement agressif.

La *structure physique du leurre* n'est pas non plus indifférente. L'observation montre que de nombreuses Abeilles sont intéressées par le leurre composé d'une silhouette de carton marron, mais qu'elles abandonnent tout de suite leur attaque après un contact bref. Au contraire, peu d'Abeilles semblent intéressées par le leurre de laine blanche, mais celles qui l'attaquent restent longtemps en contact avec lui. (Il ne paraît pas s'agir simplement du fait que la laine agrippe les pattes de l'Abeille, car celle-ci tourne sans difficulté autour du leurre sans le quitter.)

Le leurre le moins attaqué est la silhouette de carton blanc, qui n'est attractive ni à distance ni au contact. La différence constatée entre le pouvoir stimulant de l'Abeille morte fraîche et celui de l'Abeille morte desséchée, peut être expliquée par la diminution de taille et aussi par l'existence d'une *composante olfactive* qu'il reste à mettre en évidence; elle ne joue pas un rôle indispensable puisque les résultats sont sensiblement égaux pour le cadavre d'Abeille frais et pour le leurre de laine marron, avec observation de piqûres dans les deux cas.

Il ne faut pas non plus oublier l'importance des *facteurs internes* qui rentrent aussi en jeu et modifient l'état physiologique de l'Abeille; en effet, lorsque la nourriture est distribuée avec parcimonie ou lorsque les Abeilles ont séjourné plus de 10 jours dans la cagette, l'agressivité varie énormément suivant la ruche d'origine. Il est nécessaire, pour pouvoir mettre en évidence les différents stimuli significatifs et distinguer leur importance respective, d'expérimenter sur des ruches à agressivité moyenne. En effet, quand la tendance agressive est trop forte, les Abeilles attaquent n'importe quoi, par exemple le fil qui suspend le leurre, et l'on ne peut mettre en évidence les facteurs indiqués plus haut; quand elle est trop faible, au contraire, seuls les leurres très efficaces, tels que les Abeilles fraîchement tuées et violemment agitées, donnent lieu à une attaque vraiment franche.

BIOLOGIE BACTÉRIENNE. — *Action réciproque excitatrice de croissance de cellules bactériennes contiguës préalablement exposées aux rayons ultraviolets.* Note (*) de M^lle **Berthe Delaporte** (1), présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des cellules bactériennes irradiées par les rayons ultraviolets et mises à l'obscurité à l'étuve ont montré que le fait de se trouver en petits amas augmente très fortement la probabilité de développement par une action réciproque des cellules entre elles, et favorise la restauration.

L'examen de préparations microscopiques de cellules d'*Escherichia coli* souche B, précédemment exposées aux rayons ultraviolets, nous a amenée à faire une constatation tout à fait inattendue. 0,1 $cm^3$ d'une culture d'*E. coli* souche B en bouillon ayant dépassé depuis longtemps la fin de sa période de croissance, soit 48 h à l'étuve à 37° C, est étalé sur de la gélose en boîte de Petri, exposé à un rayonnement ultraviolet et mis aussitôt à l'obscurité dans l'étuve à 37°.

Cette dose d'irradiation provoque, dans les conditions ordinaires, la mort d'environ 99 % des cellules. L'on sait maintenant que cette mort n'est réelle qu'au bout de quelques heures car, auparavant, une fraction importante des cellules sont capables de réactivation : Kelner, en exposant à la lumière des conidies de *Streptomyces griseus* (2) ou des cellules d'*E. coli* (3), Monod, Torriani et Jolit (4), en ajoutant au milieu de culture d'*E. coli* souche K 12 des substances à activité catalasique ou peroxydasique; Latarjet (communication orale, 19 février 1951) a montré que la catalase

(*) Séance du 28 mars 1951.

(1) M. Pierre Delaporte à fait l'étude de statistique mathématique de ces observations.

(2) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 35, 1949, p. 73-79.

(3) *Jour. Bact.*, 58, 1949, p. 511-522.

(4) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 557.

n'avait d'action, dans un tel cas, que sur la souche K 12 et non sur les souches B ou B/*r*.

Après 1 h d'étuve, les cellules sont prélevées au moyen d'un décalque et conservent ainsi leurs positions respectives. Elles sont immédiatement fixées par les vapeurs de tétroxyde d'osmium, puis hydrolysées par *N* HCl à chaud et colorées par le Giemsa, selon les techniques cytologiques bien connues.

L'examen microscopique montre des cellules toutes séparées, mais dont les distances respectives sont variées. Lorsque la suspension bactérienne est dense, presque toutes les cellules sont séparées d'au moins 10 à 200 μ; cependant, quelques-unes sont groupées en petits amas de 2 à 5 ou 7 cellules contiguës.

Parmi les cellules isolées, on observe une moyenne de 2,8 % de cellules commençant à pousser : elles sont alors généralement moitié plus larges et 3 à 4 fois plus longues.

Si la probabilité de développement d'une cellule déterminée d'un amas était la même que celle d'une cellule isolée, l'on devrait observer, le plus souvent, qu'une seule cellule d'un amas pousse, alors que les autres restent à l'état stationnaire. Or, il n'en est rien : presque toujours, dans un amas, ou bien aucune cellule ne pousse, ou bien toutes les cellules poussent simultanément. Les cellules observées sont bien les cellules-mêmes provenant de l'ensemencement : elles ne peuvent provenir de division car l'examen est fait au bout d'une heure et le temps de latence est allongé dans ce cas; les cellules sont presque toujours situées côte à côte, jamais au bout l'une de l'autre, et les divisions nucléaires observées à l'intérieur de bâtonnets sont tout à fait exceptionnelles. D'ailleurs, les bâtonnets se développant ne vont pas se diviser avant 4 à 5 h, mais vont s'allonger presque indéfiniment, produisant des filaments (« snakes ») extrêmement longs.

L'étude statistique du problème montre que :

1° L'hypothèse selon laquelle la probabilité qu'une cellule donnée pousse soit la même si elle est isolée ou si elle fait partie d'un amas est statistiquement invraisemblable d'après les observations. En effet, la probabilité observée dans nos préparations pour que la fréquence des cellules qui poussent soit la même en cellules isolées et en amas est inférieure à 0,000 001.

2° L'hypothèse selon laquelle la probabilité de croissance d'une cellule donnée appartenant à un amas serait indépendante du nombre de cellules de l'amas doit être rejetée, car elle est statistiquement, dans les amas de 3 et plus, nettement supérieure à celle des amas de 2.

3° La probabilité pour qu'un amas pousse ne peut pas statistiquement être considérée comme indépendante du nombre des cellules de l'amas, elle croît avec celui-ci.

4° L'hypothèse selon laquelle la croissance d'une cellule provoquerait *progressivement* la croissance d'autres cellules de l'amas doit être rejetée car, d'une part, on a dû abandonner l'hypothèse 1° et, d'autre part, il est exceptionnel de rencontrer des amas dans lesquels les cellules ne sont pas ou bien toutes en cours de croissance ou bien toutes stationnaires.

Il ne reste donc plus que l'explication suivante :

5° Lorsque des cellules sont en amas, il existe une action *réciproque* des cellules entre elles. Désignons par $f$ la fréquence des cellules isolées qui croissent par rapport au nombre total des cellules isolées observées. La probabilité qu'au moins une cellule d'un amas de $k$ cellules pousse serait $1-(1-f)^k$. L'observation nous a montré que sur les amas de 2, 3 ou 4 cellules la fréquence observée est d'environ 7 fois ce qu'elle devrait être si la contiguïté des cellules ne mettait pas chacune d'elles dans un état plus favorable au développement.

La probabilité qu'au moins une cellule d'un amas pousse est $1-(1-f')^k$, la valeur de $f'$ étant la même quel que soit le nombre des cellules d'un amas à partir de 2. La valeur trouvée pour $f'$ est 0,19, soit environ 6,8 fois la valeur de $f$ relative aux cellules isolées.

La probabilité qu'une cellule pousse et provoque par là la croissance des autres cellules de l'amas est donc beaucoup plus forte que dans le cas où elle ne se trouve pas au contact d'autres cellules, et cette probabilité ne varie pas avec le nombre des cellules de l'amas.

On peut donc conclure que dès que l'une des cellules d'un amas commence à pousser, elle entraîne la croissance simultanée des autres cellules de l'amas, et ceci augmente fortement le nombre des cellules subissant la restauration après l'irradiation.

La séance est levée à 15 h 45 m.

R. C.

---

*ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 9 janvier 1951.)

Note présentée le même jour, de MM. *Gabriel Bertrand* et *Didier Bertrand*, Sur la répartition du rubidium du sang entre le plasma et les globules :

Page 131, 4e renvoi, *au lieu de* 27, 1913, p. 1-11, *lire* 33, 1919, p. 68-136.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1951.

PRESIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.


## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **HOMI JEHANGIR BHABHA**, Président de la Commission de l'énergie atomique indienne, et **SUBRAHMANYAN CHANDRASEKHAR**, de l'Observatoire Yerkes, Professeur à l'Université de Chicago, qui assistent à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence générale et sur le rôle probable du sodium dans les plantes.* Note de M. **GABRIEL BERTRAND**.

A l'époque où je me suis occupé de la présence des métaux alcalins dans les espèces vivantes ([1]), les chimistes et les physiologistes étaient à peu près d'accord pour considérer le potassium comme indispensable à la vie des plantes. Il n'avait été publié qu'une observation contraire à cette fondamentale conception : celle de Grandeau d'après qui « il n'y avait pas trace de potasse dans les cendres de la canne à sucre, ni du fucus » ([2]).

Quant au sodium, il en était tout autrement. Même longtemps après la découverte de ce métal alcalin (dans certaines plantes du bord de la mer) par Duhamel de Monceau, dans la première moitié du XVIIIe siècle ([3]), on ignorait si le sodium existe, comme le potassium, d'une manière constante dans les tissus des végétaux. Tout au plus semblait-on admettre, en se basant sur les analogies physicochimiques des deux métaux, que ceux-ci pouvaient se rencontrer dans les espèces végétales et y remplir à peu près les mêmes fonctions. Les premiers observateurs qui essayèrent de s'assurer du fait par l'analyse chimique des cendres, ne disposant que de méthodes

([1]) Au moment où j'ai été chargé du Cours de Chimie biologique à la Faculté des Sciences de Paris (1905).

([2]) *Ann. Chim. Phys.*, (3), 67, 1863, p. 216.

([3]) *Mém. Ac. Sc.*, 1736, p. 215 et 1767, p. 233 et 239.

imparfaites, arrivèrent à des conclusions divergentes sur la proportion et même sur la présence du sodium dans les plantes.

Frappé par l'importance de la question, Péligot réagit, en 1867, contre la manière dont on l'avait traitée jusqu'alors. S'élevant contre l'emploi des méthodes indirectes pour la détermination du sodium et n'admettant la présence de ce métal dans une cendre végétale que lorsqu'elle y avait été directement démontrée, notamment par la cristallisation différente et très caractéristique des deux sulfates alcalins, il est arrivé à la conclusion « que la cendre fournie par l'incinération de la plupart des végétaux est exempte de sodium » ([4]). Sur les 20 espèces qu'il énumère, il n'a caractérisé le sodium que dans 5, soit une fois sur quatre seulement. La méthode de Péligot donnait des résultats qualitatifs certains lorsqu'il y avait une proportion suffisante de sodium, mais elle n'était pas assez sensible pour déceler de petites quantités de ce métal en présence de beaucoup de potassium, ce qui, nous le savons aujourd'hui, est généralement le cas. Au point de vue quantitatif, la méthode était pour ainsi dire sans valeur.

Conduit à me préoccuper de la présence, ne serait-ce qu'en très petites proportions, des divers éléments de la matière vivante, j'ai repris, à mon tour, l'étude biochimique du sodium. Mettant à profit les progrès réalisés dans l'analyse chimique, une méthode de séparation à la fois qualitative et quantitative du sodium et du potassium qui peuvent se trouver dans les cendres végétales fut mise au point ([5]) et appliquée, en collaboration avec J. Perietzeanu ([6]), puis avec M. Rosenblatt ([7]) à l'examen de plus d'une centaine d'échantillons de plantes ou parties de plantes provenant de 61 espèces de phanérogames et de 12 espèces d'algues marines. Les parties de plantes examinées étaient des racines, des tubercules, des tiges (bois), des feuilles, des fruits et des graines.

Les résultats de ces recherches démontrèrent que le sodium existait en proportions dosables dans toutes les espèces végétales et dans toutes les parties des espèces végétales analysées ([8]).

Sans faire la moindre allusion aux publications ci-dessus, A. Wallace a réalisé dernièrement, en collaboration avec S. J. Toth et F. E. Bear ([9]), une ample série de dosages du sodium et du potassium dans les plantes du territoire de New Jersey. Ils utilisèrent pour cela le spectrophotomètre à

---

([4]) *Ann. Chim. Phys.*, (2), **32**, 1826, p. 240.

([5]) GABRIEL BERTRAND, *Ann. Sc. agron.*, **46**, 1929, p. 1.

([6]) *Bull. Soc. chim. Fr.*, **41**, 1927, p. 709.

([7]) *Bull. Soc. chim. Fr.*, **43**, 1928, p. 1133.

([8]) Ces publications ont été rassemblées et reproduites récemment en une petite brochure par la Société Commerciale des Nitrates de Chili, à Paris.

([9]) *Soil Science*, **65**, n° 3, mars 1948.

flamme, modèle 18 de Perkin-Elmer, appareil avec lequel ils exécutèrent, d'une manière simple et rapide, leurs analyses. Plus de 300 échantillons de plantes ou de parties de plantes (surtout des feuilles, mais aussi des racines, des tiges, des fruits et des graines), provenant de 77 espèces de plantes sauvages et de 24 variétés de plantes cultivées furent examinés par eux pour le sodium et le potassium. La teneur en sodium a varié de 0,00 à 2,04 % du poids sec dans les plantes sauvages et de 0,00 à 3 % dans les plantes cultivées.

Bien que les auteurs américains aient mentionné, au début de leur Mémoire, que l'on n'est pas certain, jusqu'ici, que le sodium possède une fonction nutritive quelconque dans les plantes, ils n'ont émis aucune opinion au sujet de 11 résultats négatifs qu'ils ont obtenus. Il n'est pas possible de savoir ce qu'ils pensent de ces derniers, mais on doit reconnaître qu'ils ont apporté là, comme autrefois Péligot, des arguments favorables à la thèse suivant laquelle le sodium ne serait pas un élément nécessaire de la matière végétale et n'interviendrait pas dans les processus de sa formation.

N'ayant jamais abandonné la question biochimique des métaux alcalins et, en particulier, du sodium, tant à cause de son intérêt au point de vue de la chimie comparée des espèces vivantes que de ses applications à la physiologie, à l'agriculture et à la médecine, j'ai continué de récolter, entre autres matériaux d'études, un grand nombre de plantes. Celles-ci ont été analysées à l'aide d'une méthode chimicospectrographique très soigneusement étudiée pour reconnaître et, éventuellement, doser les métaux alcalins ([10]). C'est ainsi qu'ont été obtenus les résultats que nous avons publiés, Didier Bertrand et moi, sur le rubidium ([11]) et sur le césium ([12]). Les deux autres métaux alcalins ont été également dosés et je peux faire actuellement état des résultats obtenus sur plus de 560 échantillons de plantes *phanérogames*, récoltés en bon état, au moment de la floraison et comportant l'ensemble de la partie aérienne ([13]). Ces échantillons provenaient de différentes régions de la France, aussi de la Suisse, quelques-uns même de l'Angleterre et de l'Italie. Ils correspondaient à près de 450 espèces de dicotylédones et de monocotylédones. *Le sodium a été trouvé dans toutes*, sans aucune exception.

---

([10]) GABRIEL BERTRAND, DIDIER BERTRAND et C. COURTY, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 520.

([11]) *Id.*, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 325; **222**, 1946, p. 423-572; **226**, 1948, p. 2104, etc.

([12]) GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 453.

([13]) Sauf dans le cas des plantes ligneuses, en nombre d'ailleurs réduit, où il n'a été prélevé que des rameaux fleuris.

Les proportions du métal alcalin ont été, en général, de plusieurs décigrammes par kilogramme de poids sec; assez souvent, elles ont atteint plusieurs grammes, et parfois elles ont dépassé 10 g. Exceptionnellement, des plantes, bien que récoltées loin de la mer, ont présenté une richesse de plus de 20 g : *Limnanthemum peltatum*, 20,3 g; *Pulicaria dysenterica*, 21,2 g; *Lobelia dortmanna*, 28,4 g, par exemple. Inversement, un nombre plus élevé de plantes n'ont présenté des proportions de sodium que de quelques centigrammes.

Si l'on remarque que la méthode d'investigation utilisée par les auteurs américains avait comme limite de sensibilité environ 0,1 g de sodium pour 1 kg de plante sèche, on comprend qu'ils n'aient pu reconnaître, dans certains cas, la présence du métal alcalin.

La notion de l'existence de plantes exemptes de sodium ne peut donc être tirée de leurs expériences, très intéressantes à d'autres égards; elle doit être remplacée par celle d'espèces végétales renfermant moins de 0,1 g de sodium par kilogramme de matière sèche.

Les résultats que j'apporte aujourd'hui complètent cette notion en déterminant pour de telles espèces les proportions de sodium que l'on peut encore y trouver.

Il ne me paraît pas excessif d'ajouter que les résultats ci-dessus rapportés font disparaître, d'une façon aussi définitive que cela est possible en Biologie, une différence que l'on croyait exister il n'y a pas encore bien longtemps entre les animaux et les végétaux : les premiers renfermant toujours d'importantes quantités de Na et ne pouvant en être privés sans périr, les seconds n'en contenant que selon la composition du milieu dans lequel ils se développent et paraissant pouvoir s'en passer.

Je suis d'avis, au contraire, qu'il y a lieu de rapprocher plus que jamais la façon dont se comporte le sodium chez les plantes du rôle qu'il joue chez les animaux. Il est bien établi que le sodium présent en fortes proportions, surtout à l'état de chlorure, dans le sang et les humeurs de l'organisme animal, intervient comme le facteur principal de la pression osmotique. A côté de ce rôle physique, il joue, en petite quantité, à l'état de carbonate, un rôle chimique, dans la digestion des substances protéiques par le pancréas. Un double rôle analogue serait rempli par le sodium chez les plantes : en proportions plus ou moins grandes, pouvant varier beaucoup suivant les milieux, il contribuerait au maintien de la pression osmotique du suc cellulaire et à la turgescence des tissus; en très petites quantités, il agirait comme réactif dans certaines transformations chimiques, encore à préciser.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoirs rotatoires magnétiques de l'oxyde de méthyle gazeux et liquéfié.* Note de MM. **René de Mallemann**, **François Suhner** et **André Malevergne.**

L'oxyde de méthyle a été obtenu par l'action de $SO_4H_2$ sur l'alcool méthylique à 99,5 % ; le gaz, séché par son passage dans une colonne à KOH, est condensé dans la neige carbonique; on distille ensuite le liquide en recueillant le produit qui passe à la température constante —23° (sous 738 mm), mesurée thermoélectriquement.

1. *Liquide.* — Les densités $d$ ont été déterminées pour une série de températures allant de —23°,5 (Eb.) à —75°. On a utilisé la méthode de la balance hydrostatique : le tube contenant l'oxyde de méthyle est placé à l'intérieur d'un vase de Dewar rempli d'acétone préalablement refroidie à —80°; une résistance chauffante permet d'augmenter très lentement la température (mesurée par un couple thermo-électrique étalonné).

Les observations polarimétriques ont été faites au moyen d'un électroaimant dont les pièces polaires sont maintenues à température invariable par un courant d'eau. La cuve en pyrex contenant l'éther méthylique (longueur 25 mm), se trouve à l'intérieur d'une enceinte remplie initialement d'un mélange d'acétone et de neige carbonique : les températures de l'éther et de l'enceinte sont données respectivemement par un couple thermo-électrique et par un thermomètre à toluène. Deux tubulures opposées, fermées par des glaces minces parallèles à celles de la cuve et protégées de l'humidité extérieure par des nacelles à $P_2O_5$, constituent les regards. Les rotations $\rho$ sont comparées à celles de $CS_2$ à 0°.

*Résultats : Oxyde de méthyle liquide.*

$\lambda = 578\ m\mu$.

| $t$ (°C). | $d$. | $n$. | $2\rho$ (deg). | $\Lambda.10^2$ (min). | $[\Lambda].10^6$ (rad). |
|---|---|---|---|---|---|
| —75............... | 0,7964 | – | – | – | – |
| —71,5............. | 0,7930 | 1,3675 | $5,11^5$ | $1,14^3$ | $4,19^5$ |
| —63............... | 0,7830 | 1,3620 | 5,04 | $1,12^6$ | $4,18^5$ |
| —50............... | 0,7675 | 1,3537 | $4,92^5$ | $1,10^2$ | $4,18^0$ |
| —31............... | 0,7440 | 1,3424 | $4,78^5$ | $1,06^8$ | $4,17^5$ |
| —25............... | 0,7360 | 1,3388 | $4,72^5$ | $1,05^6$ | $4,17^4$ |
| —23,5............. | 0,7341 | 1,3380 | – | – | – |

Dispersions : $\frac{546}{578} = 1,13$; $\frac{436}{578} = 1,84$.

D'autre part, un *réfractomètre spécial*, imaginé et construit par F. Suhner, a permis de mesurer les indices $n$ de l'oxyde de méthyle (et de $CS_2$), pour des

températures comprises entre — 23°,5 et — 75°. (La description de cet appareil ne pouvant trouver place ici sera donnée ultérieurement.)

On a tracé des courbes représentant les valeurs de $d$, $\Lambda$ (constante de Verdet) et $n$ en fonction de la température.

2. *Gaz.* — Différence de potentiel magnétique utilisée : $Hl = 611\,364$ c. g. s.

Les densités sont obtenues directement à partir de la masse de substance introduite dans le tube polarimétrique jaugé. Deux séries d'observations $a$ et $b$ ont été faites, sous les pressions respectives 783 mm et 2 110 mm.

*Résultats : Oxyde de méthyle gazeux.*

$$\lambda = 578\ \text{m}\mu, \qquad d_0^{760} = 2,10.10^{-3}.$$

| | $p$ (mm). | $t$ (°C). | $2\rho$ (deg). | $\Lambda_t^p.10^6 d$ (min). | $d_t^p.10^3$. | $[\Lambda].10^6$ (rad). | $\Lambda_0^{760}.10^6$ (min). | $[\Lambda]_M.10^5$ (rad). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$.......... | 783 | 7 | 0,554 | $27,1^8$ | 2,12 | $3,72^6$ | 26,9 | 17,1 |
| $b$.......... | 2110 | 6 | 1,550 | $76,0^2$ | 6,09 | $3,63^9$ | 26,3 | 16,7 |

Les nombres de la série $b$ étant certainement plus précis, nous adopterons les valeurs

$$10^6\Lambda_0^{760} = 26,5\ (\text{min}); \qquad 10^6[\Lambda] = 3,64\ (\text{rad}); \qquad 10^5[\Lambda]_M = 16,8\ (\text{rad}).$$

($[\Lambda]_M$ mesure pratiquement la *rotativité* $[\Omega]_M$ du corps).

3. *Comparaison.* — Calculons le rapport de la rotation spécifique du gaz à celle du liquide, en prenant (par exemple) la seconde à — 50°, et comparons ce rapport à la valeur théorique; nous trouvons :

$$\frac{[\Omega]}{[\Lambda]} = \frac{3,64}{4,18} = 0,87; \qquad \frac{9n}{(n^2+2)^2} = 0,83.$$

Le rapport expérimental est donc supérieur d'environ 5 % au rapport théorique (la rotativité $[\Omega]_M$, évaluée à partir du *liquide*, vaudrait $16,0.10^{-5}$ au lieu de $16,8.10^{-5}$).

L'écart est du même ordre que pour l'*oxyde d'éthyle* (1).

Comme nous l'avons fait observer dernièrement, le sens du résultat semble assez général pour des substances de constitution *polaire*. On remarquera au surplus que le taux des variations avec la température du pouvoir rotatoire spécifique du *liquide* est très *faible* : la rotativité $[\Omega]$ (calculée à partir de l'indice $n$) *augmenterait* donc assez sensiblement quant $t$ croît. Le même fait se constate en particulier avec les *acides gras* (fondus), tandis que, pour des substances *non polaires* ($CS_2$, $C_6H_6$), la décroissance de $[\Lambda]$ est relativement forte et l'invariance de $[\Omega]$ beaucoup meilleure.

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1819. Nous avions déjà mentionné un écart du même genre pour d'autres *gaz liquéfiés*, en particulier $NH_3$.

L'étude du pouvoir rotatoire magnétique conduit ainsi à la conclusion que, dans les liquides polaires (dont la tendance à l'*association* moléculaire est bien connue), l'effet du champ interne de polarisation est *inférieur* à celui qu'exprimerait le facteur $1/3\,(n^2+2)$; sa valeur ne semble d'ailleurs pas réductible à une expression générale simple.

## CORRESPONDANCE.

M. **Henri Bénard** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de médecine et chirurgie, par le décès de M. *Hyacinthe Vincent*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Taton. *Un texte inédit de Monge : Réflexions sur les équations aux différences partielles*, in *Osiris*, volumen nonum.

2° *The frequency of Mumps and of Mumps orchitis and the consequences for sexuality and fertility*, by Bengt Lambert (Thèse, Uppsala).

3° National Academy of sciences. National Research Council of the United States of America. *News Report*. Volume I, number 1.

4° Services américains d'information. Section du Cinéma. *Films documentaires parlants distribués par les services américains d'information*. — *Films sur les États-Unis, projections fixes, format* 35 mm, 1950-1951.

5° *Acta physica Academiæ scientiarum hungaricæ*. Tomus I. Fasciculus I.

6° Henri Bénard, Alfred Gajdos et Marguerite Tissier. *Hémoglobine et pigments apparentés. Myoglobines, catalases, peroxydases, cytochromes, porphyrines, pigments biliaires. Étude physiologique et pathologique.*

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *La dérivation dans les réseaux incomplets et les fonctions de Haar*. Note (*) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'auteur donne des exemples de bases de dérivation dans lesquelles les fonctions boréliennes d'ensembles sont presque partout dérivables, le dérivé n'étant pas égal à l'intégrant de Radon-Nikodym. Ce phénomène est dû à la pauvreté de la base qui engendre une famille borélienne ne comprenant pas tous les ensembles boréliens primitifs. La relation entre dérivé et intégrant est interprétée.

*Introduction*. — Dans ses Notes récentes ([1]) M. Denjoy a introduit une

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 560, 600, 737, 1013.

conception du théorème de Vitali dégagée de la structure euclidienne et même de toute structure topologique. Reprenant le cadre d'une de nos Notes antérieures ([2]), nous regardons la famille dérivante considérée par M. Denjoy comme une base de dérivation $\mathfrak{B}$ selon de Possel, le processus de contraction étant défini ainsi : A tout ensemble I de $\mathfrak{B}$ est attaché un ensemble $\mathbf{E}(I)$ incluant I. Une suite $M_i$ contracte sur $x$ si $x$ appartient à tout $\mathbf{E}(M_i)$ et $\lim_i \mu(M_i) = 0$. La *relation d'incidence* R(I, X) entre un ensemble I de $\mathfrak{B}$ et un ensemble quelconque X est $X\mathbf{E}(I)$ non vide. Il y a corrélation entre la relation d'incidence intervenant dans la définition du halo ([3]) de I et la disjonction des ensembles couvrants $I_1, \ldots, I_n, \ldots$ intervenant dans le théorème de Vitali correspondant. Ainsi chez M. Denjoy les I′ constituant le halo de I vérifient R(I, I′), corrélativement $R(I_n, I_p)$ est faux pour $p < n$.

*La Propriété Forte de Vitali sans la condition d'approximation.* — Revenant au cas d'une base de dérivation générale $\mathfrak{B}$, nous appelons $\mathfrak{B}$-recouvrement (ou recouvrement $\mathfrak{B}$-fin) d'un ensemble X une famille d'ensembles de $\mathfrak{B}$ contenant pour presque tout point $x$ de X les éléments d'une suite contractant sur $x$. Selon de Possel, $\mathfrak{B}$ est dite « base forte de dérivation » si quels que soient X, $\varepsilon > 0$ et le $\mathfrak{B}$-recouvrement $\mathcal{V}$ de X, $\mathcal{V}$ contient une suite disjointe $I_1, \ldots, I_n, \ldots$ couvrant $X(\mathrm{mod}\,\mathfrak{N})$ et débordant X de moins de $\varepsilon$, c'est-à-dire $\mu(\Sigma I_n) < (\mathrm{mes\,ext}\,X) + \varepsilon$. Dans le cas d'une mesure adaptée à une topologie ([4]), la condition d'approximation peut être satisfaite en imposant aux ensembles de $\mathcal{V}$ d'être inclus dans un sur-ensemble ouvert O de X tel que $\mu(O) < (\mathrm{mes\,ext}\,X) + \varepsilon$. Une base de Denjoy ne satisfait pas nécessairement à cette dernière condition. Exemple : $\mathbf{R}$ est le carré $Q = [0, 0;\ 1, 1]$ du plan, $\mathfrak{B}$ est le réseau $\mathfrak{S}$ des intervalles $[p2^{-n}, 0; (p+1)2^{-n}, 1]$ où $n = 0, 1, 2, \ldots$, $p = 0, 1, \ldots, 2^n - 1$, $\mu$ la mesure lebesguienne. Ce réseau est un réseau incomplet en ce sens que ses figures (unions finies d'intervalles) ne permettent pas d'approximer tout ensemble mesurable M à un $\varepsilon > 0$ quelconque. Si $\rho$ est l'extension lebesguienne de la restriction de $\mu$ à $\mathfrak{S}$, $\rho$ est strictement moins fine que $\mu$. Ainsi pour $T = [0, 1/4;\ 1, 3/4]$, $\rho$-mes ext T = 1 et $\rho$-mes ext T = 0. Les intervalles de $\mathfrak{S}$ sont tentaculaires ou polarisés dans la direction de l'axe des $y$ ([5]). Une fonction $\psi(x, y)$ définie sur Q est $\rho$-mesurable s'il existe un ensemble N de Q de mesure nulle tel que $\psi(x, y)$ ne dépende pas de $y$

---

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1406. Le qualificatif « forte » a été omis dans la première ligne du paragraphe *Hypothèses fondamentales*.

([3]) Le halo de Denjoy est l'ensemble $\Omega(\gamma)$. La notion de halo, sans le terme, se rencontre chez H. Busemann et W. Feller (*Fund. Math.*, **22**, 1934, p. 230) et chez A. P. Morse (*Trans. Am. Math. Soc.*, **55**, 1944, p. 208). O. Haupt et l'auteur ont étudié les théorèmes faible et fort de Vitali du point de vue somatique en se servant de la notion de halo dans une Note présentée à la *Bay. Ak. Wiss.*, le 3 novembre 1950.

([4]) O. Haupt et Ch. Pauc, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 711.

([5]) La condition d'emmaillement de A. P. Morse (*loc. cit.*, p. 226) n'est pas satisfaite.

sur $Q - N$. Une fonction $\Phi$ finie et complètement additive sur les ensembles boréliens B de Q admet un dérivé $\psi$ vis-à-vis de $\mathfrak{S}$ défini et fini presque partout sur Q ([6]); $\psi$ est $\rho$-mesurable et sommable mais non nécessairement égal au dérivé classique de $\Phi$ (respectivement, par exemple, à un réseau dyadique plan complet). Si $\Phi = \int \varphi \, d\mu$, $\varphi$ étant une fonction de carré $\mu$-sommable, $\psi$ est la projection orthogonale dans $L_2$ de $\varphi$ sur l'espace $H(\mathfrak{S})$ des fonctions de carré $\rho$-sommable ou encore est (mod $\mathfrak{N}$) la fonction $\mu$-sommable indépendante de $y$ telle que $\int |\varphi(x, y) - \psi(x, y)|^2 \, d\mu$ soit minimum.

*Réseaux incomplets et fonctions de Haar.* — Supposons maintenant que $\mathfrak{J}$ soit le réseau $\mathfrak{T}$ des partitions dyadiques régulières de $U = [0, 1)$. Nous envisageons $\mathfrak{T}$ comme limite des réseaux finis $\mathfrak{T}_0 : [0, 1)$; $\mathfrak{T}_1 : [0, 1/2), [1/2, 1)$; $\mathfrak{T}_2 : [0, 1/4); [1/4, 1/2), [1/2, 1)$; $\mathfrak{T}_3 : [0, 1/4), [1/4, 1/2), [1/2, 3/4) [3/4, 1), \ldots$ obtenus en réitérant une dichotomie de la droite vers la gauche visant à égaliser les intervalles. Le dérivé $D_p \Phi = \varphi_p$ d'une intégrale $\Phi = \int \varphi(t) . dt$ en $x$ vis-à-vis de $\mathfrak{T}_p$ regardé comme base de dérivation est = valeur moyenne de $\varphi$ sur l'intervalle de $\mathfrak{T}_p$ contenant $x$. Si $H_p$ désigne la variété linéaire dans l'espace de Hilbert sur U sous-tendue par les fonctions caractéristiques $\gamma_p^i$ des ensembles de $\mathfrak{T}_p$, $\varphi_p$ représente la projection orthogonale de $\varphi$ sur $H_p$. D'après B. R. Gelbaum ([6]), le procédé de Gram-Schmidt appliqué aux fonctions $\gamma_p^i$ dans l'ordre des $p$, fournit le système de Haar. Il en résulte que les dérivés successifs $\varphi_p$ coïncident avec les sections initiales finies du développement de Fourier correspondant. L'interprétation des $\varphi_p$ montre que pour $\varphi$ continu sur $[0, 1]$, la suite des $\varphi_p$ converge uniformément vers $\varphi$.

Les résultats énoncés sur des réseaux concrets se transposent aisément aux réseaux abstraits.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les approximations diophantiennes linéaires P-adiques. IV. Résultats métriques.* Note de M^lle **Élisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

Nous utilisons les notations, définitions et résultats de Notes antérieures (I) ([1]), (II) ([2]), (III) ([3]). On déduit des propriétés de la mesure définie dans $E_P^n$ : *étant donné un ensemble mesurable* $\mathfrak{U} \subset E_P^n$, *de mesure* $> 0$,

([6]) $\psi$ n'est autre que le dérivé de $\Phi$ par rapport à $\rho$ selon E. S. Andersen et B. Jessen (*Danske Vid. Selsk. Mat.-Fys. Medd*,, 25, n° 5, 1948, p. 4).

([7]) *Ann. of Math.*, 51, 1950, p. 36.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 587.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 667.

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 784.

*pour tout* $\varepsilon > 0$, *il existe une constante* $c = c/\varepsilon > 0$, *telle que tous les points* $x \in E^n_P$, *sauf ceux d'un ensemble de mesure* $\leqq \varepsilon$, *soient de la forme* $x = x^{(0)} + z$ *où* $x^{(0)} \in \mathfrak{U}$, $z \in Z^n$, *avec* $\text{Max}\,|pj_i z| \leqq c$, $1 \leqq i \leqq n$.

Considérons un système linéaire canonique de signature $(p, n)$ :

$$L_j(x, a) + b_j = x_j + \Sigma a_{ij} x_{p+i} + b_j, \qquad 1 \leqq i \leqq q, \qquad 1 \leqq j \leqq p, \qquad p + q = n,$$
$$a = (a_{ij}) \in \mathfrak{A}, \qquad b = (b_1, \ldots, b_p) \in \mathfrak{B},$$

en désignant par $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{B}$ les espaces $E^{pq}_P$ et $E^p_P$ respectivement; posons $L_b(x, a) = \text{Max}\,|L_j(x, a) + b_j|_P$, $1 \leqq j \leqq p$; on écrira $L(x, a)$ lorsque $b = 0$ et $L_a(x)$ lorsqu'on fixe $a$ et qu'on fait varier seulement $b$.

Dans toute la suite $\varphi(\mu)$ désignera une fonction à valeurs $> 0$, définie pour $\mu \geqq 1$, continue, strictement croissante vers $+\infty$, $\varphi(\mu)P^{-\mu}$ décroissant vers zéro, pour $\mu$ tendant vers $+\infty$, telle que pour tout $c > 0$ il existe un $\gamma$ satisfaisant à $c\varphi(\mu) \leqq \varphi(\mu + \gamma)$ pour tout $\mu$ assez grand; pour certains des énoncés qui suivent toutes les conditions imposées à la fonction $\varphi(\mu)$ ne sont pas nécessaires. Nous démontrons : *la mesure de l'ensemble des* $(a, b) \in \mathfrak{A}\mathfrak{B}$, [*resp. des* $b \in \mathfrak{B}$, *resp. des* $a \in \mathfrak{A}$] *pour lesquels* $L_b(x, a) \prec c\varphi(\lambda)$ [*resp.* $L_a(x) \prec c\varphi(\lambda)$, *resp.* $L(x, a) \prec c\varphi(\lambda)$] *est indépendante de la valeur de* $c > 0$ *et est égale à* 0 *ou* 1. Dans les trois cas on démontre directement que cette mesure est indépendante de la valeur de $c$ et ensuite, en tenant compte du lemme énoncé au début de cette Note, que si cette mesure est $> 0$, elle est nécessairement égale à 1.

Le théorème précédent nous donne, en particulier : *L'ensemble des* $a \in \mathfrak{A}$ *pour lesquels* $L_j(x, a)$ *est un système complètement régulier* [*cf.* définition dans (II) ([2])] *est un ensemble de mesure nulle. Pour tout système régulier donné, quel que soit* $c > 0$, *pour presque tout* $b \in \mathfrak{B}$, $L_a(x) \prec cP^{\lambda p n^{-1}}$ [*cf.* dernière propriété énoncée dans (I) ([1])].

On établit aisément : *si la série* $\sum_\lambda \varphi^n(\lambda)P^{-p\lambda}$ *converge alors l'ensemble des* $(a, b) \in \mathfrak{A}\mathfrak{B}$ [*resp. des* $b \in \mathfrak{B}$, *resp. des* $a \in \mathfrak{A}$] *pour lesquels* $L_b(x, a) \prec \varphi(\lambda)$ [*res.* $L_a(x) \prec \varphi(\lambda)$, *resp.* $L(x, a) \prec \varphi(\lambda)$] *est un ensemble de mesure nulle.* En particulier : *quel que soit le choix de* $c > 0$, *pour presque tout* $a \in \mathfrak{A}$ [*resp.* $b \in \mathfrak{B}$], *l'inégalité* $L^p(x, a).H^{n+\varepsilon}(x) \leqq c$, [*resp.* $L^p_b(x).H^{n+\varepsilon}(x) \leqq c$] *n'a qu'un nombre fini de solutions en* $x \in Z^n$, *pour tout* $\varepsilon > 0$ *donné.*

En sens inverse nous avons démontré les deux résultats suivants : *si la série* (1) $\sum_\lambda \varphi^n(\lambda)P^{-p\lambda}$ *diverge, alors pour presque tout* $(a, b) \in \mathfrak{A}\mathfrak{B}$[resp. $a \in \mathfrak{A}$], *on a* $L_b(x, a) \prec \varphi(\lambda)$ [resp. $L(x, a) \prec \varphi(\lambda)$] ([4]). La méthode de démons-

([4]) Dans le cas *homogène* les deux théorèmes de convergence et de divergence généralisent des résultats de Jarnik (*Revista Ci Lima*, 47, 1945, p. 489-505).

tration est analogue à celle qu'on peut employer pour les problèmes réels correspondants ([5]) : posons $\delta_h(a, b) = 1$ s'il existe une solution en $x \in Z^n$ à $L_h(x, a) \leqq f(h)$, [où $f(l) = P^{-\frac{1}{q}\psi(l)}$], $h = H(x)$, satisfaisant en outre à

$$h = \operatorname{Max} |x_{p+i}|, \qquad 1 \leqq i \leqq q \qquad \text{et} \qquad \Delta_t(a, b) = \sum_{h=1}^{t} \delta_h(a, b);$$

soient

$$M_1(t) = \int_{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} \Delta_t(a, b)\, da\, db, \qquad M_2^2(t) = \int_{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} \Delta_t^2(a, b)\, da\, db.$$

Si la série (1) diverge on montre qu'il existe une constante $c > 0$, telle que pour tout $t$ assez grand $M_2(t) < c M_1(t)$ [la minoration de $M_1(t)$ et la majoration de $M_2(t)$ se font par des calculs élémentaires sur le nombre de solutions à certaines congruences], d'où on déduit, par l'inégalité de Cauchy-Schwartz, qu'il existe un ensemble de mesure $> 0$ sur lequel $\Delta_t(a, b) \to +\infty$ avec $t$, c'est-à-dire sur ce même ensemble, $L_b(x, a) \prec \varphi(\lambda)$, alors on sait, grâce à un théorème énoncé au début de cette Note, que sur un ensemble de mesure 1 la même propriété a lieu. Dans le cas homogène la démonstration est voisine, mais un peu plus compliquée.

Considérons un système $L_j(x)$ et son associé $M_i(y)$ [*cf.* définition dans (II) ([2])]; on démontre, à partir de l'identité entre systèmes associés : *soient deux fonctions* $> 0$, $\chi(\lambda)$ *et* $\psi(\lambda)$, *tendant vers* $+\infty$ *avec* $\lambda$, *si la suite* $\chi(\lambda)\,\psi(\lambda)\,P^{-\lambda}$ *tend vers zéro pour* $\lambda \to +\infty$, *la propriété* $M(y) \prec \psi(\lambda)$ *entraîne pour presque tout* $b \in \mathfrak{B}$, $L_b(x) \succ \chi(\lambda)$; *si la série* $\sum_\lambda \chi(\lambda)\,\psi(\lambda)\,P^{-\lambda}$ *converge la propriété* $M(y) \prec\prec \chi(\lambda)$ *entraîne pour presque tout* $b \in \mathfrak{B}$, $L_b(x) \succ\succ \chi(\lambda)$. En particulier, on déduit d'un résultat de (II) ([2]) : *étant donnée une suite quelconque de nombres* $> 0$, $\varepsilon_\lambda$, *tendant vers zéro avec* $\lambda^{-1}$, *pour toutes les signatures* $(p, n)$, $1 \leqq p < n$, *il existe des systèmes libres tels que pour presque tout* $b \in \mathfrak{B}$, *on ait* $L_b(x, a) \succ \varepsilon_\lambda P^\lambda$. En prenant un système dont l'associé est un des systèmes singuliers dont l'existence est démontrée dans (II) ([2]), on a : *étant donnée une série* $\sum_\lambda \varepsilon_\lambda$, *à termes* $> 0$, *convergente, pour toute signature* $(p, n)$ *telle que* $(n+2)3^{-1} \leqq p < n$, *il existe des systèmes linéaires dont l'associé est pur et tels que pour presque tout* $b \in \mathfrak{B}$, $L_b(x) \succ\succ \varepsilon_\lambda P^\lambda$; *pour toute signature* $(p, n)$, $1 \leqq p < n$, *différente de* $(1, 2)$, *il existe des systèmes linéaires dont l'associé est pur et tels que pour presque tout* $b \in \mathfrak{B}$, $L_b(x) \succ\succ \varepsilon_\lambda P^{\lambda p(n-1)^{-1}}$.

En tenant compte du fait qu'un système et son associé sont, ou ne sont pas, en même temps complètement réguliers, on déduit des résultats précédents :

([5]) Pour le cas de la signature $(n-1, n)$ *cf.* J. W. Cassels, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 46, 1950, p. 209-218.

si un système $L_j(x)$, de signature $(p, n)$, n'est pas complètement régulier, pour presque tout $b \in \mathcal{B}$, on a $L_b(x) \succ c P^{k,pn-1}$, d'où : *une condition nécessaire et suffisante pour qu'un système soit complètement régulier est que, quel que soit le choix de* $c > 0$, *on ait, pour presque tout* $b \in \mathcal{B}$, $L_b(x) \prec\prec c P^{k,pn-1}$.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Quelques formules asymptotiques de la théorie des nombres.* Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Nous donnons ici quelques résultats qui peuvent être démontrés à l'aide de théorèmes taubériens établis dans deux Notes précédentes [1], en utilisant seulement le fait que la fonction $\zeta(s)$ de Riemann et les fonctions L de Dirichlet ne s'annulent pas pour $\mathcal{R}[s] \geqq 1$.

$k$ étant un entier supérieur à 1 et $(l)$ un système d'entiers $l_1, l_2, \ldots, l_r$ tous premiers avec $k$ et non congrus deux à deux modulo $k$, nous désignerons par $E[k, (l)]$ l'ensemble des entiers $n$ ayant la propriété suivante : chaque diviseur premier $p$ de $n$ satisfait à l'une des congruences

$$(1) \qquad p \equiv l_1, \quad p \equiv l_2, \quad p \equiv l_r \quad (\operatorname{mod} k).$$

D'autre part, nous désignerons par $\omega(n)$ le nombre des diviseurs premiers de $n$ et par $\Omega(n)$ le nombre de facteurs dans la décomposition de $n$ en facteurs premiers, chaque facteur étant compté autant de fois qu'il y a d'unités dans son exposant.

$k$ et $(l)$ ayant la même signification que ci-dessus, nous désignerons par $\omega_{k,(l)}(n)$ le nombre des diviseurs premiers de $n$ satisfaisant aux congruences (1), et par $\Omega_{k,(l)}(n)$ le nombre des facteurs satisfaisant à ces congruences dans la décomposition de $n$ en facteurs premiers, chacun étant compté autant de fois qu'il y a d'unités dans son exposant.

$\varphi(k)$ sera, selon l'usage, le nombre des entiers inférieurs à $k$ et premiers avec $k$.

Landau [2] a montré que, lorsque $x$ tend vers $+\infty$, le produit $x^{-1}(\log x)^{1-\frac{r}{\varphi(k)}}$ du nombre des entiers au plus égaux à $x$ appartenant à $E[k, (l)]$ tend vers une limite finie positive. Nous désignerons celle-ci par $C[k, (l)]$.

1. Dans chacun des paragraphes suivants, nous donnons une expression équivalente pour $x$ infini au nombre des entiers au plus égaux à $x$ et satisfaisant aux conditions indiquées :

1° Entiers appartenant à $E[k, (l)]$ et tels que $\Omega(n) = q \geqq 1$ :

$$\left[\frac{r}{\varphi(k)}\right]^q \frac{x(\log\log x)^{q-1}}{(q-1)!\log x}.$$

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 465-467 et 589-591.

(2) *Handbuch der Lehre von der Verteilung der Primzahlen*, Bd **2**, p. 668.

2° Entiers satisfaisant à $\Omega_{k,(l)}(n) = q \geqq 0$ :

$$\left\{\frac{\sin \pi \frac{r}{\varphi(k)}}{\pi C[k, (l)]}\right\} \left[\frac{r}{\varphi(k)}\right]^q \frac{x(\log\log x)^q}{q\,!\,(\log x)^{\frac{r}{\varphi(k)}}}.$$

3° Entiers appartenant à $E[k, (l')]$ et tels que $\Omega_{k,(l)}(n) = q \geqq 0$, où $(l)$ est contenu dans $(l')$, $(l)$ a $r$ éléments et $(l')$ en a $r' > r$ :

$$C[k, (l') - (l)] \left[\frac{r}{\varphi(k)}\right]^q \frac{x(\log\log x)^q}{q\,!(\log x)^{1-\frac{r'-r}{\varphi(k)}}}.$$

4° Entiers appartenant à $E[k, (l')]$ et tels que $\Omega_{k,(l)}(n) \equiv s \pmod{q}$, où $(l)$ est contenu dans $(l')$, qui a $r'$ éléments, $q > 1$ et $s \geqq 0$ :

$$\frac{1}{q} C[k, (l')] \frac{x}{(\log x)^{1-\frac{r'}{\varphi(k)}}}.$$

5° Entiers satisfaisant à $\Omega(n) \equiv s \pmod{q}$, ou plus généralement à $\Omega_{k,(l)}(n) \equiv s \pmod{q}$, où $q > 1$ et $s \geqq 0$ : $x/q$.

6° Entiers satisfaisant à $n \equiv l \pmod{k}$ et $\Omega(n) = q$, où $k > 0$, $l > 0$, $(k, l) = 1$ et $q \geqq 1$ :

$$\left[\frac{1}{\varphi(k)}\right] \frac{x(\log\log x)^{q-1}}{(q-1)\,!\log x}.$$

7° Entiers satisfaisant à $n \equiv l \pmod{k}$ et $\Omega(n) \equiv s \pmod{q}$, où $k > 0$, $l \geqq 0$, $q > 1$, $s \geqq 0$ : $x/kq$.

8° Entiers satisfaisant aux mêmes conditions qu'en (7) et en outre « quadratfrei » : $Q(k, l)x/q$, où $Q(k, l)$ ne dépend que de $k$ et $l$.

Les formules données en 1° et 6° restent valables si l'on ajoute la condition « $n$ quadratfrei »; de même celles données en 4°, 5° et 7° si l'on remplace $\Omega_{k,(l)}(n)$ par $\omega_{k,(l)}(n)$ et $\Omega(n)$ par $\omega(n)$, et celles données en 2° et 3° si l'on ajoute la condition $\Omega_{k,(l)}(n) = \omega_{k,(l)}(n)$.

2. On a pour $x$ infini

$$\sum_{3 \leqq n \leqq x} \frac{1}{\log\log n} [\omega(n) - \log\log n]^2 \sim A x,$$

où A est une constante positive.

On a de même, si $(l)$ a $r$ éléments

$$\sum_{3 \leqq n \leqq x} \frac{1}{\log\log n} \left[\omega_{k,(l)}(n) - \frac{r}{\varphi(k)} \log\log n\right]^2 \sim A_{k,(l)} x$$

où $A_{k,(l)}$ est une constante positive dépendant de $k$ et de $(l)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques théorèmes du type de Phragmèn-Lindelöf dans la théorie des fonctions harmoniques de plusieurs variables.* Note de M. **Alexandre Dinghas**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $U(P)$ une fonction d'un point $P(x_1, \ldots, x_n)$ de l'espace $E_n(x_1, \ldots, x_n)$ harmonique dans un domaine infini G ayant comme frontière une multiplicité infinie $F_{n-1}$ contenant le point $P = O$ et séparant E. Désignons par $S_r$ l'intersection de G avec la surface de la sphère

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2 = r^2 \tag{1}$$

et par $s_r$ son image par une projection centrale du point $P = o$ sur la sphère unité

$$\xi_1^2 + \xi_2^2 + \ldots + \xi_n^2 = 1. \tag{2}$$

Supposons maintenant que la fonction U est harmonique à l'intérieur de G et vérifie au voisinage de tout point frontière à distance finie Q l'inégalité $\overline{\lim\limits_{P \to Q}}\, U(P) \leqq o$. Nous admettons encore qu'il existe à l'intérieur de G au moins un point $P_0$ pour lequel on a $U(P_0) > 1$.

Posons $V = U - \varepsilon$ pour $U \geqq \varepsilon$ et $V = o$ pour $U \leqq \varepsilon$. On voit facilement que l'intégrale

$$m(r) = \int_{s_r} V^2 d\omega \tag{3}$$

où $d\omega$ désigne l'élément de (2) ne s'annule pas à partir d'un $r$.

Nous introduisons la variable $\xi = \log r$ et nous remarquons que l'équation de Laplace, $\sum\limits_1^n V_{x_k x_k} = o$ peut s'écrire

$$V_{\xi\xi} + (n-2) V_\xi + \Delta V = o, \tag{4}$$

$\Delta V$ étant le deuxième opérateur de Beltrami sur (2).

Soit $\psi(\xi) = m(e^\xi)$. Alors on aura en observant que V est nul sur la frontière

$$\psi' = 2 \int_{s_r} V V_\xi \, d\omega \tag{5}$$

$$\psi'' = 2 \int_{s_r} \{ V_\xi^2 + V V_{\xi\xi} \} d\omega = 2 \int_{s_r} \{ V_\xi^2 - (n-2) V V_\xi - V \Delta V \} d\omega. \tag{6}$$

En utilisant la formule de Green et l'inégalité de Schwarz on obtient

$$2\psi'' \geqq \frac{\psi'^2}{\psi} - (n-2)\psi' + \int_{s_r} \nabla V \, d\omega, \tag{7}$$

$\nabla$ désignant le premier opérateur de Beltrami. Maintenant la fonction V étant

nulle à la frontière de $s_r$ on sait que l'on a toujours

$$\int_{s_r} \nabla V\, d\omega \geq \lambda(r) \int_{s_r} V^2\, d\omega, \tag{8}$$

où $\lambda(r)$ dépend seulement de $s_r$ et est défini comme le minimum de $\int_{s_r} \nabla V\, d\omega : \int_{s_r} V^2\, d\omega$ formé pour toutes les fonctions V ayant un $\nabla V$ intégrable et qui s'annulent sur la frontière de $s_r$.

En utilisant les équations (7) et (8) et posant $\omega = \log m(r) = \log \psi$ on trouve

$$2\omega'' + 2(n-2)\omega' + \omega'^2 \geq 4\lambda. \tag{9}$$

L'intégration de cette inégalité se fait, en remarquant que l'expression $\omega' + (n-2)$ doit être positive à partir d'un $r$. On trouve alors après quelques opérations élémentaires

$$\omega' + \frac{\omega''}{\omega' + (n-2)} \geq \sqrt{4\lambda + (n-2)^2} - (n-2) = 2a_n(r), \tag{10}$$

et l'on tire après deux intégrations successives et en laissant $\varepsilon$ tendre vers zéro

$$m(r)\, r^{n-2} \geq C_0 \int_{r_0}^{r} x^{n-3} e^{2\varphi_n(x)}\, dx + C_1, \tag{11}$$

avec $C_0 > 0$ et

$$m(r) = \int_{s_r} \overset{+}{U}{}^2\, d\omega \qquad \varphi_n(r) = \int_{r_0}^{r} \frac{a_n(x)}{x}\, dx. \tag{12}$$

J'ai établi l'inégalité (11) dans le cas spécial $n = 2$ pour la première fois dans une Note publiée dans *Mathem. Zeitschr.* (1936, p. 713-716).

En prenant $\alpha > 1$ et en posant $M(r) = \operatorname{Max} U$ sur $s_r$, on trouve

$$M(\alpha r) \geq C_0\, e^{\varphi_n(r)} + C_1, \tag{13}$$

$C_0$, ($C_0 > 0$) et $C_1$ étant des nouvelles constantes. Alors pour toutes les fonctions U pour qui $\varliminf_{r \to \infty} [M(\alpha r)/M(r)]$ est fini, on peut affirmer que

$$\varliminf_{r \to \infty} e^{-\varphi_n(r)} \log M(r) > 0. \tag{14}$$

Je voudrais remarquer ici que les inégalités spéciales de ma Note citée de 1936 ont été retrouvé recemment par M. Pfluger [1]. Dans le cas où G est le domaine $x_1 > 0$, on a $\lambda = n - 1$ et l'on peut démontrer que la fonction $\sqrt{m}\, r^{n-1}$ est une fonction convexe de $r^n$, et par conséquent $\sqrt{m(r)} : r$ tend vers une limite positive.

Je reviendrai sur ce sujet dans une prochaine Note.

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 542-543.

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Analogue tri-dimensionnel au théorème de M. Synge concernant les champs vectoriels plans qui s'annulent sur une frontière fermée.* Note de M. **Clifford Truesdell**, transmise par M. Jacques Hadamard.

M. Synge ([1]) a obtenu la caractérisation suivante : soient $w$ et $\theta$ deux fonctions données dans un domaine plan A, dont la frontière est B; pour qu'il existe un champ vectoriel $u$, $v$ tel que $u_x + v_y = \theta$ et $v_x - u_y = w$ en A, $u = v = 0$ sur B, il faut et il suffit que $\int(wU - \theta V)\,dA = 0$, U et V étant deux fonctions harmoniques conjuguées arbitraires. Dans une Note antérieure ([2]) dont nous conservons les notations, j'ai obtenu une caractérisation des champs à trois dimensions qui s'annulent sur une frontière fermée, mais elle diffère du résultat de M. Synge en ce qu'il y a *deux* conditions à satisfaire, dont une est la condition aux limites $w_n = 0$. Dans la Note actuelle, je donne une seconde caractérisation qui est complètement analogue au théorème de M. Synge.

Théorème. — *Soient définis* $\vec{w}$ *et* $\theta$ *par les conditions de notre Note antérieure. Soit* F *la classe des champs* $\vec{f}$ *tels que* $\text{rot}\,\vec{f} = \text{grad}\,\psi$ (*d'où* $\nabla^2\psi = 0$). *Pour qu'il existe un champ vectoriel* $\vec{v} \in C'_0$ *tel que* $\text{div}\,\vec{v} = \theta$, $\text{rot}\,\vec{v} = \vec{w}$, *il faut et il suffit que*

$$\int_V \left[\psi\theta + \vec{f} \times \vec{w}\right] dV = 0, \tag{A}$$

*pour tout* $\vec{f} \in F$.

*Démonstration de nécessité.* — Si $\vec{v} \in C'$, nous avons l'identité

$$\text{div}(\psi\vec{v}) = \psi\theta + \vec{v} \times \text{rot}\,\vec{f} = \psi\theta + \text{div}(\vec{f} \wedge \vec{v}) + \vec{f} \times \vec{w}.$$

Par la transformation de Green, il vient

$$\int_V \left[\psi\theta + \vec{f} \times \vec{w}\right] dV = \oint_S d\vec{S} \times \left[\psi\vec{v} + \vec{v} \wedge \vec{f}\right],$$

d'où suit (A) si $\vec{v} \in C'_0$.

*Démonstration de suffisance.* — Dans (A), posons $\psi = 1$, $\vec{f} = 0$; il vient $\int_V \theta\,dV = 0$. Posons ensuite $\psi = 1$, $\vec{f} = \text{grad}\,\chi$, $\chi$ étant une fonction uniforme arbitraire à dérivées continues. Nous obtenons

$$0 = \int_V \text{grad}\,\chi \times \vec{w}\,dV = \int_V \text{div}(\chi\vec{w})\,dV = \oint_S d\vec{S} \times \vec{w}\chi.$$

([1]) *Quart. Appl. Math.*, 8, 1950, p. 107-108.
([2]) *Comptes rendus*, 32, 1951, p. 1277.

Puisque $\chi$ est arbitraire, il faut que $d\vec{S} \times \vec{w}$ s'annule sur S, donc $w_n = 0$. La condition $(1)_2$ de la Note antérieure est donc conséquence de (A). Passons à $(1)_1$. Soit $\vec{h} = \text{grad}\Phi$, $\Phi$ étant une fonction harmonique arbitraire, et définissons $\vec{f_1} \equiv \vec{j}\Phi_z - \vec{k}\Phi_y$. On a donc

$$\text{rot}\vec{f_1} = -\vec{i}(\Phi_{yy} + \Phi_{zz}) + \vec{j}\Phi_{xy} + \vec{k}\Phi_{xz} = \vec{i}\Phi_{xx} + \vec{j}\Phi_{xy} + \vec{k}\Phi_{xz} = \text{grad}\,\Phi_x.$$

Par conséquent $\vec{f_1} \in F$, d'où et de (A) suit que

$$\int_V [\Phi_x\theta - (\Phi_y w_z - \Phi_z w_y)]\, dV = 0.$$

Par permutation cyclique nous obtenons deux équations analogues en $\Phi_y\theta, \ldots, \Phi_z\theta, \ldots$. En multipliant ces trois équations par $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ et les ajoutant, nous obtenons la condition $(1)_1$, qui est donc aussi conséquence de (A). En vertu du théorème de notre Note antérieure, il suit que la condition (A) est suffisante. C. Q. F. D.

Nos résultats possèdent une signification cinématique évidente. $\theta$ est l'expansion, $\vec{w}$ le vecteur tourbillon du champ de vitesses $\vec{v}$ d'un mouvement qui *adhère aux parois*. Nous avons donc caractérisé la classe des $\theta$ et des $\vec{w}$ d'un tel mouvement. Dans le cas spécial $\theta = 0$, nous déduisons de (A) une formule dont la nécessité a été signalée par M. Becker [3].

## CALCUL SYMBOLIQUE. — *Une nouvelle formule opératoire.*

Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

Partons de la transformation de Laplace-Carson,

$$\varphi(p) = p\int_0^\infty e^{-ps} f(s)\, ds, \qquad \varphi(p) \subset f(t)$$

et remplaçons $p$ par $\log(p + \sqrt{p^2+1})$. Il vient

$$\frac{\varphi[\log(p+\sqrt{p^2+1})]}{\log(p+\sqrt{p^2+1})} = \int_0^\infty (p+\sqrt{p^2+1})^{-s} f(s)\, ds.$$

Il est aisé d'écrire l'image du second membre : on connaît en effet la correspondance

$$\frac{p}{\sqrt{p^2+1}}(p+\sqrt{p^2+1})^{-s} \subset J_s(t),$$

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1630-1632, théorème 1.

où J est la fonction de Bessel. On aura donc

$$\frac{p}{\sqrt{p^2+1}}\,\frac{\varphi[\log(p+\sqrt{p^2+1})]}{\log(p+\sqrt{p^2+1})} \subset \int_0^\infty \mathrm{J}_s(t)\,f(s)\,ds,$$

formule curieuse, et qui semble nouvelle. Suivant la terminologie que nous avons proposée (1), c'est une formule de transformation du second groupe.

On écrira des formules analogues en prenant, à la place de l'expression $p+\sqrt{p^2+1}$, les expressions $p+\sqrt{p^2-1}$ ou $p+\sqrt{p^2-i}$, qui conduisent aussi à des images besséliennes connues.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Quelques propriétés des variétés kählériennes closes.* Note (*) de M. **Heinrich Guggenheimer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Sur une variété kählérienne close, toute classe de de Rham ne contient plus d'une seule forme pure; applications à la géométrie différentielle et la topologie de ces variétés.

1. Cette Note fait suite à trois Notes antérieures (1). On a vu dans II que toute forme pure, fermée et effective est harmonique. La troisième de ces conditions est superflue.

Théorème. — *Toute forme pure fermée sur une variété kählérienne close est harmonique.*

La démonstration est basée sur les relations (2)

$$d\Phi_k^r \subset \Phi_k^{r+1} + \Phi_{k+1}^{r+1}, \qquad d\Phi_{(k)}^r \subset \Phi_{(k)}^{r+1} + \Phi_{(k+1)}^{r+1}.$$

Soit $\varphi_{(k)}^r = \sum_{j\leq k} \varphi_{(k)j}^r$, $d\varphi_{(k)}^r = 0$, alors $\tilde{d}\varphi_{(k)}^r = 0$. [(*cf.* I.3)]. Posons $\varphi_{(k)j}^r = \mathrm{L}^j \psi_{(k-j)}^{r-2j}$ et supposons $\varphi_{(k)l}^r \neq 0$, $\varphi_{(k)s}^r = 0$ $(s > l)$. Alors $d\varphi_{(k)l}^r = \mu_l^{r+1}$, $\tilde{d}\varphi_{(k)l}^r = \chi_l^{r+1}$ et $\tilde{d}d\varphi_{(k)l}^r = {}_l^{r+2}$. (II.3) nous donne $-(l+1)\delta\Lambda^l \varphi_{(k)l}^r = \tilde{d}\Lambda^{l+1}\varphi_{(k)l}^r - \Lambda^{l+1}\tilde{d}\varphi_{(k)l}^r = 0$, c'est-à-dire que $\delta\psi_{(k-l)}^{r-2l} = 0$. Mais comme $-\delta d\psi_{(k-l)}^{r-2l} = \tilde{d}\Lambda\, d\psi_{(k-l)}^{r-2l} - \Lambda\tilde{d}d\psi_{(k-l)}^{r-2l} = 0$, $dd\psi_{(k-l)}^{r-2l} = 0$, $d\psi_{(k-l)}^{r-2l}$ est une forme harmonique homologue à zéro, donc nulle (3). Nous avons démontré que $\psi_{(k-l)}^{r-2l}$ est harmonique, mais [*cf.* (II.4)], alors $\varphi_{(k)j}^r$ est harmonique et l'on démontre le théorème par récurrence.

(1) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 398.

(*) Séance du 2 avril 1951.

(1) B. Eckmann et H. Guggenheimer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 464, 489, 503. Ces Notes seront citées dans le texte par I, II, III respectivement.

(2) H. Guggenheimer, *Variétés symplectiques. Coll. Topologie Strasbourg*, 1951 (polycopié).

(3) P. Bidal et G. de Rham, *Les formes différentielles harmoniques. Comm. math. helv.*, 19, p. 1.

Toute forme pure cofermée est l'adjointe d'une forme pure fermée :

Corollaire 1. — *Toute forme pure cofermée sur une variété kählérienne close est harmonique.*

2. Les formes $\Psi_r$ qui donnent les classes caractéristiques de Chern ([4]) sont pures et fermées :

Corollaire 2. — *Tout polynome à coefficients constants formé avec les formes de Chern est harmonique, en particulier un tel polynôme n'est pas homologue à zéro s'il est* $\neq 0$ *en un point* (toujours sur une variété kählérienne close).

Les formes

$$\Sigma a_{r_1\ldots r_{k+1}} \Psi_{r_1}^{n_1} \wedge \ldots \wedge \Psi_{r_k}^{n_k} \wedge \omega^{2n_{k+1}}, \qquad \sum_{i\leq k} n_i(n - r_i + 1) + n_{k+1} = q,$$

constituent un espace vectoriel dans tout point de la variété; soit $R_{2q}$ le maximum de son rang sur la variété :

Corollaire 3. — $b^{2q} \geq \max(R_{2q}, R_{2(n-q)}) \geq 1$.

Une métrique telle que $R_{ik} = cg_{ik}$ est appelée *einsteinienne* ([5]). Si le deuxième nombre de Betti $b^2$ de la variété considérée est égal à un, $\Psi_n$ doit être proportionnel à $\omega^2 = i\Sigma g_{i\bar{k}} dz_i \wedge d\bar{z}_k$ mais

$$\Psi_n = \frac{1}{2\pi i} \Sigma R_{i\bar{k}} dz_i \wedge d\bar{z}_k.$$

Corollaire 4. — *Toute métrique hermitienne sans torsion sur une variété kählérienne avec* $b^2 = 1$ *est einsteinienne.*

La réciproque de ce corollaire n'est pas vraie; il existe des variétés à métrique einsteinienne (hermitienne sans torsion) et $b^2$ aussi grand que l'on veut.

Le scalaire de courbure $R = 2\pi i \Lambda \psi_n$ est harmonique :

Corollaire 5. — *Le scalaire de courbure* R *de toute métrique hermitienne sans torsion sur une variété kählérienne close est constant.*

Soit $G = \det(g_{i\bar{k}})$, on a ([6]) $R_{i\bar{k}} = (\partial^2 \log G / \partial z_i \partial \bar{z}_k)$. En vertu du corollaire 2, $\Psi_n^n$ est proportionnel à l'élément de volume $\omega^{2n}$ :

Corollaire 6 :

$$\det\left(\frac{\partial^2 \log G}{\partial z_i \, \partial \bar{z}_k}\right) = \text{const.}\, G^n.$$

Des cas particuliers de cette relation ont été étudiés déjà par Kähler ([6]).

---

([4]) *Characteristic classes of hermitian manifolds. Ann. of Math.*, 47, 1946, p. 85, surtout formule (39).

([5]) S. Bochner, *Curvature in Hermitian Metric. Bull. Amer. Math. Soc.*, 53, 1947, p. 179.

([6]) *Ueber eine bemerkenswerte hermitische Metrik. Abh. Math. Sem. Hamburg*, 9, 1933, p. 173.

On aura d'autres relations en écrivant que

$$\Sigma\Psi_{r_1}^{n_1}\wedge\ldots\wedge\Psi_{r_k}^{n_k}=c\,\omega^{2n},\qquad \Sigma n_i(n-r_j+1)=n.$$

Corollaire 7. — *Si le rang du tenseur de Ricci d'une métrique hermitienne sans torsion sur une variété kählérienne close est maximal en un point, il est constant, et est maximal pour toute métrique hermitienne sans torsion définie sur la variété.*

C'est une conséquence immédiate dès corollaires 6 et 2.

## CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Fonctions aléatoires* H($t$) *à valeurs entières, dépendant de processus à la fois markoviens et stationnaires.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans deux Notes antérieures [1], l'auteur a étudié des cas particuliers et des exemples. Il s'agit ici des éléments d'une théorie générale.

1. Pour une théorie générale de ces fonctions, il y a intérêt à dépasser aussi vite que possible le point de vue de Bernoulli, c'est-à-dire l'étude des probabilités de passage $P_{h,k}(t)$, et étudier les propriétés probables ou presque sûres des fonctions H($t$) elles-mêmes.

Les déterminations possibles de ces fonctions peuvent être réparties en six *types*, se distinguant par la nature de l'ensemble E des points de discontinuité. *Premier type* (ou *type fini*) : E n'a aucun point d'accumulation à distance finie. *Second type* (ou *type transfini*) : E est bien ordonné, et a au moins un point d'accumulation à distance finie. *Troisième type* : E est dénombrable, mais n'est pas bien ordonné. *Quatrième type* : E est de mesure nulle, mais non dénombrable. *Cinquième type* : E est de mesure positive, mais ne contient aucun intervalle. *Sixième type* : E contient au moins un intervalle.

Pour le processus lui-même, nous dirons qu'il est du $n^{\text{ième}}$ *type* ($n\leqq 6$) si toutes les fonctions $P_{h,k}(t)$ sont mesurables, si la fonction H($t$) *peut* être du $n^{\text{ième}}$ type [c'est-à-dire si, au moins pour certaines déterminations initiales de H($t_0$), elle a une probabilité positive d'appartenir à ce type], et si elle *ne peut pas* appartenir à un type d'indice plus élevé. Si au moins une des fonctions $P_{h,k}(t)$ n'est pas mesurable, nous dirons que le processus est du *septième type*.

Les sept types existent effectivement. Le premier type sera aussi appelé *type fini*, et le second, *type transfini*. Les deux derniers sont des *types dégénérés*. Pour ces types, il peut arriver que la fonction H($t$) soit partout discontinue dans un intervalle; elle y est alors presque sûrement non mesurable.

---

[1] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 467 et 1208.

2. L'utilité de cette classification, évidemment un peu arbitraire, est prouvée par des théorèmes tels que les suivants :

1° *Un processus du type fini est bien défini par les coefficients* $\lambda_h$ *et* $P_{h,k}$ *définis dans ma première Note. Il n'en est ainsi pour aucun autre type.*

On peut exprimer le même fait en disant que, pour le type fini et pour ce type seulement, le système des équations différentielles de Kolmogoroff

$$\frac{dP_{h,k}(t)}{dt} = \sum_l p'_{l,k} P_{h,l}(t) \qquad [p'_{l,k} = P'_{l,k}(+0)],$$

admet un système de solutions et un seul pour lequel $P_{h,k}(+0) = \delta_{h,k}$.

Pour des données ne correspondant pas à ce cas, il peut y avoir une large indétermination, ou au contraire impossibilité (même si les conditions nécessaires triviales indiquées dans ma Note citée sont vérifiées).

2° *L'absence d'états instantanés* (non fictifs) *caractérise les quatre premiers types.*

3° *Pour les six premiers types, chaque fonction* $P_{h,k}(t)$ *est, ou bien toujours nulle* (de zéro exclu à l'infini), *ou bien toujours positive.*

Ce théorème a été énoncé dans ma première Note citée, mais sous la condition restrictive $\sum_k P_{h,k} = 1$ admise au début de la dite Note et qui n'est pas nécessaire.

4° *Pour les six premiers types, chaque fonction* $P_{h,k}(t)$ *a, pour* $t$ *infini, une limite bien déterminée, positive ou nulle* (il peut arriver que toutes ces limites soient nulles).

Ces deux théorèmes généraux relatifs aux six premiers types ne s'appliquent pas au septième.

3. Aussi bien pour les fonctions $H(t)$ étudiées ci-dessus que pour les chaînes stationnaires de Markoff, il existe des cas où il peut arriver que le système dont l'évolution est définie par $H(t)$ (ou par la suite des $H_n$) reste indéfiniment dans des états constituant un groupe de passage. Il ne semble pas que cette possibilité, qui distingue essentiellement les fonctions $H(t)$ les plus générales de celles qui n'ont qu'un nombre fini de valeurs possibles, ait encore été signalée (²).

Signalons enfin l'impossibilité de continuer à définir le cas ergodique par le fait que les limites $P_{h,k}(\infty)$ ne dépendent que de $k$. Nous proposons de dire qu'un groupe final G est *ergodique* si, l'état initial appartenant à G, chaque état de ce groupe est presque sûrement réalisé pour des valeurs arbitrairement grandes de $t$ (³). Alors, pour $A_h$ et $A_k \in G$, $P_{h,k}(\infty) = P_k$ (indépendant de $h$),

(²) En raison de cette possibilité, il nous paraît difficile d'admettre la terminologie de A. Kolmogoroff, qui considère les éléments d'un groupe de passage comme non essentiels (*unwesentlich*). L'expression même *groupe de passage* devient critiquable.

(³) S'il s'agit de chaînes, il faut en outre préciser que le groupe n'est pas cyclique. Sans cette restriction, on aurait ce que M. Fréchet appelle un groupement *presque ergodique*.

et les $P_k$ sont tous nuls ou tous positifs. Dans le premier cas, G sera dit *faiblement ergodique*. La définition que nous rejetons conduirait à appeler ergodiques des systèmes comportant plusieurs groupes finaux, si ces groupes sont tous non ergodiques ou faiblement ergodiques.

HYDRAULIQUE. — *Sur le déversement au-dessus des barrages en enrochements.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Cette Note montre, au moyen d'expériences effectuées à échelle très réduite, que l'on ne peut admettre l'évacuation des crues par déversement direct sur un barrage en enrochements.

Nous avons étudié le déversement de crues, d'importance variable, au-dessus d'un barrage en enrochements, de 20 m de hauteur, constitué par des blocs de dimension unitaire moyenne comprise entre 16 et 32 cm, en opérant sur un modèle réduit à l'échelle 1/80ᵉ, monté dans un canal de verre, d'une largeur de 30 cm. Le masque d'étanchéité amont et le couronnement du modèle sont réalisés au moyen d'une plaque métallique.

1° Dans une première série d'expériences, le parement aval des enrochements ne comporte aucune protection; le déversement même sous une charge très faible provoque une destruction très rapide des enrochements.

Comme le montre la figure 1, dès le début de l'écoulement, la lame déversante entame le parement aval et, simultanément l'eau, s'infiltre dans le corps du barrage. Sous l'action combinée du déversement et des sous-pressions, le massif d'enrochements s'effondre brusquement vers l'aval.

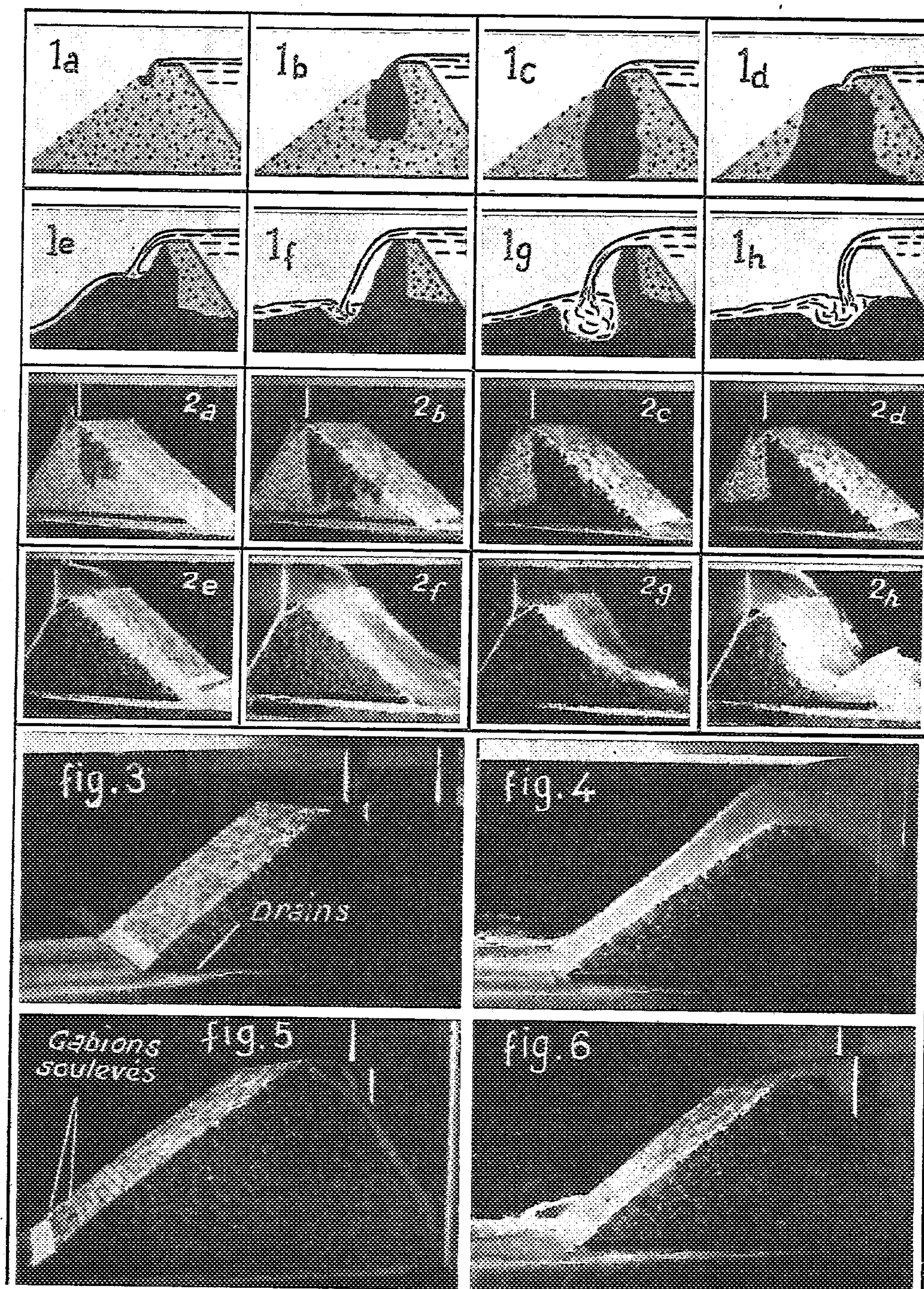
2° Nous avons ensuite réalisé la même expérience sur un modèle identique au précédent, mais dont le parement aval est protégé par des gabions de $1 \times 1 \times 1{,}75$ m, schématisés dans le modèle réduit par des petits blocs de ciment.

Le déversement a eu pour conséquence (*fig.* 2) une infiltration progressive et très rapide de l'eau déversante dans le corps du barrage, à travers les gabions; celle-ci a engendré une sous-pression massive qui, au bout d'un certain temps, a soulevé certaines portions de la couche de gabions du parement aval. L'eau déversante attaquant alors directement la brèche ainsi formée, a provoqué un effondrement brusque de l'ouvrage.

3° Pour mieux analyser les causes de la rupture précédente, nous avons adopté un montage spécial (*fig.* 3), permettant d'éliminer au moins en grande partie la mise en sous-pression du parement aval : l'importance des drains correspondants était d'ailleurs telle que la réalisation pratique d'un tel dispositif serait impossible pour un ouvrage industriel.

Nous avons fait passer sur ce modèle 20 crues successives, donnant très rapidement à la charge déversante une valeur de 11 cm, soit 8,80 m pour

l'ouvrage réel (*fig.* 4). Chaque crue était maintenue pendant un temps




de 30 mn, homologue d'une durée de l'ordre de 4 h 30 à l'échelle du barrage en vraie grandeur.

Ces expériences n'ont pas abouti à la rupture de l'ouvrage. Tout au plus, a-t-on pu constater certains mouvements de quelques blocs-gabions du parement aval dont l'ensemble a été légèrement soulevé, dans la partie inférieure, par la sous-pression résiduelle.

La figure 5 permet de se rendre compte des mouvements des gabions constituant le parement aval : deux d'entre eux sont plus particulièrement soulevés au point de déformer la lame déversante, lors de l'écoulement d'une faible crue (*fig.* 6).

En supprimant le dispositif de drainage, nous avons obtenu une destruction rapide du barrage en le soumettant à de nouveaux déversements.

*Conclusion.* — D'après ces expériences, le déversement sur un barrage en enrochements ne peut être admis, même en protégeant le parement aval par des gabions.

L'emploi d'un parement maçonné ne serait guère plus recommandable, en raison des tassements des enrochements qui provoqueraient des cassures inévitables.

Sur le plan purement théorique, une solution pourrait être probablement fournie par l'emploi d'un revêtement de protection assez souple pour suivre les déformations du barrage et assez étanche pour empêcher les infiltrations massives dans le corps de celui-ci. La réalisation d'un tel revêtement sans être *a priori* rigoureusement impossible, n'appartient pas actuellement au domaine de la pratique.

ASTRONOMIE. — *Photométrie globale des nébuleuses extragalactiques par la méthode de Schilt.* Note de M. JOSEPH BIGAY, présentée par M. André Danjon.

On a cherché à vérifier expérimentalement, sur des clichés obtenus principalement avec une chambre de Schmidt à $f/2$ si la méthode de Schilt était applicable à la comparaison photométrique des nébuleuses entre elles. Il semble qu'on puisse atteindre par cette méthode une précision moyenne de l'ordre de $\pm$ 0,2 mag et éviter à peu près complètement les erreurs systématiques.

1. On a montré dans une Note récente (¹) que les déterminations de magnitudes globales des nébuleuses extragalactiques pouvaient être faites correctement par les méthodes qui utilisent un diaphragme (cellule photoélectrique, photographie du cercle oculaire) et par l'intégration des profils photométriques. Mais, on ne peut ainsi étudier qu'un seul objet à la fois et le rendement est sans doute trop faible pour permettre d'effectuer de très nombreuses mesures. On a vu également que la comparaison directe des

(¹) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 312.

nébuleuses à des étoiles standard, sur des clichés focaux ou extra-focaux n'est pas possible : les écarts individuels de magnitude dépassent fréquemment 1 et l'on commet une erreur systématique généralement comprise entre 0,4 et 1. On peut se demander si la comparaison par la méthode de Schilt par exemple, de nébuleuses à d'autres nébuleuses de magnitudes bien connues, ne pourrait pas par contre conduire à des mesures correctes ? La séquence photographique établie dans l'amas Virgo ([1]) m'a permis d'étudier expérimentalement la valeur d'une telle méthode et d'apprécier son degré d'exactitude.

2. *A priori*, la méthode de Schilt peut paraître inapplicable à la photométrie des nébuleuses qui présentent de très grandes différences de forme, de diamètre apparent et de brillance. Le calcul permet de fixer les conditions optima de densité pour que la grandeur mesurée, au microphotomètre Lallemand par exemple, soit indépendante du diamètre apparent de la nébuleuse. On trouve que la densité $d$ doit satisfaire à la condition $d = \log(\gamma + 1)$. La densité optima sera donc très faible : de l'ordre de 0,5 ou 0,6 elle pourrait être un peu accrue en utilisant des plaques lentes à facteur de contraste $\gamma$ élevé mais néanmoins, les clichés devraient être sous-exposés, donc peu propices à l'enregistrement des nébuleuses.

3. On a expérimenté assez longuement la méthode de Schilt au moyen de divers clichés de la séquence de nébuleuses de Virgo, obtenus au Schmidt de Lyon ([2]) (O = 28 cm; F = 59 cm) et sur un cliché à la chambre Zeiss (O = 17 cm; F = 120 cm). Les densités mesurées sur tous ces clichés sont nettement supérieures à la valeur optima : de 1 à 1,5 environ pour des $\gamma$ voisins de 2. La figure 1 relative à un cliché pris au Schmidt donne une idée de la précision qu'on peut espérer : en abscisses les magnitudes Fabry, en ordonnées, dans une échelle arbitraire, les densités, voile de la plaque déduit, mesurées au microphotomètre Lallemand. Pour cinq courbes analogues, les plus grands écarts à la moyenne dépassent rarement et de très peu $\pm 0,20$ mag et l'erreur moyenne est $\pm 0,082$ mag. Les écarts ne revêtent aucune allure systématique relativement à la classe, à la forme ou au diamètre apparent de la nébuleuse. De plus, pour un même objet, ils changent assez souvent de sens quand on passe d'une courbe à l'autre. Ils semblent donc imputables principalement aux erreurs de mesure des densités. Les résultats sont sensiblement moins bons avec le cliché pris à la chambre Zeiss (pose 3 h, par ciel pur, sur plaque Kodak 103 a O). Pour 48 mesures, l'écart moyen est de $\pm 0,154$ mag.

4. On a mesuré par la méthode de Schilt 10 clichés pris au Schmidt de Lyon dans des régions riches en galaxies assez brillantes (Coma Bere-

([2]) *L'Astronomie*, 59, 1945, p. 137.

nices, Ursa Major) et l'on a obtenu ainsi les magnitudes globales de 151 nébuleuses; les résultats détaillés seront donnés ailleurs. Les mesures ont toutes été faites par comparaison directe aux nébuleuses standard de la séquence Virgo. A titre de contrôle, on a considéré les nébuleuses mesurées à la fois par la méthode de Fabry et par la méthode de Schilt (38 objets

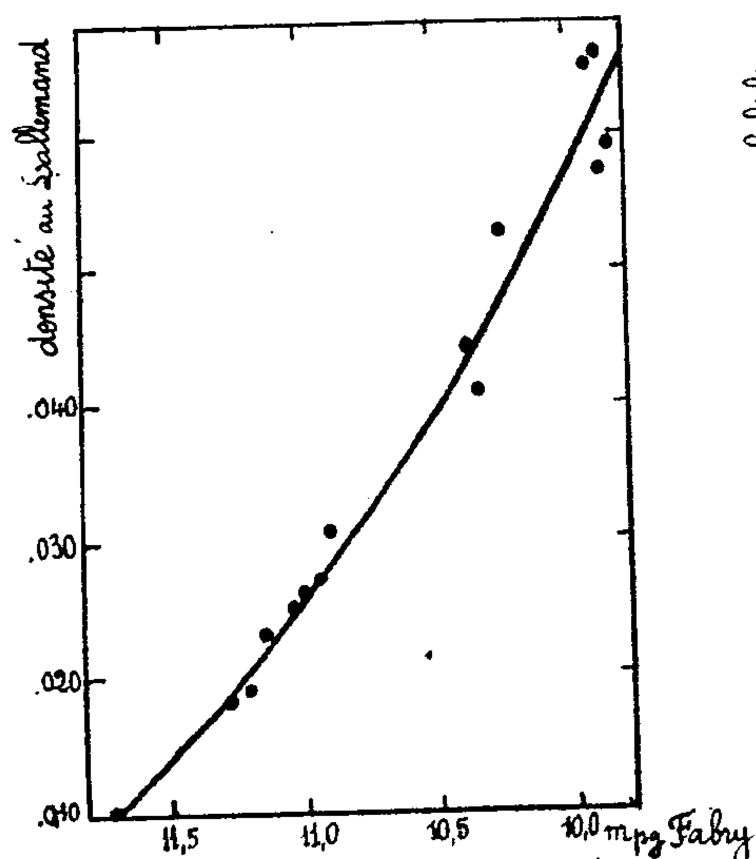



Fig. 1. — Relation entre les magnitudes Fabry et les densités mesurées au « Lallemand » (méthode de Schilt).

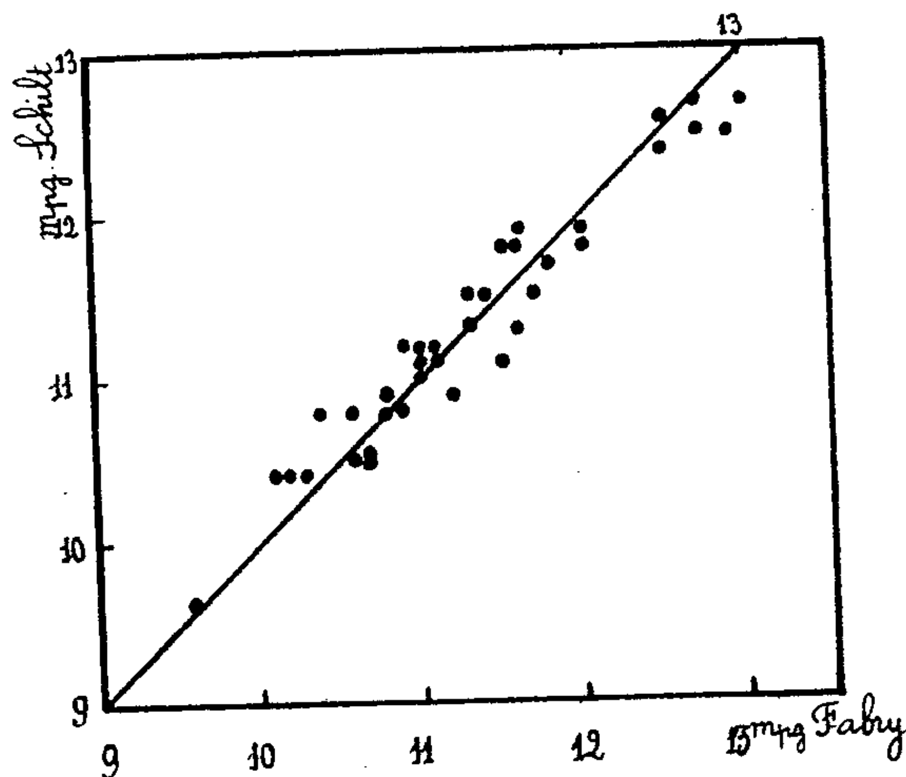



Fig. 2. — Comparaison des magnitudes Schilt aux magnitudes Fabry.

communs) et porté leurs magnitudes sur la figure 2. On ne constate pas d'erreur systématique sensible entre les deux séries de mesures : les trois plus grands écarts atteignent $\pm 0,40$ mag et l'écart moyen est de $\pm 0,22$ mag. Bien qu'on ne puisse prétendre obtenir la même précision qu'avec les méthodes photoélectriques ou de Fabry, la comparaison photométrique des nébuleuses entre elles par la méthode de Schilt semble donc possible, même en se plaçant assez loin des meilleures conditions de densité. On pourrait déterminer ainsi très rapidement les magnitudes globales des galaxies avec une précision de l'ordre de 0,2 mag, probablement suffisante en vue des travaux statistiques. Néanmoins, l'application de cette méthode nécessite beaucoup de précautions expérimentales et de soin dans les mesures; les densités notamment doivent être mesurées avec une très grande précision, tant celles des images nébulaires que celles du voile de fond du cliché.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'Hydrodynamique quantique de l'hélium aux très basses températures. II. Les deux fluides.* Note (*) de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Une Note antérieure ([1]) a montré, sur l'exemple simple d'un *gaz parfait*, l'un des aspects de l'influence de la forme de l'enceinte sur la condensation de Bose-Einstein. Pour un *fluide réel*, il faut au moins faire intervenir, en se servant du formalisme de l'Hydrodynamique quantique :

*a.* les *parois*, qui joueront un rôle capital dans notre interprétation. Il n'est pas, en général, possible de se contenter des conditions aux limites usuelles. Un premier progrès, grâce à un potentiel fonction de la seule distance à la paroi, consiste à traiter celle-ci comme une *barrière de potentiel*, verticale ou non, bordée à sa base par un *fossé de potentiel*, dont la profondeur et la largeur dépendent de la nature physique et chimique de la paroi. Les calculs sont praticables si l'on simplifie la forme de la barrière, comme en théorie quantique des chocs. Il peut être utile aussi de faire dépendre ce potentiel du *temps* : propagation et excitation d'ondes, évaluation des self-énergies des atomes d'hélium résultant de leur couplage avec une paroi vibrante (son, paroi diatherme dans un thermostat),.... Les calculs sont possibles si l'on traite la partie variable $\Phi(r, t) - \Phi(r, 0)$ comme une perturbation de l'énergie.

*b.* les *interactions* entre atomes d'hélium. Les équations permettent, en principe, de traiter les problèmes d'une façon assez générale avec un potentiel de Slater ou de Lennard-Jones. L'éventualité d'une excitation de l'atome d'hélium paraît négligeable à ces basses températures.

*c.* la *pesanteur*, dont le potentiel $-mgz$, lentement variable ($6{,}5.10^{-21}$ ergs/cm vertical) permet de traiter presque tous les problèmes sur une équipotentielle.

2. La condensation de Bose-Einstein se produit dans l'espace des impulsions : c'est donc la méthode de seconde quantification en Hydrodynamique quantique ([2]) qui semble ici la mieux adaptée. La forme de la plupart de ses opérateurs ne dépend pas des potentiels. Si l'on développe les opérateurs $\psi(\mathrm{R})$ et $\psi^*(\mathrm{R})$ en série de Fourier dans un parallélépipède ayant les dimensions du capillaire ($0 \leqq x \leqq l$; $0 \leqq y,\ z \leqq d \ll l$), il vient

$$\psi(\mathbf{R}) = v^{-1}\Sigma a_{\mathbf{k}}\, e^{i\mathbf{kR}}, \qquad \psi^*(\mathbf{R}) = v^{-1}\Sigma a^*_{\mathbf{k}}\, e^{-i\mathbf{kR}} \qquad (v = ld^2),$$

$$\rho(\mathbf{R}) = m\psi^*\psi = m v^{-1}\Sigma\Sigma a^*_{\mathbf{k}'} a_{\mathbf{k}}\, e^{i(\mathbf{k}-\mathbf{k}')\mathbf{R}} = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3,$$

$$\mathbf{J}(\mathbf{R}) = \frac{\hbar}{2i}\left(\psi^*\frac{\partial\psi}{\partial\mathbf{R}} - \frac{\partial\psi^*}{\partial\mathbf{R}}\psi\right) = v^{-1}\Sigma\Sigma a^*_{\mathbf{k}'} a_{\mathbf{k}}\,\frac{\mathbf{k}+\mathbf{k}'}{2}\, e^{i(\mathbf{k}-\mathbf{k}')\mathbf{R}} = \mathbf{J}_1 + \mathbf{J}_2 + \mathbf{J}_3$$

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1336.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1280 et 1331.

où les opérateurs $\rho(\mathbf{R})$ et $\mathbf{J}(\mathbf{R})$ représentent respectivement la densité et le courant de masse, grandeurs locales *observables* (²) dont les valeurs dans le fluide sont $\bar{\rho}(\mathbf{R}) = \text{Trace}\,\mathfrak{T}\rho(\mathbf{R})$ et $\bar{\mathbf{J}}(\mathbf{R}) = \text{Trace}\,\mathfrak{T}\mathbf{J}(\mathbf{R})$; $\mathfrak{T}$ est l'opérateur statistique qui représente l'état hydrodynamique du fluide. Chacun des opérateurs $\rho$ et $\mathbf{J}$ est la somme de trois termes qui correspondent respectivement aux ondes matérielles se propageant parallèlement à l'axe du capillaire (³) ($\rho_1$, $\mathbf{J}_1$ : termes formés avec $a^*_{\alpha' 00} a_{\alpha 00}$), aux autres types d'ondes ($\rho_2$, $\mathbf{J}_2$ : termes formés avec $a^*_{\alpha'\beta'\gamma'} a_{\alpha\beta\gamma}$ où $\{\beta, \gamma\} \neq \{0, 0\}$ et $\{\beta', \gamma'\} \neq \{0, 0\}$) et au couplage entre ces deux sortes d'ondes ($\rho_3$, $\mathbf{J}_3$ : termes en $a^*_{\alpha' 00} a_{\alpha\beta\gamma}$ et en $a^*_{\alpha\beta\gamma} a_{\alpha' 00}$ où $\{\beta, \gamma\} \neq \{0, 0\}$). Dans les conditions expérimentales où ces couplages sont faibles, l'équation de continuité s'écrit :

$$\frac{\partial \bar{\rho}_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \mathbf{R}} \bar{\mathbf{J}}_1 = 0, \qquad \frac{\partial \bar{\rho}_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \mathbf{R}} \bar{\mathbf{J}}_2 = 0.$$

*La superposition de ces deux groupes d'ondes matérielles apparaît alors à l'observateur comme le mélange de deux fluides au sens classique.* Il est aisé de voir que ces deux fluides vérifient sur les parois les conditions aux limites respectives $(\bar{\mathbf{J}}_1)_\perp = 0$, $(\bar{\mathbf{J}}_1)_\parallel \neq 0$, $(\bar{\mathbf{J}}_2)_\perp = 0$ et $(\bar{\mathbf{J}}_2)_\parallel = 0$ par lesquelles Landau détermine les propriétés de ses fluides *normal* et *superfluide*. En particulier, le fluide $(\bar{\rho}_1, \bar{\mathbf{J}}_1)$ *glisse* sans frottement sur la paroi. D'une manière générale, les propriétés hydrodynamiques de ces fluides sont très proches de celles qu'exposent les théories de Landau et de Tisza.

3. En évaluant la probabilité P d'une transition entre des états d'impulsion $\mathbf{k}\{\alpha, \beta, \gamma\}$ et $\mathbf{k}'\{\alpha', 0, 0\}$ appartenant respectivement au deux groupes d'ondes matérielles, il est possible d'obtenir quelques indications sur les *conditions expérimentales* favorables à l'observation de cet aspect « mélange de deux fluides ». A l'équilibre thermodynamique,

$$P\{\mathbf{k} \to \mathbf{k}'\} = \frac{8m^2}{\hbar^4} \frac{\overline{n_k(n_{k'}+1)}(T)}{(\mathbf{k}^2 - \mathbf{k}'^2)^2} |C_{k-k'}|^2 \left[1 - \cos\frac{\hbar}{2m}(\mathbf{k}^2 - \mathbf{k}'^2)t\right],$$

où $n_k$ et $n_{k'}$ sont les « nombres » de particules d'impulsions $h\mathbf{k}$ et $h\mathbf{k}'$ ; $C_{k-k'}$ est le coefficient de Fourier des potentiels perturbateurs relatifs à une molécule (fossé de potentiel, interactions). On vérifie que :

*a.* la probabilité d'une transition du type invoqué contient le facteur $(d/l)^4$ : *les effets de couplage diminuent avec le diamètre du capillaire ;*

(³) Ces impulsions $\{\alpha, 0, 0\}$ $|\alpha| \leq l/d$ correspondent aux états les plus bas de la phase condensée en impulsion d'un gaz parfait (¹). Ils pourront donner lieu à des effets observables, pour un fluide réel s'ils sont occupés par une partie non négligeable du fluide. Il paraît donc nécessaire de *supposer*, dans cette théorie, que *certains aspects essentiels du phénomène de condensation d'un gaz de Bose-Einstein n'ont pas complétement disparu du liquide*. L'étude des interactions entre atomes d'hélium montre que cette hypothèse n'est pas déraisonnable.

*b*. elle décroît avec $|\mathbf{k}-\mathbf{k}'|^{-2}$ : seules les impulsions voisines de la sphère de condensation de Bose-Einstein apportent une contribution notable aux effets de couplage et ceux-ci, comme l'importance relative des états autres que $\{\alpha, 0, 0\}$, *décroissent avec la température*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la conservation de l'énergie en Mécanique quantique*. Note de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

La présente Note doit être considérée comme la suite d'une Note récente [1], et utilise les résultats qui y étaient établis pour préciser les conditions dans lesquelles peut être satisfaite la conservation de l'énergie en Mécanique quantique. Une telle tentative a déjà été faite par MM. Schwinger et Lippmann [2], mais elle nous a paru incorrecte à l'analyse. Nous croyons que la méthode donnée ici offre plus de rigueur.

Nous rappelons que le calcul des amplitudes de transition d'un système soumis à l'action d'une perturbation à durée limitée a été ramené [1] à celui des quantités $(\Phi_b, H_1\Psi_a(E_b))$ avec la définition

$$\Psi_a(E)=\int_{-\infty}^{+\infty}\exp\left[i(E-H_0)\frac{t}{\hbar}\right]\{\eta(t-t_1)-\eta(t-t_2)\}\,G\left(t,-\infty,\frac{-i}{\hbar}\right)\Phi_a\,dt.$$

On donnait aussi l'équation suivante, vérifiée par $\Psi_a(E)$,

$$\text{(A)}\qquad (E-H_0-H_1)\Psi_a(E)=i\hbar\Phi_a\exp i(E-E_a)\frac{t_1}{\hbar}-i\hbar\exp\left[i(E-H_0)\frac{t_2}{\hbar}\right]G\left(\infty,-\infty,\frac{-i}{\hbar}\right)\Phi_a.$$

Posons $H_1\Psi_a(E)=\Phi_b\mathcal{T}_{ba}(E)$ et $\Psi_a(E)=\Phi_b t_{ba}(E)$. On tire de (A),

$$t_{ca}(E)=i\hbar(E-E_c)^{-1}T_{ca}\exp i(E-E_c)\frac{t_2}{\hbar}+(E-E_c)^{-1}\mathcal{T}_{ca}(E)$$

et en faisant tendre E vers $E_c$, on trouve facilement

$$(1)\qquad t_{ca}(E_c)=t_2T_{ca}.$$

Nous aurons besoin maintenant d'une limite supérieure du module de $\Psi_a(E)$ et en remarquant que $G[t,-\infty,(-i/\hbar)]$, $\Phi_a$ est dans la représentation adoptée le vecteur d'état du système à l'instant $t$,

$$[\Psi_a(E),\Psi_a(E)]\leq(t_2-t_1)^2,$$

car dès que les hamiltoniens sont pris hermitiens, il y a conservation de la norme du vecteur d'état, qui reste donc l'unité; elle n'est donc pas modifiée

(1) *Cf*. Guy Rideau, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1338.
(2) *Phys. Rev*., **79**, 1950, p. 469.

par l'opération unitaire $\exp i(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)t$ et par l'inégalité de Schwarz nous obtenons le résultat ci-dessus.

D'une telle inégalité on déduit que le module de $\Psi_a(\mathrm{E})$ ne peut croître que suivant une puissance de $t_2$ inférieure à l'unité et ceci conduit à donner à $\Psi_a(\mathrm{E})$ le développement asymptotique suivant :

$$\Psi_a(\mathrm{E}) \sim t_2\Psi_a^1(\mathrm{E}) + \Psi_a^0(\mathrm{E}) + \frac{\Psi_a^{-1}(\mathrm{E})}{t_2} + \dots$$

et pour déterminer le premier coefficient nous avons l'équation

$$(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0-\mathrm{H}_1)\Psi_a^1(\mathrm{E}) = 0,$$

car le dernier terme du second membre de (A)' qui seul dépend de $t_2'$ est normé à l'unité et ne peut contenir de terme en $t_2$ dans son développement asymptotique. Maintenant $\Psi_a^1(\mathrm{E})$ est soumis aux mêmes conditions aux limites que les $\Phi_b$; donc si E n'est pas valeur propre de $\mathrm{H}_0+\mathrm{H}_1$ relativement à ces conditions $\Psi_a^1(\mathrm{E})$ est nul; or les $\mathrm{E}_b$ qui interviennent dans le calcul ne peuvent être valeurs propres de $\mathrm{H}_0+\mathrm{H}_1$ sans quoi $\mathrm{H}_1$ serait nul, les $\Phi_b$ formant un système complet.

Comme nous avons $\Psi_a(\mathrm{E}_b) = \Phi_c t_{ca}(\mathrm{E}_b)$ nous pouvons écrire les développements

$$t_{ca}(\mathrm{E}_b) = t_2\mathrm{A}_c^1 + \mathrm{A}_c^0 + \frac{\mathrm{A}_c^{-1}}{t_2} + \dots, \qquad \mathrm{T}_{b'a} = \mathrm{T}_{b'a}^0 + \frac{\mathrm{A}_{b'a}^{-1}}{t_2} + \dots,$$

d'où résulte pour $\Psi_a(\mathrm{E}_b)$ la forme asymptotique

$$\Psi_a(\mathrm{E}_b) = t_2\{\Sigma\mathrm{A}_c^1\Phi_c + \Sigma\mathrm{T}_{b'a}^0\Phi_{b'}\} + \{\Sigma\Phi_c\mathrm{A}_c^0 + \Sigma\mathrm{T}_{b'a}^{-1}\Phi_{b'}\} + \dots$$

Le coefficient de $t_2$ doit être nul et les $\Phi_b$ forment un système complet

$$\mathrm{A}_c^1 = 0 \quad \text{quel que soit } c, \qquad \mathrm{T}_{b'a}^0 = 0 \quad \text{quel que soit } b'.$$

Donc, quand la perturbation s'étend indéfiniment dans le temps, quoique s'annulant au bout d'un temps infini, un système soumis à son action ne peut évoluer vers des états dont l'énergie diffère de l'énergie de l'état initial. Ce résultat est acquis sous les seules hypothèses suivantes :

les conditions aux limites sont telles que les opérateurs $\mathrm{H}_0$ et $\mathrm{H}_0+\mathrm{H}_1$ aient un spectre discontinu (par exemple, le système est dans une enceinte entièrement à distance finie);

les fonctions propres de $\mathrm{H}_0$ forment un système complet.

Reste à donner un procédé de calcul pour les amplitudes de probabilités entre états de même énergie. En faisant $\mathrm{E}=\mathrm{E}_a$ dans (A), en multipliant par $\mathrm{H}_1$, puis effectuant le produit scalaire par $\Phi_{a'}$ (les indices primés se

rapportent aux états de même énergie) on obtient la relation

$$T_{a'a}\left(1+\frac{it_2(H_1)_{a'a}}{\hbar}\right)=\sum{}'-\frac{i(H_1)_{a'a''}T_{a''a}t_2}{\hbar}+\frac{it_1(H_1)_{a'a}}{\hbar}$$
$$-\sum\frac{\exp\dfrac{i(E_{a'}-E_c)t_2}{\hbar}}{E_{a'}-E_c}(H_1)_{a'c}T_{ca}-\frac{i}{\hbar}\sum\frac{(H_1)_{a'c}\mathcal{C}_{ca}E'_a)}{E_{a'}-E_c}.$$

D'après ce qui a été vu, chaque terme de l'avant-dernière sommation tend vers zéro avec $1/t_2$, et chaque terme de la dernière sommation reste fini; car selon une formule donnée en début de Note $(E_a-E_c)^{-1}\mathcal{C}_{ca}(E_{x'})$ tend ver $t_{ca}(E_a)$ quand $t_2$ augmente indéfiniment. En divisant par la quantité $(1+(it_2H_1)_{a'a}/\hbar)$. Les deux dernières sommes disparaissent et l'on voit que dans le cas d'une dégénérescence finie de l'état d'énergie $E_a$, il faut faire tendre $t_1$ vers $-\infty$ pour pouvoir obtenir des amplitudes de probabilité non nulles. Dans ces conditions on a le système linéaire

$$\sum(H_1)_{a'a''}T_{a''a}=l(H_1)_{a'a},$$

la quantité $l$ du second membre étant pour le moment indéterminée. Mais la résolution du système que nous venons d'écrire fait apparaître cette quantité en facteur dans les expressions obtenues pour les $T_{a'a}$; si bien que l'on achèvera la détermination des amplitudes de probabilités en tenant compte de la condition de normalisation.

$$\sum|T_{a'a}|^2=1$$

THERMODYNAMIQUE. — *Perte de masse par évaporation dans les liquides contenant des corps figurés.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. Albert Caquot.

J'ai montré (¹) que la présence de corps figurés au sein de certains liquides y crée une pseudo-ossature qui, au cours de l'évaporation, permet à la densité du liquide intergranulaire de devenir de plus en plus faible à mesure qu'on s'approche de la surface supérieure et que le temps s'écoule. Une intégrale prise sur le cercle de l'infini dans le plan complexe, exprime la densité, à une hauteur et à un moment quelconques.

La diminution que subit la masse totale d'un liquide contenant des corps figurés s'évalue en intégrant le flux d'évaporation à travers la surface supérieure, de l'instant initial où la densité du liquide intergranulaire a une valeur $d_0$, supposée la même en tous points, jusqu'à l'instant $t$ où cette même

(¹) A. Léauté, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 600; *on lira* p. 601, lignes 30 et 31, $\beta/2$ *au lieu de* $\beta$.

densité s'est abaissée sur la surface supérieure à une valeur $d_0\eta$. Conservant les notations antérieures et tenant compte de la condition qui interdit tout retour des molécules intergranulaires vers le liquide à travers sa surface libre, on trouve que la perte $\Pi$ de masse, rapportée à la masse initiale du liquide (corps figurés inclus), satisfait à l'égalité :

$$\frac{\Pi}{\Pi_\infty} = \frac{4}{a}\int_0^\theta \eta\, d\theta,$$

$\Pi_\infty$ étant la valeur vers laquelle tend $\Pi$ à l'infini du temps et $a$ le rapport $l/z_0$ de la demi-hauteur d'une strate à la hauteur totale de la nappe. Si l'on introduit dans cette égalité la somme des résidus de l'intégrale par laquelle on a réussi à représenter la quantité $\eta$, le rapport $\Pi/\Pi_\infty$ se présente comme un binome, dont le premier terme est une fonction de $\theta$ seul, tandis que le second est constamment inférieur à $a$.

Dans le cas des goudrons, ce second terme, en raison de sa petitesse, intervient peu dans les applications. Par suite, on aboutit à la conclusion que, pour les goudrons et liquides similaires, la croissance relative de la perte de masse par évaporation ne dépend que de la variable $\theta$, qui, on le rappelle, est le produit du temps par le coefficient $\beta l/4z_0^2$. Le « vieillissement », que détermine la perte de masse, est donc, pour une épaisseur donnée de la nappe, régie par le produit $\beta l$. Si le premier des deux facteurs de ce produit traduit essentiellement l'influence de la température, le second fait intervenir l'agencement géométrique des corps figurés. Ainsi, une première conséquence de la théorie proposée est de préciser dans quelle mesure le rapprochement des corps figurés ralentit le vieillissement et, par voie de conséquence, pourquoi l'examen microscopique des goudrons fournit un critère de leur durée de service.

Le calcul peut être poursuivi, avec une approximation suffisante pour les applications, en substituant une intégrale définie au développement en série que le théorème des résidus fournit pour le rapport $\Pi/\Pi_\infty$. La petitesse de $a$ est cause que les termes successifs du développement peuvent être regardés comme les ordonnées de points se disposant sur la courbe

$$y = \frac{e^{-x^2}}{x^2},$$

avec des abscisses très sensiblement en progression-arithmétique; comme ces points se rapprochent d'autant plus que les valeurs de $\theta$ sont plus faibles, ce mode d'approximation convient au début de l'évaporation, qui est la partie la plus instructive du phénomène. On aboutit ainsi à représenter la perte relative de masse par la formule parabolique

$$\frac{\Pi}{\Pi_\infty} = 2,256\sqrt{\theta},$$

qui reste valable tant que la perte II ne dépasse pas la moitié de sa valeur asymptotique et qu'au delà il vaut mieux compléter par un terme complémentaire pouvant atteindre quelques centièmes.

Cette formule approchée conduit à classer les liquides, selon leur vitesse d'évaporation, en deux catégories. Dans la première, les liquides qui ne contiennent pas de corps figurés se caractérisent par une vitesse constante d'évaporation, qui, lorsqu'ils sont épandus en nappe, provoque rapidement leur disparition totale; dans la seconde classe, les liquides qui, comme les goudrons, comportent des corps figurés, subissent une perte de masse dont la loi pseudo-parabolique de croissance révèle un freinage progressif de l'évaporation. Ce ralentissement est la qualité maîtresse qui est mise à profit dans l'application des goudrons aux revêtements de routes, et le calcul qui vient d'être indiqué en permet l'évaluation quantitative.

ÉLECTRONIQUE. — I. *La charge d'espace dans un magnétron en régime statique de coupure; magnétron plan ou quasi plan.* Note de MM. **Georges-Albert Boutry** et **Jean-Loup Delcroix**, présentée par M. Louis de Broglie.

Comparaison des deux régimes statiques de coupure; la charge d'espace totale est la même pour les deux régimes; le niveau d'énergie le plus bas de l'atmosphère électronique correspond au régime de Brillouin. La surface de coupure a toujours la même position dans les deux régimes.

Une Note antérieure a signalé pour le magnétron plan un régime statique de charge d'espace distinct de celui de Brillouin et que nous avons appelé « bidromique » (1). Ce résultat valable pour le magnétron cylindrique avait été annoncé d'autre part par Vogé (2). Il paraît être une conséquence de la forme des équations différentielles du problème et s'étendrait donc à toutes les atmosphères électroniques où siègent des champs électroniques et magnétiques orthogonaux.

Pour tout magnétron débitant en régime statique, le calcul, abstraction faite des vitesses initiales, autorise un seul régime de charge d'espace. Pour tout potentiel inférieur au potentiel de coupure, le même calcul prévoit deux régimes distincts de charge d'espace; nous désirons d'abord attirer l'attention sur le fait que rien dans la théorie ne permet de prévoir lequel de ces deux régimes s'installera dans des conditions expérimentales données.

Voici maintenant la description comparée de ces deux régimes dans un cas limite : les électrodes sont planes ou assez près de l'être pour que,

(1) G.-A. Boutry et J.-L. Delcroix, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1046.
(2) *L'Onde électrique*, 1946, p. 345-354.

appelant $a$ le rayon de courbure de la cathode, $b$ celui du cylindre de coupure (cylindre limitant le nuage électronique) on puisse poser

$$b = a(1+\varepsilon) \qquad (\varepsilon \ll 1).$$

Dans ces conditions, on nommera $u$ la coordonnée d'espace liée au rayon vecteur par la relation

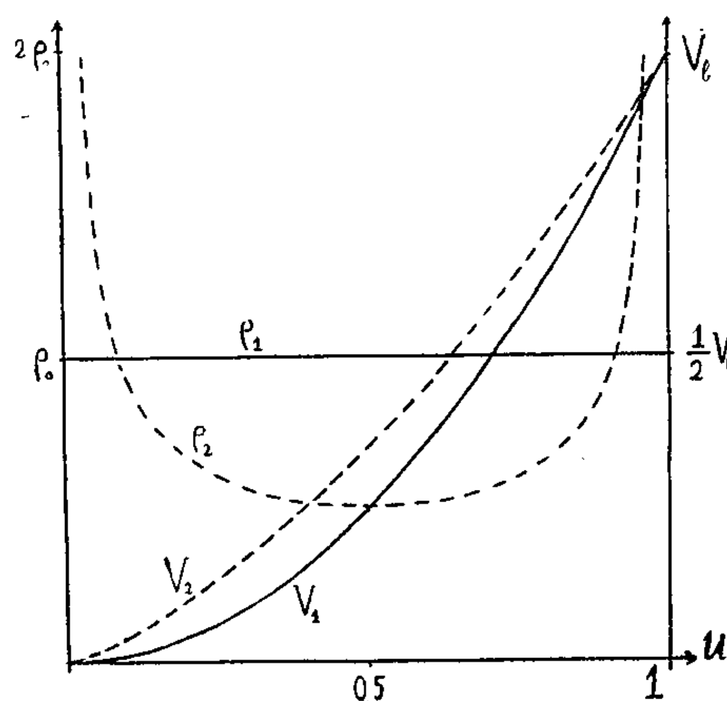
$$r = a(1+\varepsilon u) \qquad (0 < u < 1).$$

1° *Trajectoires électroniques.* — Régime de Brillouin : trajectoires parallèles aux sections droites des électrodes par les plans perpendiculaires aux lignes de force magnétiques; le débit et la capture d'électrons par la cathode sont tous deux nuls. Régime bidromique : trajectoires en arceau touchant la cathode en deux points; le débit et la capture d'électrons par la cathode sont finis et égaux.

2° *Densités de charge d'espace.* — Régime de Brillouin : la densité partout constante dans le nuage vaut

$$\rho_0 = \frac{e\mathrm{H}^2}{mc^2} \quad (^3).$$

Régime bidromique : $\rho$ est infini sur la cathode et sur la surface de coupure, inférieur à $\rho_0$ dans une très grande partie du domaine intermédiaire (minimum $\rho_0/2$).




3° *Distributions de potentiel dans l'atmosphère électronique.* — Régime de Brillouin : la variation est parabolique : $\mathrm{V} = \mathrm{V}_t u^2$. Régime bidromique : la loi calculée est très différente; la figure ci-dessus précise. *Les deux distributions admettent le même champ électrique sur la surface de coupure.*

4° *Quantité totale d'électricité contenue dans l'atmosphère électronique.* — Il résulte de la proposition précédente que *cette quantité est la même pour les deux*

(3) Unités de Heaviside-Lorentz.

*régimes*. Par centimètre de hauteur d'électrodes cette charge est :

$$Q = 2\pi a^2 \varepsilon \rho_0.$$

5° *Énergie cinétique totale de l'atmosphère électronique.* — Elle est très différente pour les deux régimes; l'intégration donne par centimètre de hauteur d'électrode :

$$W_1 = \frac{2\pi a^2 \varepsilon \rho_0 V_h}{3} \qquad \text{pour le régime de Brillouin;}$$

$$W_2 = W_1\left(1 + \frac{3}{\pi^2}\right) \qquad \text{pour le régime bidromique.}$$

Les densités moyennes d'énergie correspondantes sont

$$W'_1 = \frac{1}{3}\rho_0 V_h \qquad \text{et} \qquad W'_2 = W'_1\left(1 + \frac{3}{\pi^2}\right).$$

Nous attirons l'attention sur cette proposition qui peut seule permettre de considérer comme plus stable le régime de Brillouin, *dans le cas limite examiné ici*. On remarque aussi que la transition d'un régime à l'autre si elle se produit entraîne une libération ou une absorption d'énergie à laquelle ne correspond aucun débit d'électricité.

6° *Position de la surface de coupure.* — Le calcul montre que la position de la surface de coupure est la même pour les deux régimes, pour tout potentiel supprimant le débit.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Deux théorèmes relatifs à la propagation des ondes dans les milieux stratifiés.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Théorème 1. — *Envisageons deux milieux homogènes transparents s'étendant depuis $z = -\infty$ jusqu'à $z = 0$ et depuis $z = d$ jusqu'à $z = +\infty$, dont les pouvoirs inducteurs spécifiques et les perméabilités magnétiques sont $\varepsilon_0$, $\mu_0$ et $\varepsilon_1$, $\mu_1$ ($\varepsilon_0 < \varepsilon_1$, $\mu_0 < \mu_1$), et supposons qu'ils soient séparés par un milieu transparent stratifié quelconque, dont les paramètres sont tels que pour $0 \leq z \leq d$ on ait $\varepsilon_0 \leq \varepsilon(z) \leq \varepsilon_1$, $\mu_0 \leq \mu(z) \leq \mu_1$. Si l'on désigne par R le pouvoir réflecteur lorsque $d > 0$ et par $R_0$ celui correspondant à $d = 0$ (milieux homogènes au contact), on a toujours $R \leq R_0$, quels que soient l'incidence, la longueur d'onde ou la polarisation de l'onde incidente.*

On démontre ce théorème en intégrant les équations des champs pour le milieu stratifié par une série entière de puissances de $k = 2\pi/\lambda$, procédé que nous avons indiqué dans un précédent travail (¹). En effet, nous avons

$$R = \frac{1 - A}{1 + A} \qquad \text{avec} \qquad A = \frac{2k\mu Y_0 Y_1}{Y_0^2 \Phi'^2 + k^2\mu^2 Y_1^2 F^2 + F'^2 + k^2\mu^2 Y_0^2 Y_1^2 \Phi^2},$$

(¹) *Ann. Phys.*, 5, 1950, p. 596.

les notations étant les mêmes que dans ce travail. Or, on montre facilement que F, $\Phi$, F′, $\Phi'$ ont, pour le milieu inhomogène qui s'étend de $z = 0$ à $z = d$, des valeurs inférieures à celles qu'ils auraient si le milieu était homogène et de paramètres $\varepsilon_1$, $\mu_1$. Il s'ensuit que $A \geqq A_0$, $A_0$ étant la valeur de A relative à ce milieu homogène, et, par conséquent, $R \leqq R_0$.

Théorème 2. — *Envisageons la même succession de milieux que dans le théorème précédent. Soient $\varphi_0$ et $\varphi_1$ les angles d'incidence dans les milieux extrêmes, qui sont tels que l'on ait $\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \sin\varphi_0 = \sqrt{\varepsilon_1 \mu_1} \sin\varphi_1$. Désignons par $\delta_r$ et $\delta_t$ les déphasages que subit par réflexion et par transmission une onde venant du milieu $\varepsilon_0$, $\mu_0$ (les déphasages étant évalués dans le plan $z = 0$) et par $\delta'_r$ et $\delta'_t$ les mêmes quantités relatives à une onde venant du milieu $\varepsilon_1$, $\mu_1$ (les déphasages étant évalués dans le plan $z = d$). On a les relations suivantes :*

$$\delta_r + \delta'_r - 2\delta_t = \pi + \frac{4\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}\, d \cos\varphi_1, \qquad \delta_t + \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}\, d \cos\varphi_1 = \delta'_t + \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}\, d \cos\varphi_0,$$

*valables quelles que soient l'incidence, la longueur d'onde ou la polarisation de l'onde incidente.*

On démontre ce théorème en utilisant les formules donnant les déphasages qui sont indiquées au paragraphe 11 du travail cité plus haut, compte tenu aussi du lemme indiqué au paragraphe 13 du même travail.

L'intérêt pratique de ce théorème provient du fait qu'il permet la détermination de l'épaisseur $d$ d'un milieu stratifié, sans qu'il soit nécessaire de connaître la loi de variation des paramètres en fonction de $z$. Rappelons que les seules hypothèses que nous avons faites sont : *a*. le milieu est stratifié, c'est-à-dire que $\varepsilon$ et $\mu$ sont des fonctions de $z$ uniquement; *b*. il est isotrope, c'est-à-dire que $\varepsilon$ et $\mu$ ne dépendent pas de la direction de propagation de l'onde; *c*. il est transparent, c'est-à-dire que $\varepsilon$ et $\mu$ sont des quantités réelles. Il est probable que la condition *b* est superflue.

*Remarques.* — 1° Ce théorème en généralise un autre que nous avons démontré récemment (²). Dans ce dernier, on supposait qu'il y avait un plan de symétrie $z = d/2$ et que, par conséquent, $\varepsilon_0 = \varepsilon_1$, $\mu_0 = \mu_1$ et $\varepsilon(z) = \varepsilon(d - z)$, $\mu(z) = \mu(d - z)$ pour $0 \leqq z \leqq d$, ce qui nous permettait de montrer que $\delta_r - \delta_t = (\pi/2) + (2\pi/\lambda)\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}\, d \cos\varphi_0$. Nous nous sommes affranchi maintenant de la restriction imposée par la condition de l'existence d'un plan de symétrie. On retrouve cette relation en faisant $\delta_r = \delta'_r$.

2° On sait qu'un milieu stratifié quelconque peut être caractérisé par une matrice carrée à quatre éléments dont le déterminant est égal à l'unité; autrement dit, ce milieu est carractérisé par la donnée de trois quantités indépendantes. Étant donné que les facteurs de réflexion R, R′ et de trans-

(²) *Comptes rendus*, **230**, 1950 p. 632

mission T, T′ sont tels que $R = R' = 1 - T = 1 - T'$, leur mesure ne pourra fournir que l'une de ces quantités. On peut mesurer d'autre part $\delta_r$, $\delta'_r$, $\delta_t$ et $\delta'_t$, mais le théorème 2 montre que leur mesure ne fournira que deux autres quantités indépendantes. Autrement dit, toutes les mesures que l'on peut faire suffisent tout juste à caractériser le milieu stratifié, si l'on connaît les paramètres des milieux dans lesquels il est plongé. Il s'ensuit que l'on ne peut pas espérer obtenir par des mesures d'intensités (énergies) et de déphasages l'indice de réfraction ou un paramètre quelconque d'un des milieux homogènes qui limitent le milieu stratifié. En particulier, on ne peut pas déterminer l'indice de réfraction d'un verre recouvert d'une pellicule ayant les caractères d'un milieu stratifié.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une anomalie de la diffusion des rayons* β (II). Note (*) de M^lle^ Tosiko Yuasa et M. Pierre Radvanyi, présentée par M. Frédéric Joliot.

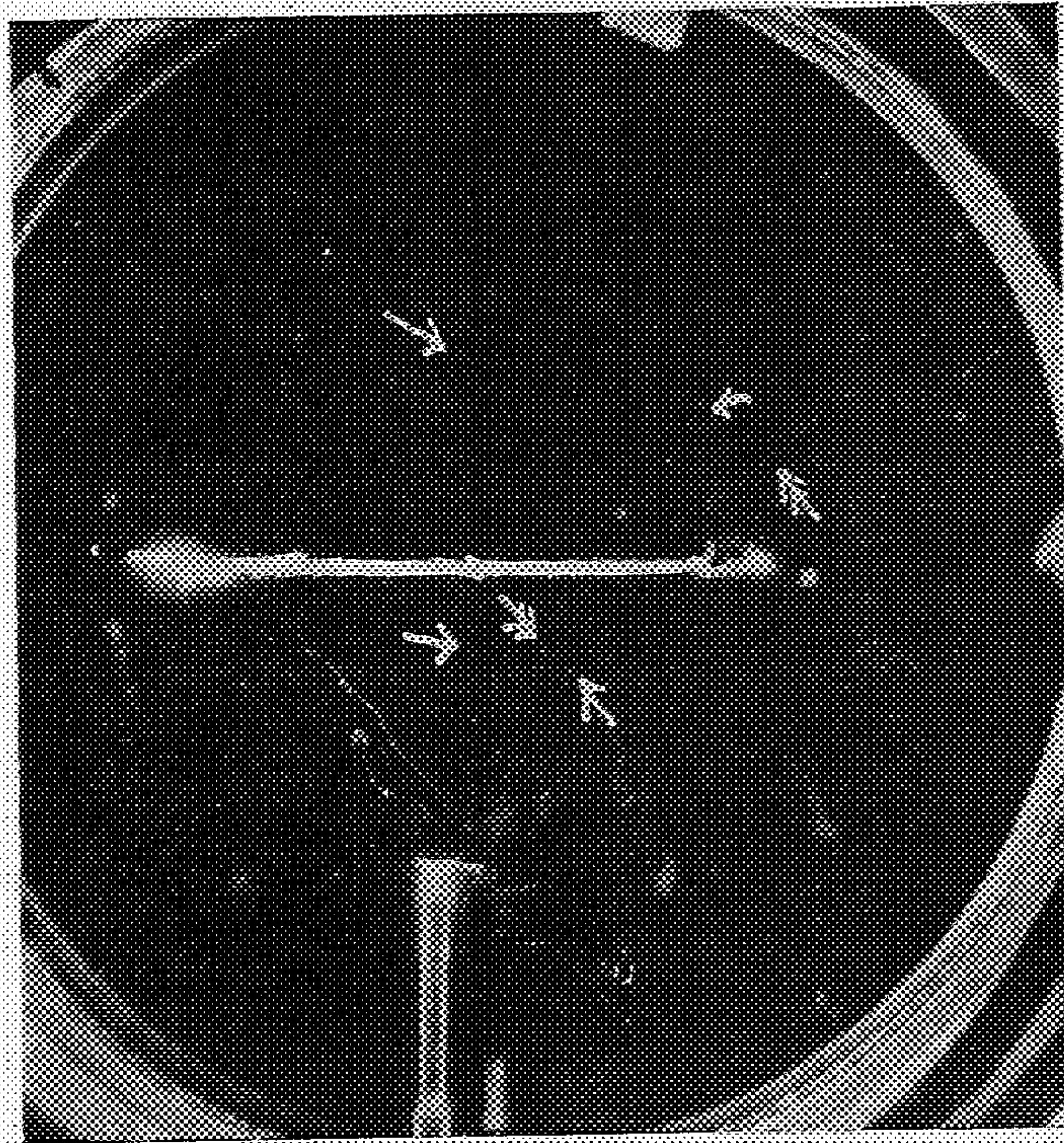
Pour vérifier les résultats trouvés par l'un des auteurs (1) : diminution de la diffusion à grands angles des rayons $\beta^-$ de $^{32}$P lorsqu'on interpose de la matière entre la source et le diffuseur d'aluminium très mince, nous avons répété ces expériences avec une feuille d'or de 1 mg/cm$^2$. Avec une telle épaisseur d'or on ne doit s'attendre pour la majeure partie des rayons β de $^{32}$P qu'à un choc simple. Sans qu'il y ait augmentation du nombre de noyaux rencontrés, l'angle de diffusion est en effet plus grand en moyenne dans l'or que dans l'aluminium, ce qui donne une plus grande précision dans les résultats, car l'erreur relative de mesure de chaque angle est alors plus petite.

Dans la première série d'expériences, la chambre de Wilson était remplie d'air, la source de $^{32}$P était placée sur un support de mica (0,5 mg/cm$^2$) à l'intérieur de la chambre à une distance de 3,8 cm de la feuille d'or tendue verticalement. Dans la deuxième série d'expériences les conditions étaient les mêmes, mais on avait déposé la source de $^{32}$P derrière une lamelle de polystyrène de 8,5 mg/cm$^2$, de sorte que tous les rayons β de $^{32}$P émis vers l'écran d'or passaient à travers le polystyrène. La zone éclairée de la chambre avait une hauteur de 2 cm. On n'a pris que les trajectoires visibles sur au moins 4 cm après la traversée de l'écran d'or et on n'a pas compté les rayons mous subissant dans l'air un grand nombre de chocs multiples, c'est-à-dire d'énergie inférieure à environ 80 keV. La lamelle de polystyrène ne déplace que relativement peu vers les basses énergies le spectre $\beta^-$ de $^{32}$P. ($E_\beta$ maximum passe de 1,72 à 1,52 MeV).

(*) Séance du 2 avril 1951.
(1) T. Yuasa, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1348.

Nous donnons une photo à titre d'exemple.

On a mesuré la distribution des angles par intervalles de 5° en projection sur un plan horizontal. On a fait la moyenne des valeurs des angles trouvées sur chaque paire de clichés stéréoscopiques.



Une photo de la série avec polystyrène : les trajectoires retenues pour la statistique sont marquées d'une flèche.

Les résultats, moyennes des statistiques faites par chacun de nous, sont indiqués dans le Tableau I. On donne les pourcentages des rayons dont l'angle de diffusion en projection, $\theta_p$, est plus grand respectivement que 5°, 10° et 15°.

TABLEAU I.

| Série. | Source | Masse traversée avant d'arriver à l'écran d'or (air compris) (mg : cm²). | Nombre de traj. comptées (N). | $\frac{n_{\theta_p}}{N} \times 100$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\theta_p > 5°$. | $\theta_p > 10°$. | $\theta_p > 15°$. |
| 1.. | sur mica de 0,5 mg : cm². | 4,32 | 126 | $49,0 \pm 6,3$ | $24,3 \pm 5,7$ | $11,9 \pm 3,1$ |
| 2.. | derrière polystyrène de 8,5 mg : cm². | 12,85 | 112 | $33,0 \pm 6,0$ | $15,2 \pm 4,4$ | $4,0 \pm 2,5$ |

Les résultats sont bien dans le même sens que ceux obtenus avec le diffuseur d'Al.

On voit qu'avec la feuille de polystyrène, il y a moins de rayons diffusés avec de grands angles; ce qui est contraire au comportement généralement admis pour les électrons et rayons β. L'introduction de la feuille de polystyrène en réduisant quelque peu l'énergie des rayons devrait au contraire augmenter le nombre de diffusions à grands angles.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de caractérisation et d'analyse rapide des différentes pyridines légères.* Note de MM. **Roger Vignes** et **Pierre Chervet**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les différentes pyridines légères dont les points d'ébullition se situent entre 113 et 145° s'accompagnent généralement les unes les autres, et il est, en général, des plus difficiles de caractériser dans un mélange de celles-ci, l'une ou l'autre de ces diverses bases (pyridine, α-picoline, β-picoline, γ-picoline et 2.6-lutidine).

C'est en recherchant les meilleurs moyens de séparation de ces différents produits que l'un de nous a constaté que, dans des conditions bien précises, les sels de cuivre et, en particulier, le chlorure cuivrique, donnaient avec chacune des différentes pyridines des colorations différentes caractéristiques de chacune d'elles.

L'expérience nous a montré que les meilleurs résultats étaient obtenus en utilisant comme réactif une solution glycérique de chlorure cuivrique formée de :

| | |
|---|---|
| Chlorure cuivrique | 5 |
| Glycérine | 25 |
| Eau | 20 |

Pour procéder à la caractérisation d'une pyridine donnée, il suffit d'en déposer une goutte sur un morceau de papier filtre et d'immerger ensuite celui-ci dans le réactif glycéro-cuivrique.

La teinte caractéristique de la pyridine examinée se développe rapidement sur le papier filtre immergé au sein du liquide, et, d'une façon générale, doit être observée très rapidement. Dans ces conditions :

— la pyridine se caractérise par une coloration bleu clair;
— l'α-picoline se caractérise par une coloration verte;
— la β-picoline se caractérise par une coloration brun orange;
— la γ-picoline se caractérise par une coloration bleu de prusse;
— la 2.6-lutidine se caractérise par une coloration mauve.

Mais cette technique de caractérisation rapide d'une pyridine donnée, si intéressante soit-elle, est en général insuffisante pour permettre l'étude

et la caractérisation des mélanges de ces bases. Car si, dans quelques cas, il fut possible d'observer une séparation plus ou moins nette des zones colorées, grâce à une sorte de chromatographie sur papier, ce ne fut qu'à titre exceptionnel.

Aussi avons-nous étudié et mis au point une méthode de caractérisation exclusivement chromatographique. Cette méthode nous a donné les meilleurs résultats à la condition d'être au préalable précédée par le fractionnement des diverses pyridines en deux groupes distincts. Aussi le mélange des cinq pyridines est-il préalablement soumis à une distillation fractionnée le séparant en :

1° Une fraction 110-135° constituée presque exclusivement par le mélange pyridine-α-picoline.

2° Une fraction 135-145° constituée par le mélange de β-picoline, γ-picoline et 2.6-lutidine.

Chacune de ces fractions est alors étudiée séparément selon la technique chromatographique dont nous donnons ci-dessous le mode opératoire.

Dans un petit tube de verre de 3 mm de diamètre environ et qui va fonctionner comme une sorte de microcolonne chromatographique, on introduit la masse chromatographique qui a été préparée à l'avance de la façon suivante :

On dissout dans un mortier 2 parties de chlorure cuivrique dans 2 parties d'eau. On ajoute 6 parties de glycérine puis, peu à peu, en malaxant, 25 parties d'alumine activée. On malaxe fortement et l'on améliore ensuite l'état pulvérulent en séchant la masse vers 50°.

La petite colonne étant alors remplie de cette masse, on dépose à la partie supérieure une goutte du mélange des diverses pyridines préalablement fractionnées, comme nous l'avons indiqué. Puis on réalise le développement chromatographique à l'aide d'un bon solvant tel que l'éther ordinaire.

On voit alors se former dans la colonne soit une, soit deux zones colorées bien distinctes, dans le cas de l'examen d'une fraction 110-135°; soit une, deux ou trois zones colorées dans le cas de l'examen d'une fraction 135-145°.

Dans le premier cas, on pourra observer de haut en bas :

1° une zone bleu clair caractérisant la pyridine;

2° une zone verte caractérisant l'α-picoline.

Dans le second cas, on peut observer de haut en bas :

1° une zone bleu intense caractérisant la γ-picoline;

2° une zone brun orangé caractérisant la β-picoline;

3° une zone mauve caractérisant la 2.6-lutidine.

La méthode est suffisamment sensible pour permettre de déceler dans

de tels mélanges la présence d'une base alors qu'elle ne se trouve qu'en très faible proportion dans le mélange (1 à 2 % par exemple).

Ajoutons également que les longueurs relatives des différentes zones colorées sont sensiblement proportionnelles à la quantité de chacune des bases contenues dans le mélange; de sorte que cette méthode de détermination qualitative peut également donner des indications quantitatives, assez grossières sans doute, mais néanmoins très intéressantes, sur la composition des mélanges de bases pyridiques ainsi étudiés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'isolement de bases ammoniac-nickel.*

Note de M. **Robert Paris**, présentée par M. Louis Hackspill.

Isolement de nouvelles bases complexes de la forme $Ni(NH_3)_6(OH)_2$ et $Ni(NH_3)_4(OH)_2$ à partir de solutions hydroalcooliques ammoniacales d'hydroxyde de nickel refroidies.

Poursuivant l'étude des solutions ammoniacales d'hydroxyde de nickel, je suis parvenu à en extraire certains produits solides nouveaux. Des solutions ammoniacales 10 N ammoniacales saturées en hydroxyde de nickel et diluées à 50 % d'alcool laissent apparaître par vieillissement en vase clos quelques petits cristaux en aiguilles mauves; ceux-ci, instables hors de leur solution-mère, évoluent par perte d'ammoniac en un produit bleu cobalt, qui, lui-même instable, se dissocie en hydroxyde de nickel et ammoniac avec vraisemblablement un stade intermédiaire vert sombre.

L'identification précise de ces complexes est rendue difficile du fait de leur instabilité et des quantités minimes obtenues (quelques décigrammes); néanmoins, en combinant la méthode d'analyse des restes et l'analyse directe sur le produit isolé dans une ampoule filtrante munie de robinets et séché par un courant d'ammoniac, je suis parvenu à établir que :

1° la formule représentative des aiguilles mauves était $Ni(NH_3)_6(OH)_2$, 8 aq;

2° le produit bleu, résultat de la dissociation du précédent, était une tétramine.

Par la suite, j'ai mis au point un mode de préparation pratique de l'hexamine. J'ai tout d'abord constaté qu'un produit mauve blanchâtre gélatineux se formait par condensation d'ammoniac liquide au sein d'une solution hydroalcoolique ammoniacale d'hydroxyde de nickel froide; il s'agit là d'une forme anhydre et sans doute amorphe de l'hexamine; le même corps s'obtient en quantités très faibles par barbottage prolongé et sous une pression de 1 m de mercure d'ammoniac dans une solution simplement hydroammoniacale d'hydroxyde de nickel. Mais le meilleur résultat pratique s'obtient en refroidissant vers — 20° C une solution hydroalcoolique saturée,

au préalable, à la température ordinaire en ammoniac et en nickel-hydroxyde; le corps mauve qui apparaît alors en suspension est isolé dans une ampoule filtrante et séché sous ammoniac; il présente la même formule de constitution que les cristaux en aiguilles mauves précédemment cités.

Des mesures de tensions de dissociation à basses températures sur des quantités convenables de produit ainsi préparé me permettront de compléter ces premiers résultats.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur un perfectionnement à la micrographie de la fragilité de revenu des aciers faiblement alliés.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour la micrographie des aciers plus ou moins sensibles à la fragilité de revenu, l'arrachement d'une pellicule d'acétate de cellulose formée par évaporation de la solution à 5 % dans l'acétone élimine les produits fixés sur la surface polie lors de l'attaque, et qui gênent l'observation des fins détails. Quelques exemples sont donnés des aspects nouveaux ainsi obtenus. La méthode doit permettre d'essayer de relier la structure à la température de transition, seul critère actuel de la fragilité de revenu.

Moyennant certaines précautions, la méthode micrographique permet de différencier les états tenace et fragile d'un même acier ([1]). Cependant de très fins détails structuraux sur les joints et à l'intérieur des grains ne peuvent être observés avec le microscope ordinaire, principalement en raison d'une perte notable du pouvoir réflecteur de la surface lors de l'attaque après polissage électrolytique.

A l'occasion de l'étude de divers aciers au microscope électronique, effectuée en collaboration avec M[lle] Mathieu-Sicaud, et dont les résultats seront publiés plus tard, nous avons remarqué un curieux phénomène susceptible d'accroître beaucoup la sensibilité de la micrographie pour la détection de la fragilité. Il nous a conduit à élaborer la technique suivante.

Le spécimen poli électrolytiquement et attaqué au réactif acide picrique-éther est recouvert d'une goutte d'acétate de cellulose (film ininflammable ou acétate de cellulose Rhône-Poulenc R 6-viscosité B) à 5 % dans l'acétone ([2]). Après séchage de 15 minutes dans l'air sec à 35°, la pellicule plastique est soulevée sur l'un de ses bords, puis arrachée par traction. La surface réapparaît alors très brillante.

L'expérience prouve que, ce « nettoyage » laisse seulement subsister des micro-reliefs et colorations dont les détails ne se trouvent plus masqués par les produits d'attaque. Il est possible de faire alterner plusieurs

---

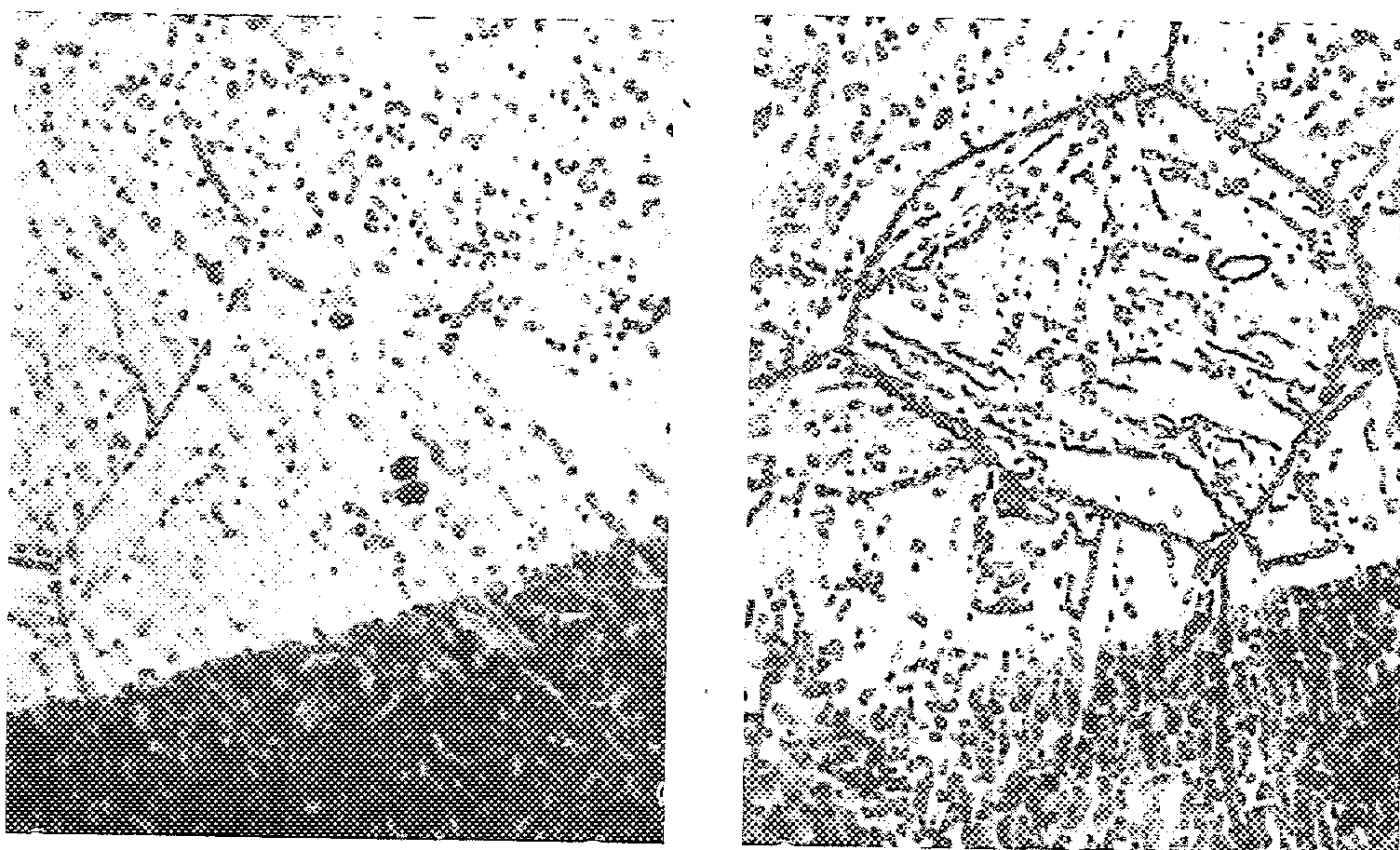
([1]) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 713; **230**, 1950, p. 650 et 1284.

([2]) La nitrocellulose, en solution dans l'acétate d'amyle ou le mélange alcool-éther, ne convient pas.

attaques et nettoyages, et, d'autre part, l'examen des pellicules, par réflexion ou transmission, conduit à d'intéressantes observations.

On doit souligner que, pour un acier perlitique ordinaire, attaqué avec le même réactif, l'enlèvement de la pellicule plastique ne produit aucune modification de l'aspect micrographique. L'adhérence relativement faible des produits de l'attaque des aciers faiblement alliés est donc en relation avec la nature et les caractéristiques des constituants particuliers à ces aciers (carbures). La méthode pourrait par conséquent être appliquée à des problèmes autres que la micrographie.

Nous avons étudié, à l'aide de la nouvelle technique, les transformations structurales qui se manifestent lors des traitements conférant à quatre types d'aciers la ténacité ou la fragilité à l'ambiante.



(*a*) (*b*)

Fig. 1.

× 2000.

Acier à 0,26 % C; 1,30 % Cr; 0,044 % P.

(*a*) trempé à l'huile à partir de l'état austénitique. Revenu 1 heure à 650° et trempé à l'eau. (Tenace à l'ambiante, température de transition — 15°.)

(*b*) traité comme (*a*), puis revenu 24 heures à 525°. (Fragile à l'ambiante, température de transition + 120°.)

Polissage électrolytique, attaque 2 minutes dans la solution éthérée d'acide picrique.

Vers le bas : structure normalement observée; vers le haut : structure après arrachement de la pellicule.

La figure 1 montre, pour les deux états de l'acier au chrome examiné antérieurement ([3]), l'aspect micrographique de part et d'autre de la limite

([3]) P.-A. Jacquet, H. Bückle et Mme A.-R. Weill, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 411.

de l'empreinte. Sur la région « nettoyée » les différences globales sont assez marquées pour permettre la distinction des deux états au grossissement de 400 diamètres. Sous les forts grossissements, la fragilité est caractérisée :

*a.* par un réseau intergranulaire continu et très souligné;

*b.* par une sous-structure des grains, rappelant la polygonisation, et en relation probable avec la structure martensitique de trempe. A l'état tenace le même acier ne montre que des joints étroits et discontinus, et une sous-structure en général à peine décelable. L'indication d'un réseau intergranulaire laisse toutefois prévoir que, conformément à la valeur relativement haute de sa température de transition ([5]), l'état dit tenace est en réalité semi-fragile.

De nouvelles précisions ont été apportées en ce qui concerne les aciers Ni-Cr et Ni-Cr-Mo. Pour le premier, la détection de la réversibilité du processus de fragilisation devient extrêmement facile; d'autre part, le revenu dans la zone de sensibilisation, non seulement fait apparaître le réseau des joints, mais aussi rend plus nette la sous-structure intragranulaire. Pour l'acier Ni-Cr contenant 0,45 % Mo, la faible différence de résilience à l'ambiante entre deux spécimens, l'un trempé à 650°, l'autre refroidi lentement à partir de 525°, a pu être rattachée à des modifications structurales sensibles.

En conclusion, les métallographes disposent maintenant d'une méthode simple qui doit permettre de relier les divers degrés de fragilité, définis par la température de transition, à des détails structuraux jusqu'à présent insoupçonnés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un chlorure d'ammonium quaternaire sur des réactions entre composés à hydrogène mobile et dérivés chlorés.* Note de M. JULES JARROUSSE, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une étude ([1]) qui a conduit à préparer un assez grand nombre d'éthers oxydes et un dérivé du cyanure de benzyle, le comportement très particulier des N.diméthyl et N.diéthylchloréthylamines, $ClCH_2.CH_2.N(CH_3)_2$, (I), $ClCH_2CH_2.N(C_2H_5)_2$, (II) et de la N.diéthylchloro 2-propylamine $CH_3.CHCl.CH_2.N(C_2H_5)_2$, (III), nous a surpris. Ces composés, dont certains sont connus depuis longtemps ([2]), possèdent la propriété de s'unir aux alcools primaires et secondaires pour former des éthers oxydes, par

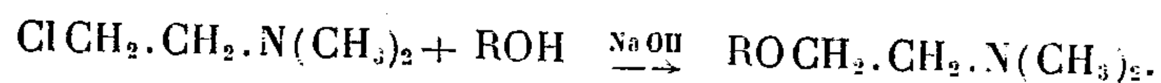
---

([5]) G. VIDAL, *Rev. Métallurgie*, 42, 1945, p. 149.

([1]) Ce travail, effectué en collaboration avec M. G. Aliotti, sera publié ultérieurement.

([2]) M. KNORR, *Ber.*, 37, 1904, p. 3494.

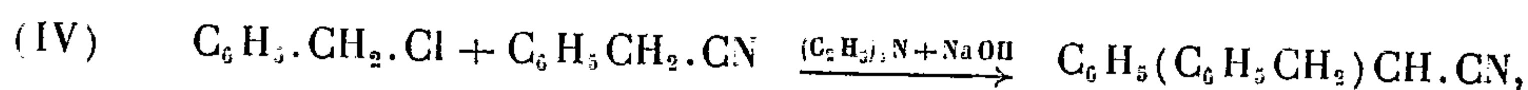
simple agitation avec une solution concentrée de soude :



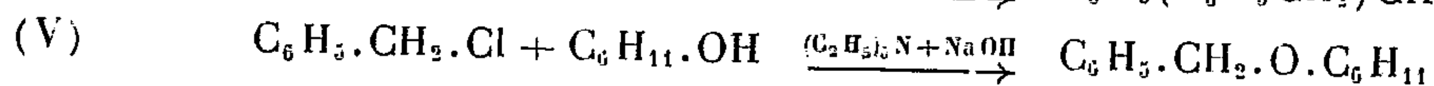
$$ClCH_2.CH_2.N(CH_3)_2 + ROH \xrightarrow{NaOH} ROCH_2.CH_2.N(CH_3)_2.$$

Les alcools secondaires utilisés ont été, le cyclohexanol, le menthol, le benzhydrol, l'hydrobenzoïne, le phénylbenzylcarbinol, le *p*-tolylphénylcarbinol. Dans tous les cas la réaction se produit au-dessous de 100° avec d'excellents rendements.

Cherchant à mettre en évidence l'influence de l'azote tertiaire dans ces condensations, j'ai étudié l'action de la triéthylamine et de la diisopropyléthylamine sur la formation de dérivés du cyanure de benzyle et d'éthers oxydes. La diisopropyléthylamine, choisie comme exemple de base tertiaire ne donnant pas de sels d'ammoniums quaternaires, s'est montrée sans effet sur les réactions étudiées. Au contraire, la présence de triéthylamine permet de condenser le chlorure de benzyle, à froid sur le cyanure de benzyle, à 55° sur le cyclohexanol, par simple agitation avec une solution aqueuse de soude à 50 % :



$$\text{(IV)} \quad C_6H_5.CH_2.Cl + C_6H_5CH_2.CN \xrightarrow{(C_2H_5)_3N+NaOH} C_6H_5(C_6H_5CH_2)CH.CN,$$



$$\text{(V)} \quad C_6H_5.CH_2.Cl + C_6H_{11}.OH \xrightarrow{(C_2H_5)_3N+NaOH} C_6H_5.CH_2.O.C_6H_{11}$$

Les rendements, après un fractionnement par distillation, sont de l'ordre de 50 % de la théorie. Les produits obtenus sont, d'une part, le nitrile phénylbenzylacétique (IV), F 54°, $É_3$ 165°, qui donne par hydrolyse alcaline l'acide phénylbenzylacétique, F 85°, d'autre part, l'éther oxyde cyclohexylbenzylique (V), É 265°-270°, qui fournit du cyclohexène, É 83° par action de l'acide sulfurique hydraté ([3]). Des essais témoins ont montré que, dans les mêmes conditions, mais sans triéthylamine, il ne se forme pratiquement pas de produits de condensation.

La présence dans le même mélange de chlorure de benzyle et de triéthylamine conduit à la formation d'un peu de chlorure de benzyltriéthylammonium. J'ai donc étudié l'action de ce sel. Dans des conditions identiques à celles utilisées pour la triéthylamine, même en faible quantité (1/5 du cyanure de benzyle), il permet d'obtenir le nitrile phénylbenzylacétique (IV) et l'éther oxyde cyclohexylbenzylique (V). Il permet également de condenser à froid le chlorure d'éthyle avec le cyanure de benzyle, par la seule action d'une solution concentrée de soude. Il est important de noter que cette dernière condensation ne s'effectue bien, en présence du sel d'ammonium quaternaire, qu'avec le chlorure d'éthyle. Le rendement, beaucoup moins bon avec le bromure, est presque nul avec l'iodure d'éthyle. Le produit obtenu est le nitrile phényléthylacétique, $É_{2,5}$ 124°-126°, qui donne, par hydrolyse sulfurique, l'acide phényléthylacétique, F 41°,5 (cristallisé dans l'eau).

([3]) SENDERENS et ABOULENC, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 831.

Les chloréthylamines qui sont à l'origine de ce travail se transforment lentement en sels de pipéraziniums ([4]). Ces derniers, même à l'état de traces, peuvent jouer le rôle de catalyseurs pour une seconde réaction qui devient beaucoup plus rapide que leur formation même. J'ai vérifié que les N. diméthyl et N. diéthylchloréthylamine (I et II) fournissent, par chauffage à l'ébullition, des composés qui ont les caractères de sels d'ammoniums. J'ai également vérifié que ces composés, quoique très peu solubles, dans les milieux organiques, permettent la condensation rapide du chlorure de benzyle sur le cyanure de benzyle sous l'action de la soude, sinon à froid, du moins à 55°.

La présence d'un chlorure d'ammonium dans toutes les réactions décrites laisse penser à l'intervention de dérivés organiques d'un métal ammonium. De tels composés ont été isolés par Schlenck ([5]). Ils possèdent une réactivité exceptionnelle et ils ont toujours été obtenus à partir de chlorures d'ammoniums, caraetères qui pourraient expliquer les faits observés au cours de cette étude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les modifications apportées aux spectres ultraviolets de l'aneurine et de la cocarboxylase par la présence d'acide pyruvique.* Note (*) de M. **Henri Lenormant** et M[lle] **Christiane de Lozé**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les spectres ultraviolets de l'aneurine et de la cocarboxylase ont été déjà très étudiés [Peters et Philpot ([1]), Wintersteiner et Ruehle ([2]), Heyroth et Loofbourow ([3]), Lohmann et Schuster ([4])]. Les résultats quelque peu divergents qui ont été obtenus s'expliquent facilement par les conditions différentes dans lesquelles les auteurs ont opéré.

En fait, les courbes d'absorption des deux corps sont identiques mais varient notablement avec le pH. En opérant dans des solutions tampon, on peut préciser que les deux bandes, dont les maxima se situent respectivement vers 2350 et 2700 Å à pH 9, se rapprochent peu à peu pour atteindre 2400 et 2750 Å à pH 5. Vers pH 4 il y a une discontinuité assez brusque du déplacement. A pH 3 les deux bandes sont fusionnées avec deux sommets à 2525 et 2650 Å; les variations restent alors faibles jusqu'à pH 1. Dans HCl normal la fusion des deux maxima devient presque complète aux environs de 2600 Å.

([4]) Knorr, *Ber.*, 37, 1904, p. 3507.
([5]) W. Schlenck et J. Holtz, *Ber.*, 49, 1916, p. 603; 50, 1917, p. 274; 50, 1917, p. 276.

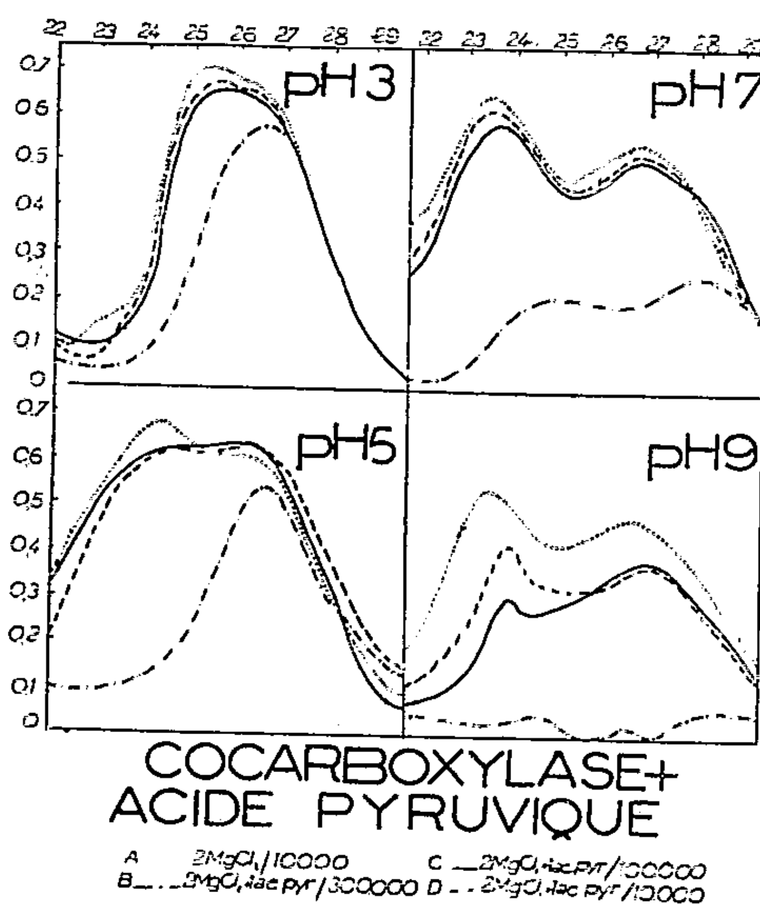
(*) Séance du 12 mars 1951.
([1]) *Proc. Roy. Soc.*, B 113, 1933, p. 48.
([2]) *J. Ann. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 517.
([3]) *Nature*, 134, 1934, p. 461; 30, 1936, p. 651.
([4]) *Natur Wiss.*, 25, 1937, p. 221.

D'après les travaux de Ruehle (7) la bande de plus courte longueur d'onde est due à la présence du noyau thiazol dans la molécule.

Les faits sur lesquels nous désirons attirer l'attention sont les curieuses modifications apportées à la courbe spectrale de la cocarboxylase et de l'aneurine par la présence d'acide pyruvique dans la solution.

Nous avons utilisé pour ces expériences l'appareil décrit par A. M. Monnier (8) qui permet d'obtenir directement la valeur du rapport $I_0/I$. La cuve servant à déterminer $I_0$ contenait une solution d'acide pyruvique dans un tampon convenable (borate, phosphate, citrate) et la cuve servant à mesurer I contenait en plus de la carboxylase à la concentration de $50^{mg}$ pour 3125, ou de l'aneurine à $40^{mg}$ pour 3125. L'expérience a été réalisée également en présence de $Cl_2Mg$, l'ion Mg paraissant intervenir dans l'activation de l'enzyme complet de décarboxylation.

Sur le tableau ci-joint on peut noter que la présence d'acide pyruvique modifie fortement la courbe d'absorption de la cocarboxylase. Cette modification, déjà sensible pour un rapport moléculaire acide pyruvique/cocarboxylase de 1 (courbe B), augmente pour un rapport de 3 (courbe C) et devient totale pour un rapport de 30 (courbe D).




Qualitativement la perturbation varie selon que l'on se trouve en milieu acide ou en milieu alcalin : en milieu acide (pH 5-3) seule est affectée la bande de plus courte longueur d'onde, caractéristique, nous l'avons vu, du groupement thiazol; en milieu alcalin ou neutre (pH 9-7) les deux bandes

(7) A. E. Ruehle, *J. of. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1887.

(8) *J. Physiol. Pathol. Gén.*, 38, n° 1, 1941-1943.

diminuent, indiquant une action sur les deux portions de la molécule. La bande de courte longueur d'onde reste toutefois un peu plus sensible.

L'absence ou la présence de $Cl_2Mg$ ne modifie en rien le phénomène.

L'aneurine réagit exactement de la même manière que la cocarboxylase.

Il est intéressant de comparer ces faits aux données biochimiques concernant la décarboxylation de l'acide pyruvique par les carboxylases.

La carboxylase de levure n'agit qu'en milieu acide et conduit à l'acétaldéhyde. Il semble que dans ce cas l'interréaction du substrat pyruvique et du coenzyme ne mette en jeu que la portion thiazolique de ce dernier.

La carboxylase du muscle dont l'action est plus complexe, agit apparemment en milieu voisin de la neutralité. Dans ce cas l'inter-réaction substrat-coenzyme aurait lieu non seulement avec la portion thiazolique mais encore avec la portion pyrimidique.

Ces constatations s'accordent difficilement avec les suggestions de Weill-Malherbe concernant le mécanisme de la décarboxylation enzymatique de l'acide pyruvique [6].

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de l'acide nitrique à trois molécules d'eau.* Note de M. **Victorio Luzzati**, présentée par M. Charles Mauguin.

$HNO_3.3H_2O$ fond à $-18°,5$ C [1], [2]. Nous avons préparé les cristaux par une technique expérimentale analogue à celle utilisée pour $HNO_3$ et $HNO_3.H_2O$ [3]. Ils sont orthorhombiques, allongés en aiguilles dans la direction de l'axe cristallographique $\vec{c}$.

Nous avons exploré tout l'espace réciproque accessible au rayonnement $K\alpha$ du cuivre, en enregistrant les diagrammes d'équateurs et de strates sur la chambre de Weissenberg (axes de rotation $\vec{a}$ et $\vec{c}$).

$HNO_3.3H_2O$ a pour groupe de symétrie $P_{2_12_12_1}$, $D_2^4$. La maille élémentaire $a = 9,50$ Å, $b = 14,66$ Å, $c = 3,38$ Å contient 4 ($HNO_3.3H_2O$).

La structure a été obtenue par l'interprétation de la fonction de Patterson, calculée dans l'espace à trois dimensions. Les coordonnées définitives ont été mesurées sur les trois projections de la densité électronique, calculée au moyen de séries de Fourier. Sur la projection $xOy$ on a effectué la correction de l'effet d'interruption de la série de Fourier.

(6) *Nature*, **145**, 1940, p. 106-107.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1349.

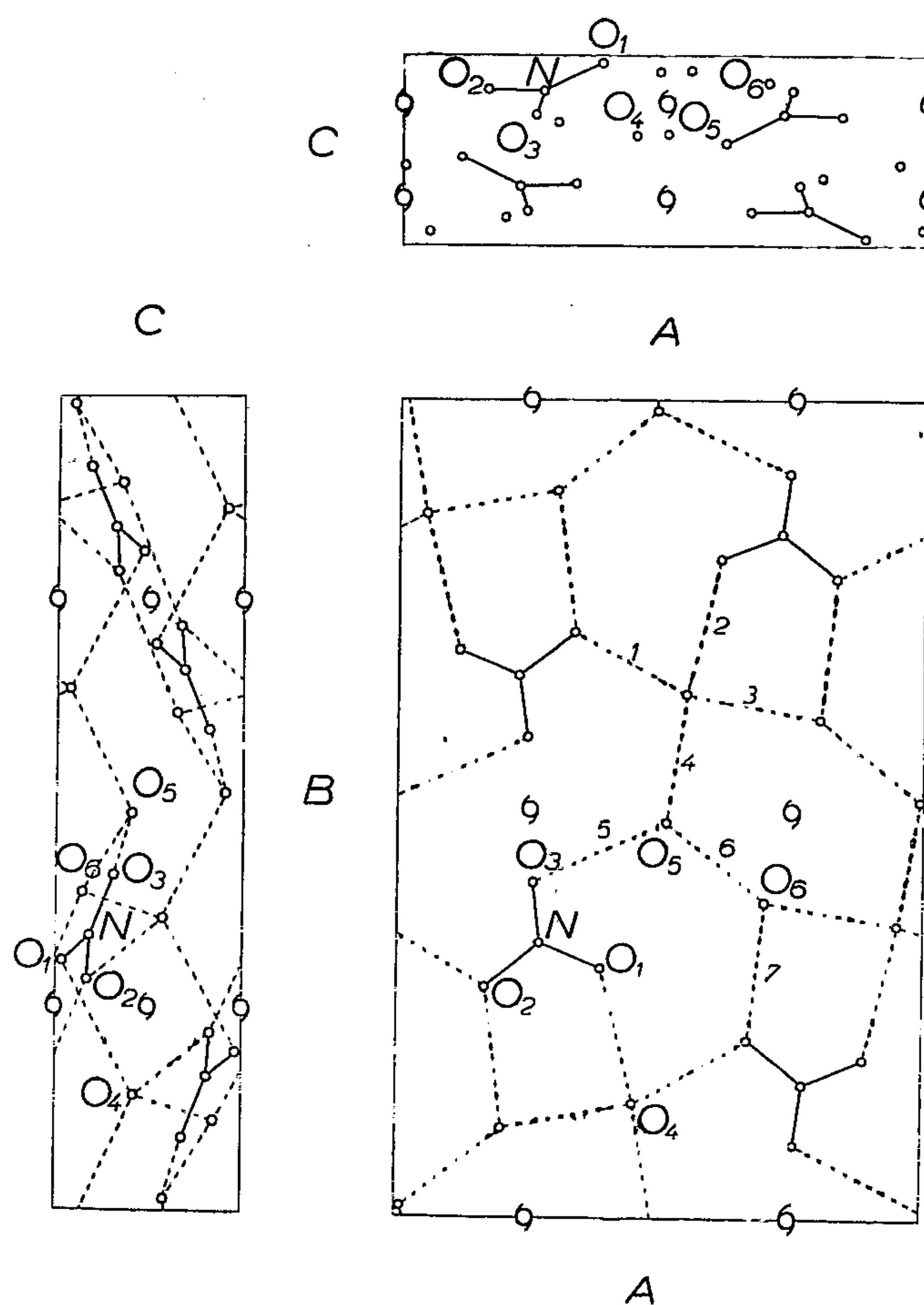
(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 101.

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1419.

Les coordonnées atomiques sont portées sur le tableau suivant :

| | N. | $O_1$. | $O_2$. | $O_3$ | $O_4$ | $O_5$ | $O_6$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$(Å)....... | 2,58 | 3,68 | 1,59 | 2,45 | 4,28 | 4,81 | 6,67 |
| $y$(Å)....... | 4,90 | 4,48 | 4,13 | 6,01 | 2,07 | 7,12 | 5,71 |
| $z$(Å)....... | 0,61 | 0,16 | 0,57 | 1,06 | 1,42 | 1,38 | 0,50 |

La figure donne les trois projections de la maille élémentaire, avec l'empla-




cement des atomes et des éléments de symétrie. Le groupe $NO_3$ est plan; ses dimensions sont :

| | Longueur de la liaison (Å). | Angle opposé à la liaison. |
|---|---|---|
| $NO_1$...................... | 1,26 | 119° |
| $NO_2$...................... | 1,25 | 123 |
| $NO_3$...................... | 1,21 | 118 |

Nous avons indiqué par un trait interrompu les liaisons hydrogène, caractérisées par des distances interatomiques plus courtes que celles correspondant

au contact de Van der Waals. On en reconnaît sept, cristallographiquement indépendantes, une pour chaque atome d'hydrogène. Elles sont numérotées dans la figure; leurs longueurs sont les suivantes :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Liaison hydrogène n°........ | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
| Longueur (Å)............ | 2,73 | 2,79 | 2,82 | 2,57 | 2,62 | 2,49 | 2,75 |

Les atomes d'oxygène de l'eau ($O_4$, $O_5$ et $O_6$ dans la figure) échangent des liaisons hydrogène entre eux et avec le groupe $NO_3$. L'atome $O_4$ se trouve au centre d'un tétraèdre d'atomes d'oxygène, avec lesquels il échange des liaisons hydrogène (disposition similaire à celle qui existe dans la glace) : les atomes $O_5$ et $O_6$, au contraire, sont situés au sommet de pyramides triangulaires qu'ils définissent avec les trois oxygènes auxquels les attachent des liaisons hydrogène.

GÉOLOGIE. — *Découverte de Dinosauriens, associés à une faune de Reptiles et de Poissons, dans le Crétacé inférieur de l'Extrême Sud tunisien.* Note de M. **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Paul Fallot.

Entre Médenine et Dehibat, se développe sur 150 km, dans l'Extrême Sud tunisien, la falaise du Dahar. Le talus, haut de 300 m en moyenne, est constitué par une série continentale, argilo-gréseuse, comprise entre le Jurassique supérieur et le Cénomanien marin. Ph. Thomas (1909), L. Pervinquière (1912), A. Robaux, G. Choubert, J. Flandrin et A. Drosdoff (1942), y avaient signalé des écailles de Poissons et des bois fossiles, dans des faciès qui rappellent beaucoup le « Continental intercalaire » du Sahara algérien.

Partant de ces indices et grâce aux facilités mises à notre disposition par M. G. Castany, directeur du Service géologique de Tunisie, nous avons effectué en janvier 1951 une prospection méthodique de points choisis dans la falaise du Dahar. Le résultat de ces recherches fut la récolte d'une faune de Vertébrés abondante et variée, dont l'étude est en cours. Dès maintenant, on y a reconnu d'intéressants restes de Dinosauriens, les premiers qui soient signalés sur le territoire tunisien. Ils se répartissent de la façon suivante.

Théropodes : 9 dents de *Megalosaurus saharicus* Dep. et 3 dents d'une autre espèce de *Megalosaurus*.

Sauropodes : la présence d'un herbivore, presque de la taille du *Diplodocus*, mais appartenant au genre *Titanosaurus*, est manifestée par 6 vertèbres caudales, des apophyses de vertèbres dorsales, des portions de côtes et d'os des membres, spécialement de fémur.

Ornithopodes : une belle dent d'*Iguanodon*, provenant d'un maxillaire supérieur du côté droit, et un fragment d'une autre dent. C'est la première fois qu'un *Iguanodon* est signalé en Afrique.

Les niveaux à Dinosaures sont des graviers et des conglomérats, aux éléments très roulés; cette remarque diminue les chances de trouver des cadavres entiers. De ce point de vue, les couches à Dinosauriens de l'Extrême Sud tunisien rappellent beaucoup celles du Touat et du Gourara ([1]), avec cette nuance que les terres émergées où pouvaient vivre de tels animaux, sans doute le massif du Hoggar au sens large, étaient, ici, encore plus éloignées.

Avec les Dinosauriens se trouvent les restes d'autres Reptiles.

CROCODILIENS : un Crocodile géant, identique à celui trouvé par nous pour la première fois à Aoulef et récolté depuis dans le Sud Marocain par R. Lavocat; plus d'une centaine de dents, où l'on pourra distinguer au moins deux autres espèces; une dizaine de vertèbres; un coprolithe.

CHÉLONIENS : nombreuses plaques d'une Tortue de très grande taille.

OPHIDIENS : fragment de colonne vertébrale de Serpent, comportant trois vertèbres jointives.

Les Poissons sont représentés par les formes suivantes des ELASMOBRANCHES : *Hybodus*, *Strophodus* (grosses dents en pavé), *Lamna*, vertèbre de *Platyspondylus Foureaui* Haug; des GANOÏDES : un *Lepidotes* de très grande taille, représenté par des centaines d'écailles et de dents en forme de bouton, est partout abondant; des DIPNEUSTES : huit dents de *Ceratodus africanus* Haug. On devra comparer ces Poissons à ceux du Wealdien récoltés par les géologues italiens en Tripolitaine, dans la suite de la même falaise; ce sont les formes typiques du « Continental intercalaire » saharien. Le caractère continental des sédiments, manifesté par les faciès et par la présence de *Ceratodus*, n'est pas infirmé par celle d'Elasmobranches, car certaines formes sont connues dans les eaux douces : Hybodontes du Karroo, Sélaciens du Gange, *Pristis* de l'Ogôoué et du lac Onange (Gabon).

Outre leur importance paléontologique, nos découvertes ont encore une portée stratigraphique. Les Vertébrés décrits ci-dessus se rencontrent, en effet, dans les trois formations superposées dans la falaise du Dahar : les grès inférieurs, les marnes vertes du milieu, les grès grossiers ou conglomérats et les sables à dragées ou argiles de la partie supérieure dite « Albienne ». Pour ne citer qu'un exemple, dans la magnifique coupe offerte par le versant nord du Touil Dehibat (frontière tripolitaine), nous avons récolté des éléments de cette faune sur toute la hauteur de la série continentale crétacée.

En outre, si l'on se déplace du Sud au Nord, on voit la moitié supérieure des argiles et sables dits « albiens » passer latéralement à des marnes et calcaires marins à Exogyres et Astartes : de Douiret à Rhomerassen, ils prennent de plus en plus de développement et ont même été cartographiés en Cénomanien marin par M. Berkaloff encore plus au Nord sur la feuille Médenine au 200 000e. Or, au Nord de Rhomerassen, on y trouve encore de grandes écailles de

([1]) A. F. DE LAPPARENT, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 754.

*Lepidotes* avec des bois fossiles. Nous pensons donc que la faune de Vertébrés de la falaise du Dahar monte jusque dans le Cénomanien inférieur.

Deux conclusions se dégagent de notre exploration géologique du Dahar.

D'une part, on voit s'étendre désormais à l'Extrême Sud tunisien, soit à 400 km au Nord de la falaise du Tinrhert, la faune de Vertébrés si homogène du « Continental intercalaire », connue de l'Egypte au Sud Marocain, en passant par le Djoua et le Touat.

D'autre part, ici mieux que partout ailleurs, on peut préciser l'âge de cette série et de cette faune, que l'on avait tendance à attribuer trop strictement, tantôt seulement à la base du Crétacé (Djoua, Touat), tantôt au contraire au seul Cénomanien (Egypte, Sud Marocain). En réalité, les deux points de vue ne s'opposent pas : on est en présence d'une faune homogène de Reptiles et de Poissons, qui accompagne un même faciès continental « wealdien », couvrant tout le Crétacé inférieur, jusqu'au Cénomanien inférieur compris.

HYDRO-GÉOLOGIE. — *Relation entre la concentration en chlore des eaux souterraines et les échanges de bases avec les terrains qui les renferment.* Note (*) de M. **Henri Schoeller**, transmise par M. Charles Jacob.

La notion d'échange de bases, entre des eaux souterraines à forte concentration et les roches qui les renferment, permet de se rendre compte de la salinité des eaux dans lesquelles les anciens sédiments se sont déposés.

Tout d'abord, on sait que les roches dites « permutantes » peuvent céder à l'eau des alcalins contre des alcalino-terreux, ou vice-versa. Rappelons aussi que l'échange de bases peut s'exprimer ([1]) par les rapports ou indices suivants : $r[Cl-(Na+K)]/Cl$ ([2]), (indice positif d'échange de bases) lorsque $r\,Cl > r(Na+K)$, et $r[Cl-(Na+K)]/[SO_4+CO_3]$ (indice négatif) lorsque $r\,Cl < r\,(Na+K)$. Dans le premier cas, c'est le rapport des ions $Na+K$ de l'eau, échangés contre des ions $Ca+Mg$ du terrain, aux ions $Na+K=Cl$ primitivement existants dans l'eau. Dans le deuxième cas, c'est le rapport des ions $Ca+Mg$ de l'eau, échangés contre des ions $Na+K$ du terrain, aux ions $Ca+Mg=SO_4+CO_3$ primitivement existants. On a en effet admis qu'avant l'échange de bases, il y avait autant d'ions alcalins que d'ions de chlore.

Si maintenant l'on examine les eaux à forte concentration, en particulier les eaux d'un même gisement de pétrole, et si l'on classe ces eaux d'après leur teneur en chlore, on constate que l'indice d'échange de bases peut

---

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) H. Schoeller, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), 4, 1934, p. 396.

([2]) $r$ signifie que les corps devant lesquels cette lettre est placée, sont exprimés en milliéquivalents. $CO_3$ représente le $CO_3$ combiné $[CO_3+(1/2)\,HCO_3]$.

être négatif pour les faibles valeurs de Cl et positif pour les fortes valeurs. Souvent le passage est progressif. Mais on ne constatera jamais l'inverse, c'est-à-dire le passage d'un indice positif à un indice négatif pour des valeurs croissantes de Cl. L'indice d'échange de bases reste positif. De plus, fait très important : *si jusqu'à une certaine concentration de* Cl, *l'échange de bases peut être soit positif, soit négatif, par contre, au-dessus de cette même concentration de* Cl, *il est toujours positif. La limite du* Cl, *au-dessus de laquelle l'échange de base est toujours positif, ne dépasse généralement pas* 500 *r*Cl. L'échange de bases positif peut ainsi monter jusqu'à des concentrations de 6 000 *r*Cl. Sur 646 analyses d'eaux, à très forte concentration examinées, eaux provenant des gisements de pétrole des Apalaches, du West Texas, de l'Oklahoma, des Montagnes rocheuses, de Californie de Pologne, de Roumanie, de Russie, de France, du Maroc, ainsi que d'eaux souterraines, météoriques, concentrées, de France, de Belgique et d'Afrique du Nord, je n'ai relevé que les exceptions suivantes à échange de bases négatif au-dessus de la normale : 1° une eau du bassin permien du West Texas (avec $r\,Cl = 580$); 2° une eau du gisement de Saint-Marcet, sonde 7, ($r\,Cl = 1020$); 3° deux eaux de Balachaig (Caucase), ($r$ Cl de 680 et 1010, au-dessus de 1010 $r$ Cl, l'indice est positif); 4° six eaux du gisement de Pechelbronn ($r$ Cl de 710 à 1340, au-dessus l'indice est positif). Il est probable qu'il doit y avoir d'autres exceptions, mais on voit que la proportion en est faible (10 eaux sur 646).

Que signifient ces faits ? Tout d'abord, toutes les analyses que j'ai eues entre les mains, montrent que les limites de solubilité des sels n'interviennent pas ici. Mais il est tout à fait remarquable de constater que cette limite de 500 $r$ Cl et par conséquent de $r(Na + K)$, au-dessus de laquelle les échanges de bases négatifs cessent, est très voisine de la concentration en Na + K de l'eau de mer, en moyenne de 475 milliéquivalents, variant entre 448 et 505 $r$. Ce n'est pas là une simple coïncidence. En effet lors de leur précipitation et une fois précipitées, les vases marines ont dû se mettre en équilibre d'échange de bases avec l'eau de mer et les eaux d'imbibition dont la teneur en Cl et Na ne diffère pas beaucoup de celle de l'eau de mer.

Par conséquent lorsque des eaux souterraines à concentration en Na + K supérieure à celle de l'eau de mer — la concentration pouvant être due par exemple à une évaporation par départ de gaz entraînant de l'eau — pénètrent dans d'anciens sédiments marins qui avaient été en équilibre de bases avec l'eau de mer, un déséquilibre se produit. L'eau souterraine, chargée d'une plus grande quantité d'alcalins que l'eau de mer, ne peut que céder du Na + K contre du Ca + Mg du sédiment. Si l'indice d'échange de bases de l'eau était négatif, il deviendra positif. Au-dessus de 500 $r$ Cl environ, l'indice tendra donc toujours à être positif.

Comment expliquer alors les quelques valeurs supérieures? Le Permien du bassin du West Texas contient du sel, de l'anhydrite, du gypse. Les couches pétrolifères de Pechelbronn sont lagunaires. L'eau de Saint-Marcet 7 peut venir du Trias. Somme toute les eaux, à échange de bases négatif au-dessus de la limite normale de Cl, correspondent à des gisements lagunaires. Dans les eaux sursalées de ces lagunes, les sédiments ont été en équilibre de bases avec des teneurs en Na très supérieures à celles de l'eau de mer, ce qui explique pourquoi dans ces quelques cas particuliers, l'échange positif ne s'est produit qu'à partir de valeurs de Cl supérieures à la normale.

Ainsi, alors que les eaux souterraines à concentration en chlore inférieure à 500 milliéquivalents, ont une teneur en Cl soit supérieure, soit inférieure à la teneur en $Na + K$, les eaux à concentration en chlore supérieure à 500 milliéquivalents ont toujours plus de Cl que de $Na + K$, toutes ces teneurs étant exprimées en milliéquivalents. C'est que ces eaux très concentrées ont été en contact avec d'anciens sédiments marins, déposés dans des eaux à salure normale. Quelques eaux souterraines à concentration de Cl supérieure à 500 milliéquivalents, ont une différence $r\,Cl - r\,Na$ négative. Elles correspondent à des eaux en relation avec des roches déposées dans des eaux sursalées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations de composition de l'atmosphère des méats des poires au cours de la maturation; leurs rapports avec le métabolisme*. Note de M. **Roger Ulrich** et M^me^ **Irmgard Tavernier**, présentée par M. Raoul Combes.

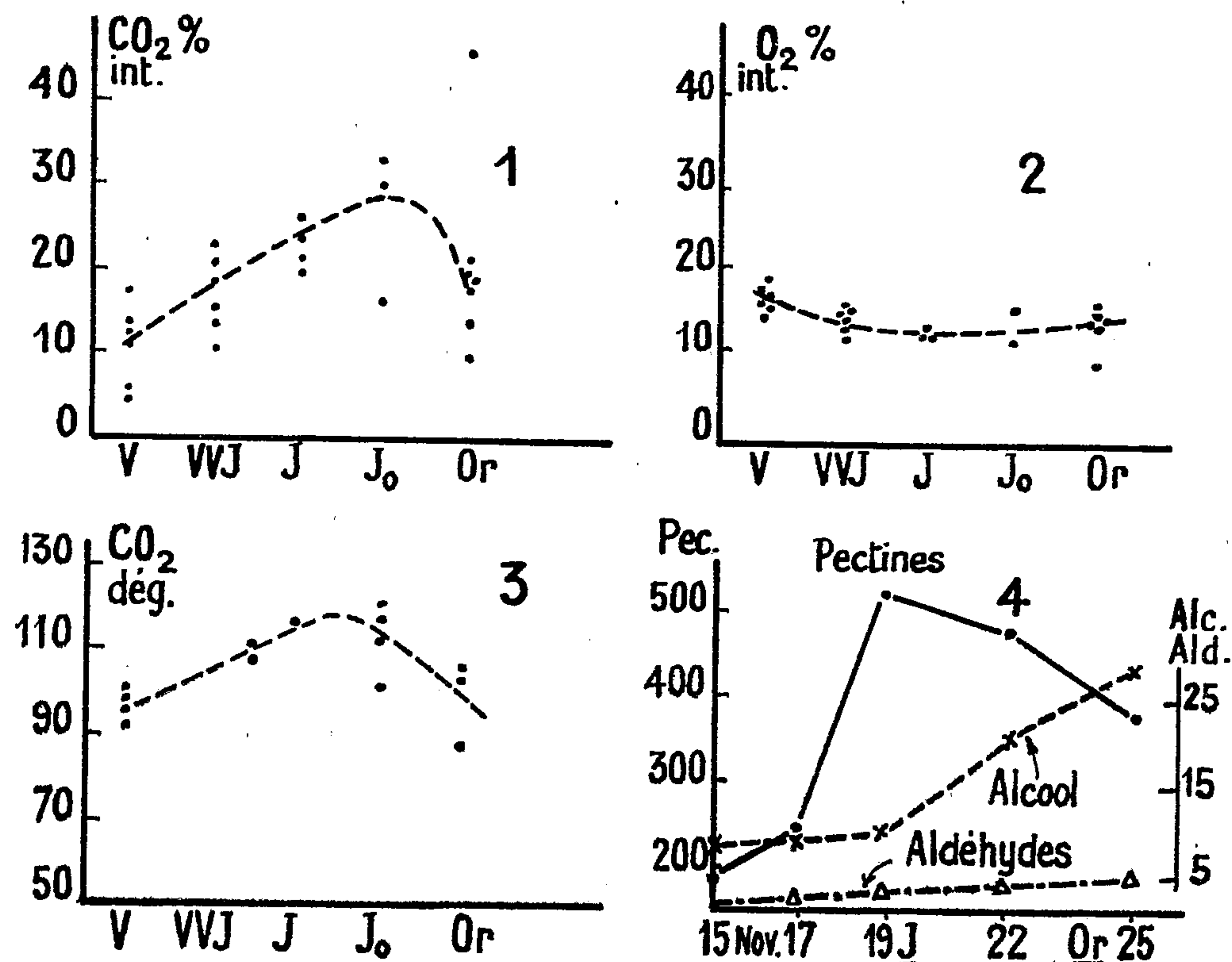
Le gaz carbonique des méats est d'origine respiratoire et fermentaire. Sa concentration passe par un maximum. Celui-ci s'observe à peu près en même temps que le maximum de l'émission de gaz carbonique par le fruit et que le maximum de teneur en pectines solubles. Ces faits s'expliquent notamment par les difficultés plus ou moins grandes qu'opposent les tissus à la diffusion des gaz.

L'application d'une technique de prélèvement décrite ici même [1] nous a permis de faire de nombreuses observations sur l'atmosphère des méats des poires et des pommes. Nous avons suivi en particulier les variations de la composition de ce milieu au cours de la maturation des poires Williams à $+15°$. Les fruits utilisés avaient été récoltés le 24 août, conservés à 0° en chambre froide jusqu'au 15 octobre puis mis à mûrir à cette date. Des prélèvements de 5 fruits ont été faits tous les 2 ou 3 jours, permettant d'obtenir chaque fois 5 teneurs en oxygène et en gaz carbonique. Le dégagement de gaz carbonique dans l'atmosphère ambiante a été mesuré sur des fruits comparables, à $+15°$. Les résultats des dosages ont montré

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 500.

que le test de maturité le plus commode pour les interpréter est la couleur du fruit. Les graphiques 1 à 3 ci-joints expriment l'ensemble de ces données numériques. Leur étude conduit aux conclusions suivantes :

1° Les variations individuelles de la composition de l'atmosphère interne sont importantes ainsi que l'a signalé Devaux depuis longtemps déjà (²).




1, gaz carbonique des méats; 2, oxygène des méats; 3, gaz carbonique dégagé par 100 g. de poires, par jour, en mg; 4, pectines (hydrosolubles à froid), alcool éthylique et aldéhydes en mg. dans 100 g. de fruits frais. Les prélèvements de gaz ont été faits à mi-distance entre l'épiderme externe et les loges des fruits. Couleurs : V, vert; VVJ, vert avec trace de jaune; J, jaune; $J_o$, jaune d'or; Or, orangé.

2° Les moyennes correspondant à chaque stade défini par la couleur du fruit révèlent cependant l'existence d'un maximum très net du gaz carbonique lacunaire pour les fruits jaune d'or (³). Il y correspond un minimum moins sensible pour l'oxygène. Ce maximum du gaz carbonique interne coïncide à peu près dans le temps avec le maximum de l'émission du même gaz dans l'atmosphère ambiante, ce qui donne à penser que la diffusion se fait assez facilement entre les tissus et l'extérieur.

(²) *Ann. Sc. nat. Bot.*, (7), 14, 1891, p. 371.

(³) L'un des points du graphique 1 correspond à un fruit sénescent exceptionnellement riche en gaz carbonique (fermentation particulièrement active).

Les différences d'amplitude des variations de l'oxygène et du gaz carbonique peuvent résulter pour une part des inégalités de solubilité et de vitesse de diffusion des deux gaz; l'émission absolue de gaz carbonique doit être également plus importante que l'absorption d'oxygène car à nos conditions expérimentales doit correspondre un quotient respiratoire d'acide; ce n'est cependant pas là l'essentiel.

Essayons en effet d'interpréter les données relatives aux gaz internes en les reliant à d'autres concernant le métabolisme; considérons pour cela le graphique 4 dressé à l'aide des résultats d'analyses effectuées en 1948 sur des fruits comparables à ceux de cette année et traités dans les mêmes conditions. La teneur élevée de l'atmosphère des méats en oxygène et gaz carbonique ne peut guère s'expliquer que si la fermentation existe dans les cellules conjointement à la respiration. Cette hypothèse est en bon accord avec les faits suivants :

— richesse croissante du fruit en alcool et en aldéhydes au cours de l'expérience;

— accomplissement de la métamorphose pectique génératrice d'enduits de pectine susceptibles d'obstruer partiellement les méats (le maximum de pectine soluble a lieu à peu près en même temps que le maximum de gaz carbonique lacunaire);

— fréquence de la fermentation dans les tissus des fruits, même en présence d'oxygène, lorsque le gaz carbonique est en quantité notable (fait signalé par M. Thomas) ([4]).

En fin d'expérience les fruits sénescents s'appauvrissent en gaz carbonique, vraisemblablement parce que les échanges avec l'air ambiant sont plus faciles (dégradation des pectines), et peut-être aussi par suite d'un ralentissement du catabolisme des glucides dans les cellules en cours d'altération.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets de la congélation sur les méats intercellulaires dans la racine de* Cichorium intybus *L.* (*variété Endive*). Note de M. **Louis Genevès**, présentée par M. Raoul Combes.

Sous l'influence du froid, les cellules étudiées excrètent de l'eau, à l'état liquide, dans les méats dont elles chassent les gaz. L'absence de ces derniers, définitive, diminue la durée de survie des cellules apparemment inaltérées par le gel.

Un fragment de racine d'Endive doit son opacité à la présence d'un système de larges méats aérifères. La congélation dans l'eau aux environs de 0° C y fait apparaître une zone translucide, qui persiste même

([4]) *Biochem. Journ.*, **19**, 1925, p. 928.

après le dégel. Cette zone peut couvrir les parenchymes libériens jeune et moyen, et le parenchyme vasculaire. Le parenchyme libérien âgé reste opaque. Une coupe à main levée, observée après le dégel montre, au niveau de la région transformée, la disparition presque totale des gaz qui emplissaient les espaces intercellulaires avant l'expérience. Les méats subsistent cependant, mais ils sont remplis de liquide. La résorption des gaz n'a pas été aussi complète dans le parenchyme libérien extérieur où les méats sont plus volumineux.

Dans les tissus ayant perdu leurs gaz intercellulaires, des cellules ont subi des désordres mortels, les autres sont vivantes, de structure banale (cytoplasme transparent, cyclose active et régulière, chondriome normal) ou présentant les altérations réversibles décrites dans une Note précédente ([1]). Ces résultats sont confirmés par des préparations fixées et colorées.

D'autre part nous avons fait agir le froid sous le microscope, sur des coupes à main levée, montées dans le liquide de Ringer ou l'eau de source. Le milieu se congèle d'abord à une extrémité du porte-objet. De là, la surface de séparation eau-glace progresse et traverse le champ du microscope. On voit alors les gaz des méats se déplacer soudainement. La rapidité du phénomène rend son étude difficile. En réglant la vitesse de refroidissement lorsque la glace apparaît, on peut ralentir la sortie des gaz. Dans plusieurs cas favorables, où nous avons observé une bulle gazeuse, fortement réfringente, allongée entre deux cellules de parenchyme libérien jeune, nous avons vu cette bulle se déplacer vers une extrémité du méat, en démasquant les membranes entre lesquelles elle était enserrée. Celles-ci n'ont pas subi de modifications pendant la disparition du gaz, mais peu après, elles se rapprochent. Elles étaient parallèles, elles paraissent maintenant chevaucher.

Pendant la surfusion, la température s'abaisse à — 1 et — 2° C. Aucun phénomène n'est visible alors. L'expulsion des gaz n'a lieu qu'immédiatement après la formation de la glace, dont elle semble être la conséquence.

Les gaz expulsés confluent en masses qui s'anastomosent et demeurent incluses dans la glace. Au dégel, des bulles se forment. Elles parsèment la préparation. En arrêtant la congélation du milieu de montage alors qu'une partie seulement du champ du microscope est envahie par la glace, on obtient au dégel deux zones d'aspects différents. Il est facile d'opposer celle qui n'a pas subi de dommages histologiques à l'autre, très claire à cause de l'absence de l'atmosphère interne. La limite des deux

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1132.

zones est franche et se trouve légèrement en retrait de la position extrême du front de congélation.

Les cellules de la zone translucide sont en général en aussi bon état que celles qui possèdent encore des méats intacts; l'évacuation des gaz ne paraît pas les avoir altérées, à la condition toutefois que l'on ait arrêté assez rapidement la congélation. Cependant, dans les jours qui suivent, les gaz ne réapparaissent pas dans les méats, et les cellules meurent, alors que les cellules d'Endive non traitées continuent à vivre dans les mêmes conditions ([2]). Elles sont donc incapables, et de régénérer cette atmosphère interne, et de vivre sans elle.

Si une coupe, ayant été congelée puis dégelée, est aussitôt refroidie très lentement, une faible partie des gaz reflue dans les méats. La nappe inférieure du milieu de montage se solidifie la première. Le front de congélation a, par suite, une forme en biseau; il avance d'une extrémité à l'autre du porte-objet et repousse devant lui les bulles gazeuses de la préparation. Le biseau refoule les bulles en les appliquant contre la surface de la coupe. Elles parviennent ainsi à s'insinuer dans certains méats, dont elles repoussent le liquide. Cette rentrée partielle des gaz est toutefois impuissante à permettre la survie prolongée des cellules. Une congélation complète du milieu de montage provoque d'ailleurs à nouveau la sortie des gaz comme précédemment.

Des coupes faites dans des fragments congelés dans l'air humide, montées à sec entre lame et lamelle, montrent la disparition des gaz intercellulaires. Le liquide qui les remplace ne provient donc ni du milieu dans lequel s'effectue la congélation, ni du milieu de montage. *Ce sont les cellules qui le fournissent.* L'expulsion de l'atmosphère interne résulte donc d'une *sortie d'eau des cellules.*

Les cellules d'une coupe ainsi montée à sec restent vivantes pendant plusieurs jours si la préparation est conservée dans une atmosphère humide. Ne disposant plus des gaz cellulaires, elles bénéficient du contact de l'air ambiant. Nous avons vu, par contre, que les coupes montées dans l'eau étant isolées de l'air, meurent, faute de méats gazeux.

Le froid permet de supprimer l'atmosphère interne des tissus d'Endive sans léser apparemment les cellules. Cette action est pratiquement irréversible. Elle met en évidence l'importance que revêt pour la vie des cellules la présence de ces gaz à leur contact.

---

([2]) R. Buvat, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 359.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Existence d'une fructosanase distincte de la saccharase dans les extraits de levure de boulangerie.* Note de M^lles **Gilberte Legrand** et **Colette Lewis**, présentée par M. Raoul Combes.

Le dialysat des préparations d'invertase provenant d'extraits de levure de boulangerie contient un enzyme capable d'hydrolyser facilement les glucofructosanes et présentant une activité réduite sur le saccharose. Cette diastase scinde de préférence la liaison fructose-fructose. Bien distincte de l'inulase et de la β-fructosidase, ce serait une fructosanase.

Le mécanisme d'hydrolyse diastasique des glucides est encore mal connu. En ce qui concerne l'hydrolyse du saccharose par les extraits de levure de boulangerie, c'est la β-fructofuranosidase qui interviendrait pour libérer le fructose et rompre ainsi la liaison glucopyranose-fructofuranose (1). Dans d'autres cas, le saccharose tomberait sous le coup d'une α-glucosidase (2), ce qui paraît logique étant donnée la constitution de ce diholoside.

On est moins renseigné au sujet des glucofructosanes — dont le type est la synanthrine (3) — substances ainsi nommées parce qu'elles contiennent 10 à à 20 % de glucose dans leurs produits d'hydrolyse, le reste étant constitué par du fructose.

D'après les travaux de H. Belval (4), les *glucofructosanes* telles que l'asphodéloside, le lycoroside B, la synanthrine, sont facilement hydrolysées par les autolysats de levure de boulangerie, ceux-là mêmes qui sont fortement actifs sur le *saccharose.* S'agit-il, dans les deux cas, du même enzyme, capable de rompre d'une façon ou d'une autre la liaison glucose-fructose réputée pour sa fragilité (5), puis de séparer les restes de fructose des glucofructosanes ? Faut-il envisager, au contraire, l'existence dans les extraits de levure, d'une saccharase et d'une fructosanase distinctes ?

C'est cette dernière hypothèse qui paraît se vérifier. En effet, si on dialyse une sucrase provenant d'un autolysat putride de levure de boulangerie, le dialysat hydrolyse assez facilement les glucofructosanes, notamment l'asphodéloside de *Narcissus pseudo-Narcissus*, et très mal le saccharose, contrairement à la fraction qui reste à l'intérieur du sac de collodion.

---

(1) M. Adams, K. Nelson, Richtmyer et C. S. Hudson, *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1369.

(2) Weidenhagen, *Ergeb. Enzymfors.*, 1, 1932, p. 168; 2, 1933, p. 90.

(3) H. Colin et A. Chaudun, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 15, 1933, p. 402.

(4) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 1158.

(5) H. Belval et A. de Grandchamp, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 30.

Voici quelques résultats probants :

*Saccharose.*

| Temps en heures. | Sucrase brute $[\alpha]_D$. | Sucrase dialysée $[\alpha]_D$. | Dialysat $[\alpha]_D$. |
|---|---|---|---|
| 0 ....... | +66°,5 | +66°,5 | +66°,5 |
| 1/4 ..... | +32,4 | +50 | +64,5 |
| 1/2 ..... | +15,5 | +38 | +63 |
| 3/4 ..... | + 4,1 | +28 | +62 |
| 1 ....... | − 1,5 | +17 | +60,8 |
| 1 1/2 .... | − 8 | + 3 | +58 |
| 2 ....... | −12,5 | − 6 | +56 |

*Glucofructosane.*

| Temps en jours. | Sucrase brute $[\alpha]_D$. | Sucrase dialysée $[\alpha]_D$. | Dialysat $[\alpha]_D$. |
|---|---|---|---|
| 0 ......... | −19° | −19° | −19° |
| 1 ......... | −34 | −20 | −30 |
| 2 ......... | −40 | −20,7 | −37 |
| 3 ......... | −45 | −21 | −41 |

L'examen de ce tableau montre donc que le dialysat contient un principe *enzymatique* (une courte ébullition le rend totalement inactif) capable d'hydrolyser assez rapidement les glucofructosanes, et très lentement le saccharose si l'on compare aux effets de la sucrase brute. Avec celui-ci, il faut attendre parfois jusqu'à 4 et 5 jours, au lieu de 3 ou 4 heures, pour arriver à l'hydrolyse totale. Au contraire, avec la sucrase dialysée c'est la glucofructosane qui pratiquement n'est plus attaquée [6], [7]. Dans tous les essais, effectués au même pH 6-6,2, il a été tenu compte, autant que possible, des variations de volume que subissent pendant la dialyse les deux fractions diastasiques.

D'autre part, le mode d'action de la sucrase dialysée et du dialysat sur la glucofructosane paraît assez différent. Le dosage du glucose et du fructose effectué sur des solutions de glucofructosane prises à divers stades d'hydrolyse montre que le dialysat détache plus vite le fructose donc, vraisemblablement, agit sur la liaison fructose-fructose. On peut le voir dans le tableau suivant où les chiffres indiquent la proportion de glucose dans les produits d'hydrolyse à divers stades de l'opération et pour les différentes préparations diastasiques étudiées.

| Proportion de glucofructosane hydrolysée (%) ............ | 31. | 47. | 70. | 100. |
|---|---|---|---|---|
| Sucrase brute (%) ............ | 10 | 11 | 13 | 14 |
| Sucrase dialysée (%) .......... | 13 | – | – | – |
| Dialysat (%) .................. | 2 | 3 | 9 | 13 |

Remarquons bien que le glucose apparaît tout de même, dans la proportion théorique, en fin d'hydrolyse, quand celle-ci est due à la diastase contenue dans le dialysat. Ce fait peut tenir soit à un manque de spéci-

---

(6) H. Bélval et G. Legrand, *Sucrerie belge*, **69**, 1949, p. 49.

(7) G. Legrand, *Sucrerie belge*, **70**, 1951, nos 11 et 12, p. 229.

ficité du ferment qui serait susceptible d'attaquer plusieurs sortes de liaisons glucidiques, soit à un manque de pureté de la préparation car il est assez difficile d'éliminer complètement la saccharase. Il serait prématuré de tirer des conclusions quant à la nature de cet enzyme. Il n'hydrolyse pas l'inuline mais s'attaque à la phléine (fructosane exempte de glucose) avec lenteur il est vrai, mais pas moins rapidement que les préparations de sucrases brutes.

On est donc en droit de penser que les extraits de levure de boulangerie contiennent, à côté de la *saccharase* ou β-fructosidase une *fructosanase* séparant les restes de fructose des glucofructosanes.

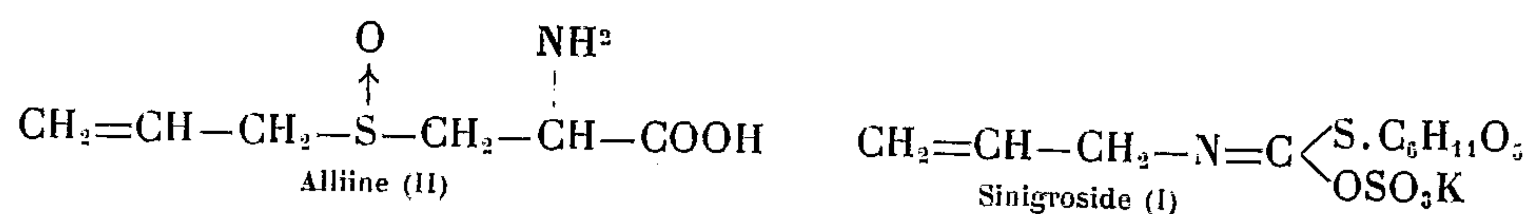
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la spécificité de l'alliinase provenant de l'*Allium sativum. Note de MM. **Arthur Stoll** et **Éwald Seebeck**, présentée par M. Maurice Javillier.

A Guillaume et J. A. Wadie (1) ont publié il y a quelque temps des expériences qu'ils ont résumées ainsi :

« L'alliinase, ferment des gousses d'ail, agit sur la substance mère de l'ail ou alliine, qui n'est pas un glucoside, mais un acide aminé sulfuré, en donnant du sulfure d'allyle, de l'acide pyruvique et de l'$NH_3$ : ce ferment agit également, mais partiellement, sur le glucoside du raifort. De même l'alliine, en l'absence d'alliinase, peut être décomposée en partie par la myrosine de la moutarde blanche. »

Nous nous intéressons depuis plusieurs années aux substances actives de l'*Allium sativum* et du raifort ainsi qu'aux enzymes qui leur sont associés. C'est pourquoi nous voulons rapporter ici quelques observations qui, sur des points essentiels, ne sont pas en accord avec celles de Guillaume et Wadie.

Nous avons réussi à isoler à l'état cristallisé le glucoside initial de l'essence de raifort, nous l'avons analysé et montré qu'il est identique au sinigroside (I), tiré de la moutarde blanche ou noire (2).



$$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}\overset{\overset{O}{\uparrow}}{S}{-}CH_2{-}\overset{\overset{NH_2}{|}}{CH}{-}COOH \qquad CH_2{=}CH{-}CH_2{-}N{=}C\begin{cases}S\cdot C_6H_{11}O_5\\ OSO_3K\end{cases}$$

Alliine (II) Sinigroside (I)

Au cours de nos recherches sur l'alliine (II), nous avons constaté la spécificité bien définie de l'alliinase, qui ne peut scinder, parmi les dérivés voisins de l'alliine, que ceux qui contiennent, à la place du radical allyle, d'autres radicaux aliphatiques tels que : éthyle, propyle ou butyle (3). La possibilité de

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1536.
(2) *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1432.
(3) *Helv.*, 32, 1949, p. 866.

scission enzymatique est, en outre, fortement liée à la configuration de l'alliine. Nous avons préparé par synthèse ([4]), l'alliine et ses 3 isomères optiquement actifs, et précisé que l'alliine naturelle [sulfoxyde de (+)-S-allyl-L-cystéine] est dégradée d'une manière optimum par l'alliinase. Le sulfoxyde de (—)-S-allyl-L-cystéine, isomère à son atome de soufre, n'est scindé que lentement par l'alliinase, tandis que les deux dérivés correspondants de la D-cystéine, ne sont pas scindés du tout.

En tenant compte de ces faits, il ne nous a pas paru très vraisemblable que l'alliinase soit capable de scinder des glucosides de sénévol. C'est pourquoi nous avons vérifié les résultats de Guillaume et Wadie en utilisant l'alliine (II) et le sinigroside (I), purs et cristallisés, ainsi que des enzymes purifiés, l'alliinase tirée de l'*Allium sativum* et la myrosinase de la moutarde blanche. Nous avons pu constater ainsi, que l'alliinase ne peut scinder que l'alliine, mais non le sinigroside, et que la myrosinase ne dégrade que le sinigroside, mais non l'alliine.

Ces expériences, avec des substances actives pures initiales, et des enzymes purifiés, confirment ainsi la spécificité très nette de l'alliinase, enzyme contenu dans l'ail, et de la myrosinase, tirée de la moutarde blanche.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les glucides du Topinambour*. V. *Hydrolyse par les enzymes de levure et de* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis longtemps on a utilisé des préparations de saccharase pour caractériser et doser le saccharose dans les mélanges de glucides de topinambour ([1]). Mais ces préparations n'attaquent pas que le saccharose et H. Belval ([2]) appelle saccharose les glucides hydrolysés en 3 heures, et synanthrine le reste des glucides hydrolysés.

Nous avons suivi par chromatographie sur papier l'hydrolyse ménagée par la saccharase de glucofructosanes isolés et de mélange et nous l'avons comparée avec l'action de l'inulase. Nous avons utilisé une saccharase de levure de boulangerie purifiée selon Summer et O'Kane ([3]) et une inulase de *St. nigra* 315 fortement purifiée.

I. *Action de l'inulase*. — 1. Sur le glucofructosane D (concentration telle que l'hydrolyse soit totale en 24 heures). Du fructose est libéré tandis qu'apparaissent successivement au cours de l'hydrolyse des taches de gluco-

---

([4]) *Experientia*, 6, 1950, p. 330; *Helv.*, 34, 1951, p. 481.

([1]) H. Colin, *Rev. Gen. Bot.*, 31, 1919, p. 75.

([2]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1947, p. 447.

([3]) *Enzymologia*, 12, 1946-48, p. 251.

fructosanes C, puis B et enfin de saccharose. Le glucose n'est libéré qu'à la fin au cours de l'hydrolyse du saccharose. Ceci constitue une confirmation particulièrement nette des structures qui ont été proposées pour ces glucides [1].

2. Sur un mélange I de glucofructosanes très polymérisés, voisins de l'inuline. Il y a libération de fructose et de glucides intermédiaires. Le glucose apparaît lorsque une partie de ces glucides intermédiaires est déjà dégradée.

3. Sur un mélange II de glucofructosanes allant du saccharose au quinzième terme. Il y a libération de fructose et disparition des termes les plus polymérisés tandis que le saccharose et B augmentent. Puis le glucose apparaît et tous les glucofructosanes disparaissent un à un à partir des plus polymérisés.

L'inulase attaque donc les glucofructosanes en détachant le fructofuranose terminal, à l'extrémité opposée au groupement saccharose, libérant le polymère inférieur. La vitesse d'hydrolyse des liaisons varie peu avec la longueur de la chaîne, ce qui permet la mise en évidence facile des glucides intermédiaires.

II. *Action de la saccharase.* — 1. Sur les glucofructosanes C et D. Avec une concentration en saccharase hydrolysant la même quantité de saccharose en 12 heures l'hydrolyse commence seulement pour C au bout de 24 heures. Avec une concentration 100 fois supérieure C est hydrolysé en 24 heures : le fructose est libéré d'abord, on aperçoit une tache de B et le glucose tout de suite après. On ne peut mettre de saccharose en évidence. L'hydrolyse de D est incomplète en 24 heures; C est formé, on aperçoit une trace de B, pas de saccharose.

2. Sur le mélange I, il y a une faible hydrolyse libérant du fructose et tout de suite du glucose. Il ne se forme pas de glucides intermédiaires en concentration suffisante pour que l'on puisse les déceler.

3. Sur le mélange II, la saccharase fait disparaître instantanément le saccharose puis le glucofructosane B. Pendant la première heure il se libère presque autant de glucose que de fructose, puis progressivement avec la disparition de C et D, la tache de fructose augmente plus, tandis que l'hydrolyse se ralentit et que les corps les plus polymérisés paraissent peu attaqués.

Ainsi, la saccharase attaque bien le fructose terminal, mais la vitesse d'hydrolyse, maxima pour le saccharose, décroît quand le degré de polymérisation augmente. Les glucides intermédiaires disparaissent plus vite que le produit initial (d'où difficulté pour les mettre en évidence), et le saccharose

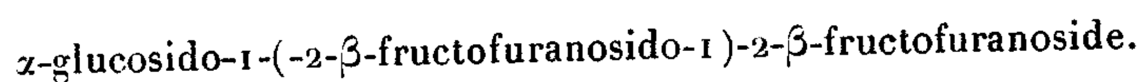
---

[1] J. S. D. Bacon et J. Edelman, *Biochem. J.*, 48, 1951, p. 114; R. Dedonder, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1134.

instantanément. C'est pourquoi dans l'hydrolyse des corps C et D, le glucose apparaît en même temps que le corps B : celui-ci, hydrolysé donne fructose et saccharose, le saccharose se coupe instantanément en glucose et fructose.

Nous avons aussi fait agir la saccharase sur deux mélanges de produits intermédiaires de l'hydrolyse acide de l'inuline, l'un I′ de glucides encore très polymérisés, l'autre II′ contenant les termes les moins polymérisés, jusque vers le 15e. Les effets sont les mêmes qu'avec les mélanges de glucides naturels correspondants. Ainsi avec II″ : disparition de la tache au niveau du saccharose, de celle au niveau de B avec libération de fructose et de glucose, puis C disparaît ainsi que D et E, tandis que la proportion de fructose augmente.

Donc les produits intermédiaires de l'hydrolyse acide ménagée de l'inuline sont, au moins pour la plus grande part, des glucofructosanes identiques aux glucides naturels. Ils se forment à partir de l'inuline par coupure de restes fructose, la structure de l'inuline étant bien, comme celle des autres glucofructosanes du type :


α-glucosido-1-(-2-β-fructofuranosido-1)-2-β-fructofuranoside.

Ce résultat est en désaccord avec celui énoncé dans une récente Note par Quillet, qui, utilisant une méthode différente, n'a pu mettre en évidence la présence de glucose dans ces produits de l'hydrolyse acide de l'inuline ([5]).

En conclusion : 1° L'hydrolyse enzymatique confirme bien la structure proposée pour les glucofructosanes du topinambour.

2° L'inulase de *St. nigra* et l'invertase de levure sont toutes deux des β-fructofuranosidases ([6]), mais l'inulase coupe les liaisons terminales à une vitesse presque indépendante de la grosseur moléculaire, tandis que la vitesse d'hydrolyse par la saccharase diminue lorsque la longueur de la chaîne croît.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée des synthèses biochimiques de la cocarboxylase et de la tyrosine codécarboxylase par des phosphokinases de levure.* Note de MM. **Nguyen van Thoai** et **Louis Chevillard**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le relargage au sulfate d'ammonium des extraits de levure montre que les fractions protéiques synthétisant la *tyrosine codécarboxylase* (pyridoxine phosphate) sont étroitement associées à celles qui opèrent la synthèse de la thi-

([5]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 542.
([6]) F. Nord et R. Weidenhagen, *Handbuch der Enzymologie*, 1940, p. 512.

amine pyrophosphate (*cocarboxylase*); par ailleurs, le vieillissement et la dialyse de ces fractions inactivent simultanément les deux activités ([1]). Nous avons poursuivi l'étude des synthèses des pyridoxine phosphate et thiamine pyrophosphate au point de vue du caractère des enzymes les catalysant et du mécanisme des réactions catalysées. Dans ce but, nous avons fait des recherches sur la réactivation de ces enzymes par les ions $Mg^{++}$ et $Mn^{++}$, sur leur inhibition concurrente par la thiamine et la pyridoxine et sur la phosphorylation de ces vitamines en présence d'acides adénosine tri- et di-phosphoriques (ATP et ADP). La préparation des enzymes, les protocoles de synthèse et de dosage ont été décrits antérieurement ([1]).

1. *Action des ions* $Mg^{++}$ *et* $Mn^{++}$ *sur les enzymes inactivés.* — Les dialyses prolongées (3 jours à + 3°) inactivent le pouvoir synthétisant des préparations, ce processus devenant irréversible quand on les prolonge au delà d'un certain temps. Les ions $Mg^{++}$ et $Mn^{++}$ réactivent les phosphokinases fortement inhibées, comme le montrent les résultats ci-dessous, exprimés, comme les suivants en millimètres cubes de $CO_2$ dégagé en 20 minutes dans des conditions standardisées par action de la tyrosine décarboxylase et de la carboxylase agissant sur leurs substrats respectifs :

| | | Mg (mole : l.) | | | Mn (mole : l.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sans métal. | $3.10^{-3}$. | $1.10^{-2}$. | $5.10^{-2}$. | $1.10^{-3}$. | $3.10^{-3}$. | $5.10^{-2}$. |
| Pyridoxine + ATP ..... | 17 | 184 | 126 | 24 | 132 | 106 | 91 |
| Thiamine + ATP ....... | 77 | 90 | 205 | 207 | 180 | – | 198 |

Lorsque la dialyse n'a duré que 24 heures à + 3° l'activation par $Mg^{++}$ et $Mn^{++}$, très nette aux faibles concentrations en ions ($3.10^{-3}$), diminue lorsque celles-ci augmentent; le manganèse devient même franchement inhibiteur ($SO_4Mn$ $1.10^{-2}$ M). Ce fait est analogue à ceux observés sur d'autres enzymes : énolase, phosphatases, peptidases ([2]), et s'explique sans doute par les mêmes mécanismes.

2° *Inhibition concurrente réciproque de la synthèse de la carboxylase et de la tyrosine codécarboxylase par la thiamine et la pyridoxine.* — Si, au cours de la phosphorylation de l'aneurine, on ajoute des doses croissantes de pyridoxine, on observe une inhibition progressive de la synthèse de la cocarboxylase; la synthèse de la tyrosine codécarboxylase est inversement inhibée par des doses croissantes de thiamine, comme en témoignent les résultats suivants :

| 10 µg thiamine | | | 2 µg pyridoxine | | |
|---|---|---|---|---|---|
| seule. | + 10 µg pyridoxine. | + 40 µg. pyridoxine. | seule. | + 20 µg. thiamine. | + 40 µg. thiamine. |
| 144 | 107 | 40 | 117 | 100 | 60 |

([1]) Nguyen van Thoai et L. Chevillard, *C. R. Soc. Biol.*, 1951, (sous presse).

([2]) J. Roche et Nguyen van Thoai, *Exposés annuels de Biochimie*, 8, 1948, p. 337.

La phosphorylation de la thiamine est inhibée en présence de doses égales de pyridoxine; par contre l'inhibition de celle de la pyridoxine ne s'observe qu'en présence de thiamine à des concentrations relativement élevées, car celle-ci se fixe sélectivement sur des protéines accompagnant la carboxylase de la levure, en particulier sur des inhibiteurs protéiques de cette dernière ([3]). Il en résulte sans doute une diminution de sa concentration effective, nécessaire à une manifestation de la compétition entre thiamine et pyridoxine.

3° *Synthèse de la cocarboxylase et de la codécarboxylase en présence d'acide adénosine diphosphorique* (ADP). *A priori* il semble que la phosphorylation de la pyridoxine puisse avoir lieu indifféremment aux dépens de l'ATP ou de l'ADP pour donner naissance à une phosphorylpyridoxine. Les faits confirment cette manière de voir. Dans la synthèse de la cocarboxylase l'estérification de la vitamine peut se produire par transfert d'un groupe pyrophosphoryle à partir de l'ATP, sous l'action d'un type de phosphokinase particulier ou par fixation d'un reste orthophosphorique grâce à la phosphokinase, suivie d'une anhydrisation, réalisée par le même enzyme ou par un autre. Le fait que l'ADP peut au même titre que l'ATP servir à la synthèse de la cocarboxylase, semble confirmer cette seconde hypothèse.

| Thiamine (100 μg). | | Pyridoxine (5 μg). | |
|---|---|---|---|
| ATP 0,0015 M/l. | ADP 0,001 M/l. | ATP 0,0015 M/l. | ADP 0,001 M/l. |
| 130–130 | 115–115 | 353–353 | 306–306 |

*En résumé* les phosphokinases réalisant le transfert de groupes orthophosphoriques sur la thiamine et la pyridoxine pour donner naissance à la cocarboxylase et à la tyrosine codécarboxylase, présentent des caractères très voisins, au double point de vue de leur sensibilité aux effecteurs métalliques (Mg, Mn) et du mécanisme des réactions qu'elles catalysent. En particulier il ne semble pas qu'il y ait transport d'un groupe pyrophosphoryle sur la thiamine mais fixations successives de deux restes orthophosphoriques. Enfin l'inhibition concurrente réciproque entre les deux vitamines au cours de la synthèse des coenzymes, prouve l'étroite parenté des phosphokinases étudiées.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mise en évidence d'un pouvoir régulateur de l'ectoblaste dans le germe du Coléoptère* Leptinotarsa. Note de M. **André Haget**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'ectoblaste de la blastule ou de la jeune gastrule de *Leptinotarsa* possède-t-il le pouvoir de réparer une déficience territoriale imposée? Pour essayer de répondre à cette question, nous avons brûlé au thermocautère des territoires ectoblastiques d'étendue variable.

([3]) M. A. Lipton et C. A. Elvehjem, *Journ. biol. chem.*, 136, 1940, p. 637.

Il nous a fallu auparavant déterminer au mieux les limites invisibles de l'ectoblaste présomptif de la blastule (marquages par micro-injections d'une solution à 1 % de rouge neutre dans l'eau distillée).

Sur la jeune gastrule, les territoires ectoblastiques sont directement repérables dès l'apparition du sillon gastrulaire (28 h à 24° C) : ce sont les « plaques latérales » ([1]).

Résultats. — I. *Blastule :* Les résultats de brûlures effectuées sur l'ectoblaste de blastules de trois âges différents (15 h, 18 h, 24 h) sont consignés dans le tableau ci-dessous. Pour chaque âge, nous avons adopté trois niveaux de brûlure : au quart antérieur de la longueur du germe (1/4 *a*), à mi-longueur entre les deux pôles (1/2 L), et au quart postérieur de l'œuf (1/4 *p*). A chacun de ces niveaux, nous avons utilisé trois degrés de cautérisation, produisant des escarres de diamètres approximatifs 1/5, 1/7 et 1/12 de la longueur L du germe.

| Age de la blastule.... | 15 h. | | | 18 h. | | | 24 h. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Niveau de la brûlure........ | 1/4 *a*. | 1/2 L. | 1/4 *p*. | 1/4 *a*. | 1/2 L. | 1/4 *p*. | 1/4 *a*. | 1/2 L. | 1/4 *p*. |
| Brûlure de diamètre 1/5 L (%). | 80 | 40 | 80 | 55 | 10 | 45 | 2 à 3 | 0 | 1 à 2 |
| » 1/7 L (%). | 90 | 60 | 90 | 80 | 50 | 70 | 60 | 0 | 50 |
| » 1/12 L(%). | 95-100 | 80 | 90-100 | 90 | 70 | 90 | 80 | 40 | 70 |

Les chiffres % indiquent le nombre approximatif de larves obtenues avec un ectoderme complet, sur 100 germes opérés

Nous voyons que, pendant toute la durée du stade blastule, l'ectoblaste apparaît capable de régulation, puisque, malgré la suppression de plages ectoblastiques d'étendue parfois assez considérable, on peut obtenir ultérieurement des larves à ectoderme complet.

A chaque âge de blastule, le pouvoir de régulation est minimum dans la région médiane du germe (région prothoracique présomptive), et plus élevé vers les pôles.

Le pouvoir de réparer un même type de brûlure diminue quand l'âge de la blastule augmente; la diminution est d'autant plus rapide que la surface brûlée est plus grande.

Lorsqu'il n'y a pas eu régulation, les défauts ectodermiques que présentent les larves à l'éclosion sont variables suivant l'âge auquel le germe avait été brûlé; pour un même niveau d'opération et un même type de brûlure, les défauts sont d'autant plus importants que la blastule opérée était plus âgée, mais ils sont toujours centrés au même endroit par rapport à l'anatomie générale de la larve.

L'étude des défauts consécutifs aux différentes brûlures nous a montré que l'ectoblaste de la blastule est déterminé régionalement.

---

([1]) Avec une légère restriction : le bord dorsal des plaques latérales contribue à la formation des annexes embryonnaires.

II. *Jeune gastrule* : les plaques latérales de la jeune gastrule s'avèrent capables de réparer des brûlures de très faible diamétre (inférieur à 1/20 L) effectuées dans la région des lobes procéphaliques ou vers l'extrémité abdominale présomptive. Dans le gnathos et la majeure partie de l'abdomen le pourcentage des régulations pour des brûlures identiques est très faible (moins de 5 % des cas). Dans le prothorax présomptif, la régulation est nulle.

De très petites brûlures effectuées tout à fait en bordure de l'ectoblaste gnathal présomptif (du côté de l'endomésoblaste) nous ont fourni, par suite de fissures provoquées dans l'ectoblaste, 2 cas frappants de duplicature mandibulaire, chaque mandibule du côté dédoublé étant d'une taille très supérieure à la moitié de la taille normale.

*Conclusions* : L'ectoblaste du germe de *Leptinotarsa* apparaît doué d'un pouvoir de régulation non négligeable : ce pouvoir de régulation diminue au fur et à mesure que l'âge du germe augmente, pour devenir pratiquement nul dans la région prothoracique présomptive (mais non pas en avant ou en arrière) au moment de la gastrulation.

L'ectoblaste de la blastule apparaît constitué par un ensemble de blastèmes déterminés qui « s'entrepénètrent », chaque blastème étant capable de régulation ([2]). L'interpénétration de ces blastèmes doit diminuer quand l'âge du germe augmente, mais, même chez la jeune gastrule, l'ectoblaste n'est pas encore une mosaïque d'ébauches présomptives à limites spatiales irrévocablement fixées.

BIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des groupes sanguins des moutons.* Note de MM. **Dujarric de la Rivière, André Eyquem** et **Pierre Millot**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Une étude systématique des iso-agglutinines naturelles ou obtenues après immunisation a permis de constater la *grande complexité* des groupes sanguins existant chez les *ovins* et les *caprins*; de plus, entre ces deux espèces animales, on met en évidence des différences antigéniques importantes à l'aide d'anticorps interspécifiques normaux ou hyperimmuns.

Poursuivant l'étude des groupes sanguins des animaux, nous avons, comme plusieurs auteurs l'avaient fait avant nous, cherché à établir, à l'aide des iso-agglutinines naturelles, une classification des groupes sanguins des ovins et des caprins.

L'examen de plus de 200 moutons nous a permis de constater l'existence d'un certain nombre de groupes sanguins dépendant de la combinaison de plusieurs antigènes globulaires dont l'étude est rendue difficile par le faible titre des iso-agglutinines.

---

([2]) *Voir* également : A. Haget, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1949, p. 413.

Par analogie avec ce qui existe pour les groupes sanguins des chevaux, des ânes et des mulets, ainsi que pour ceux du lapin et du lièvre, nous avons pensé que l'étude des hétéro-agglutinines entre ovins et caprins permettrait d'établir des différences sérologiques plus précises. L'examen des réactions d'hétéro-agglutination entre ovins et caprins nous a montré l'existence de sérums de mouton agglutinant les globules rouges de chèvre et de sérums de chèvre agglutinant les globules rouges de mouton.

Ces hétéro-agglutinines naturelles n'ayant qu'un titre relativement faible, nous avons été conduits à pratiquer des inter-immunisations entre ovins et caprins. Les injections répétées de mélange de sangs de chèvre à des moutons, et inversement, nous ont fourni des immun-hétéro-agglutinines d'un titre 8 à 32 fois plus élevé que celui des hétéro-agglutinines naturelles.

L'examen du sérum des animaux immunisés nous a révélé l'apparition d'anticorps incomplets, mis en évidence par la réaction de Coombs indirecte.

Mais à l'aide de titrages comparatifs ou d'adsorption, il n'a pas été possible, grâce à ces agglutinines, d'établir de différences significatives entre les globules rouges des différents moutons.

L'iso-immunisation de 5 brebis avec le sang d'un bélier a permis d'obtenir, chez 3 d'entre elles, des iso-immun-agglutinines dont l'adsorption ménagée peut permettre de classer les moutons en différents groupes antigéniques.

Ayant eu l'occasion, au cours de ces dernières expériences, de voir une des brebis iso-immunisée mettre bas un agneau atteint d'anasarque avec érythroblastose, nous avons été amenés à étudier le comportement des jeunes agneaux pendant la vie intra-utérine et l'allaitement lorsque la mère est une brebis iso-immunisée.

On peut, dès maintenant, penser que les techniques d'immunisation croisée et d'adsorption ménagée, permettront de préparer des immun-sérums qui seront d'un titre élevé et qui correspondront aux différents antigènes du mouton. Lorsque ce résultat sera acquis, il deviendra possible d'étudier, du point de vue statistique, la répartition des antigènes principaux dans des populations ovines distinctes et, plus tard, de suivre génétiquement la transmission des caractères sanguins.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur deux cas d'obtention de régénérat surnuméraire chez le Lombricien* Allolobophora terrestris *Savigny f.* typica. Note de M. **Jean Michon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de mes expériences effectuées sur de très nombreux individus d'*Allolobophora terrestris* Savigny f. *typica*, en vue d'obtenir la régéné-

ration caudale après diapause indispensable ([1]), mais réalisable à volonté expérimentalement par dessiccation progressive et ménagée du milieu ([2]), j'ai observé deux cas exceptionnels correspondant à deux anomalies de régénération.

Un individu A, sectionné immédiatement en arrière du 77ᵉ segment, a produit, au niveau de la section, non seulement le régénérat normal, reconstituant la partie caudale amputée dans le prolongement de la souche, mais encore un régénérat surnuméraire. Celui-ci, perpendiculaire à l'axe du corps et situé du côté droit, était constitué par cinq segments nettement délimités et porteurs de soies normales. Il était rétractile, extrêmement sensible à l'excitation mécanique ou lumineuse et muni d'une fente allongée à son extrémité libre. Apparu sous la forme d'une simple saillie latérale, il n'évolua que six mois après la fin de la diapause, à une époque où le régénérat normal atteignait déjà 3,5 cm de long. Après réalisation des caractéristiques ci-dessus, il ne présenta aucun changement pendant les dix mois d'élevage qui suivirent, au cours desquels s'acheva la régénération caudale normale et se manifesta une sexualité typique, apparition du clitellum, production de cocons après réunion avec un autre individu B.

La dissection révéla deux anomalies de structure : la chaîne nerveuse émettait un diverticule très net de plusieurs millimètres de longueur, et de même grosseur qu'elle, mais sans différenciation ganglionnaire visible. Ce tronçon lui était perpendiculaire et se dirigeait dans l'axe du régénérat surnuméraire, s'enfonçant dans les tissus. Le tube digestif était dévié, au niveau du régénérat latéral et venait s'aboucher à l'extrémité de celui-ci, pour reprendre ensuite sa direction normale dans l'axe du corps, décrivant ainsi une sorte de V à pointe latérale et extérieure.

Un second individu B, sectionné en arrière du 143ᵉ segment, présenta lui aussi une double régénération au point de section. Mais la durée du stade d'indifférenciation ne fut que de trois mois et le régénérat surnuméraire se montra dépourvu de soies et de rétractilité. A la dissection, la chaîne nerveuse et le tube digestif ne présentèrent ici aucune particularité.

Ces faits nouveaux montrent la possibilité de faire apparaître, chez *Allolobophora terrestris* Savigny f *typica*, en un même point, deux régénérats au lieu d'un seul, ce qui révèle l'existence, chez ce Lombricien, de potentialités que l'on peut appeler « totales », en comparaison des potentialités « exprimées » se manifestant dans la régénération simple normale, comme cela existe chez d'autres animaux, ainsi que dans certains développements embryonnaires. La cause déterminante de cette hyperrégénération doit

---

([1]) M. Abeloos et M. Avel, *C. R. Soc. Biol.*, **99**, 1928, p. 737.

([2]) J. Michon, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1455.

être le traumatisme entraînant un fractionnement du blastème de régénération en deux parties, à potentialités inégales, l'une reconstituant un organe typique, l'extrémité caudale amputée, l'autre aboutissant à un régénérat atypique, sans équivalent dans l'organisme normal. Les formations surnuméraires obtenues ne peuvent être assimilées, en effet, ni à une queue, ni encore moins à une tête, tandis que les régénérats normaux développés à partir d'une section pratiquée, soit un peu en arrière de la moitié du corps chez A, soit dans le tiers postérieur chez B, dans les deux cas à une grande distance du « territoire-tête », dans la région à potentialité caudale, ont reconstitué une extrémité postérieure typique.

Ces deux régénérations incomplètes le sont d'ailleurs à des degrés différents, le caractère inachevé de la différenciation étant beaucoup plus accentué chez B que chez A. Il semble y avoir à cela deux raisons : différence de niveaux des sections, amorce d'une action stimulante de la chaîne nerveuse dans le cas où elle a produit un diverticule propre au régénérat surnuméraire.

Elles présentent par contre, un caractère commun, leur orientation perpendiculaire à l'axe du corps qui est celui du régénérat normal. Il y a eu, au même point, développement de deux formations selon des axes perpendiculaires, ce qui a abouti à une désorientation du régénérat surnuméraire par rapport à l'ensemble souche-régénérat normal et à une opposition de deux polarités.

L'importance de ces considérations et des comparaisons qu'elles permettent avec des régénérations atypiques ou des hyperrégénérations décrites chez d'autres Annélides et d'autres animaux appartenant à des groupes divers, souligne l'intérêt des résultats obtenus en ce qui concerne les problèmes généraux de la morphogenèse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de l'acide α-aminoadipique dans l'urine.* Note (*) de MM. **Paul Boulanger** et **Gérard Biserte**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'acide α-aminodipidique a été identifié dans les urines humaines normales par chromatographie sur papier bidimensionnelle; l'origine *in vivo* a été précisée chez le Cobaye par élimination provoquée par ingestion de L-lysine.

Au cours de l'étude des amino-acides des urines humaines normales et pathologiques, nous avons eu l'occasion de constater assez fréquement (environ une fois sur trois) sur les chromatogrammes bidimensionnels, la présence d'une tache anormale au voisinage de celle de l'acide glutamique.

(*) Séance du 2 avril 1951.

D'après la règle des séries homologues de Polson ([1]), il était logique d'envisager que cette tache correspondait à l'homologue supérieur de l'acide glutamique, c'est-à-dire à l'acide α-aminoadipique. Dans un premier temps, nous avons donc précisé le comportement chromatographique de cet amino-acide dans les systèmes solvants que nous utilisons habituellement : butanol-acide acétique et phénol ($NH_3$ 3 %) ([2]). L'acide α-aminodipidique, préparé par synthèse suivant la technique de Sörensen modifiée par Borsoök et coll. (*loc. cit.*), se sépare assez facilement de l'acide glutamique sur nos chromatogrammes, ainsi qu'il ressort des chiffres ci-dessous.

| | $R_F$ butanol/acide acétique. | $R_F$ phénol ($NH_3$ 3 %). |
|---|---|---|
| acide aspartique | 0,14 | 0,10 |
| acide glutamique | 0,19 | 0,19 |
| acide α-aminoadipique | 0,235 | 0,22 |

D'après ces valeurs de $R_F$, il est possible d'affirmer que la tache anormale correspond bien à l'acide α-aminoadipique.

Nous avons ensuite essayé de déterminer l'origine de cet amino-acide : Borsook et coll. ([3]) ont en effet démontré que la lysine pouvait être convertie *in vitro* en acide α-aminoadipique par un homogénat de foie de Cobaye. Aussi avons-nous étudié en chromatographie bidimensionnelle les urines de cobayes ayant reçu *per os* une dose importante de L-lysine (1 g par jour). Dans une première série d'essais, les urines ont été chromatographiées après simple déminéralisation préalable sur colonne de résine à échange de cations; mais lorsqu'on opère ainsi, la quantité importante de lysine éliminée par le cobaye trouble le comportement chromatographique de tous les autres amino-acides et ne permet pas une identification certaine de l'acide α-aminoadipique. Il nous a semblé préférable, dans une seconde série d'essais, de séparer le groupe des acides aminés dicarboxyliques au moyen d'une résine à échange d'anions (*Déacidite*). Le développement à l'acide acétique M/10 permet de déplacer d'abord l'acide α-aminoadipique, puis l'acide glutamique, en excluant donc pratiquement tous les autres amino-acides.

L'étude des chromatogrammes obtenus dans ces conditions permet alors de suivre l'apparition de l'acide α-aminoadipique dans les urines de cobayes après administration de lysine, les urines primitives en étant complètement exemptes. La possibilité d'une dégradation bactérienne dans l'urine après son émission a été éliminée grâce au résultat négatif obtenu en ajoutant directement de la lysine dans le récipient à prélèvement et en laissant en contact pendant 24 heures.

---

([1]) *Biochim., Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 206.

([2]) Borsook et coll., *Journ. biol. Chem.*, 176. 1948, p. 1383; Polson, *loc. cit.*, Bergstrom et Paabo, *Acta Chem Scandin.*, 3, 1949, p. 202, ont donné les valeurs de $R_F$ de l'acide α-aminoadipique dans d'autres systèmes solvants.

([3]) *J. Biol. Chem.*, **173**, 1948, p. 423.

La formation *in vivo* de l'acide $\alpha$-aminoadipique à partir de la lysine se trouve donc confirmée et la première étape du schéma de dégradation de la lysine proposé par Neuberger et par Borsook est certainement valable pour l'organisme intact.

BIOLOGIE BACTÉRIENNE. — *Action réciproque excitatrice de croissance de cellules bactériennes contiguës préalablement exposées aux rayons ultraviolets puis à la lumière visible.* Note (*) de M[lle] **Berthe Delaporte**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans de petits amas de cellules bactériennes irradiées par les rayons ultraviolets puis éclairées et mises à l'obscurité à l'étuve, toutes les cellules poussent en même temps si l'une d'elles vient à se développer; la probabilité de développement de tout l'amas est égale à celle pour qu'au moins une cellule de l'amas pousse. La restauration est ainsi augmentée.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que des cellules d'*Escherichia coli* souche B, étalées sur gélose ordinaire en boîte de Petri, puis irradiées par les rayons ultraviolets et mises aussitôt après à l'obscurité, donnaient un pourcentage inusité de cellules capables de croissance; ces dernières sont principalement celles groupées en petits amas de 2 à 5 ou plus : toutes les cellules de ces amas poussent alors simultanément. L'étude statistique de ces observations nous avait amenée à la conclusion que le début de croissance d'une cellule était la cause de la croissance *simultanée* de toutes les cellules de cet amas.

Nous exposerons ici ce qu'on observe lorsque l'expérience est faite suivant le même protocole, mais en exposant les boîtes de Petri, sitôt après l'irradiation, pendant 30 à 60 minutes à une lumière blanche intense avant de les placer à l'obscurité à l'étuve à 37°. Les préparations ont été faites de même après une heure d'étuve.

On observe, alors, un résultat tout à fait comparable : dans un amas, ou bien aucune cellule ne pousse, ou bien toutes poussent simultanément. Mais il y a cependant une différence importante.

Dans notre expérience, où les boîtes de Petri avaient été exposées durant 45 minutes à une lumière intense, la réactivation due à la lumière a porté à 26 % le nombre des cellules isolées se développant (2,8 % sans lumière), soit une fréquence 9,3 fois plus grande ([2]).

La différence consiste en ce que l'hypothèse n° 1 de notre précédente

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1378.

([2]) M. Pierre Delaporte a fait l'étude de statistique mathématique concernant ce problème.

Note, que nous avions dû rejeter dans l'expérience réalisée entièrement à l'obscurité, ne peut pas être statistiquement rejetée ici : la fréquence des amas dans lesquels au moins une cellule pousse ne s'est pas montrée statistiquement différente de la probabilité calculée d'après la fréquence des cellules qui poussent parmi celles qui sont isolées. Si cette dernière fréquence est $f$, la probabilité qu'au moins une cellule pousse dans un amas de $k$ cellules est $1-(1-f)^k$; elle est statistiquement acceptable.

Parmi 313 amas contenant 2 à 37 cellules nous n'en avons observé *aucun* dont les cellules ne soient ou toutes poussées ou toutes non développées. Ce résultat est statistiquement tout à fait incompatible avec l'hypothèse selon laquelle, dans un amas, les croissances des cellules seraient indépendantes entre elles.

En résumé : qu'il y ait eu ou non éclairement avant la mise à l'étuve à l'obscurité, on constate que le développement d'une cellule d'un amas provoque le développement simultané de toutes les autres cellules de l'amas. S'il y a eu éclairement, la probabilité qu'au moins une des cellules de l'amas se développe est celle que le calcul des probabilités ferait prévoir d'après la probabilité de développement d'une cellule isolée. Au contraire, s'il n'y a pas eu éclairement, la probabilité de développement d'au moins une cellule de l'amas est très supérieure à celle qui serait obtenue d'après la fréquence observée sur les cellules isolées. *Tout se passe comme si, lorsqu'il n'y a eu qu'obscurité, un échange entre cellules d'un amas favorisait grandement la croissance; au contraire, l'éclairement fournit à toutes les cellules, isolées ou en amas, ce qui manquait pour pousser aux cellules isolées de l'expérience faite à l'obscurité.*

En quoi consiste cette action réciproque ? Les expériences que nous allons entreprendre le montreront peut-être. Il semble que ce ne soit pas l'action de la catalase puisque cet enzyme se montre actif sur la couche K 12 [Monod, Torriani et Jolit ([3])] et non sur les souches B et B/*r* [Latarjet ([4])]. Les cellules en amas sont généralement si serrées l'une contre l'autre qu'elles semblent écrasées, comprimées, dans la partie où elles se touchent, de telle sorte que les « noyaux » des cellules sont anormalement proches, les membranes cellulaires n'y sont d'ordinaire pas distinguables et les parties cytoplasmiques sont réduites à presque rien. Il pourrait intervenir à ce moment un échange entre les cellules, qui permettrait à des cellules, trop lésées par les rayons ultraviolets pour pouvoir se développer si elles étaient isolées, de pousser en même temps que leurs voisines. Pourrait-on voir là une fusion bactérienne telle que celle postulée par certains auteurs ? Nous devons cependant faire remarquer que nous avons toujours vu distinc-

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 557-559.
([4]) Communication orale, 19 février 1951.

tement un étroit espace de cytoplasme séparant les éléments nucléaires de deux cellules contiguës; jamais les deux substances nucléaires n'ont semblé fusionner.

Une autre remarque à faire est que les colonies qui se développeraient ainsi auraient une probabilité beaucoup plus grande qu'on ne s'y attendrait d'avoir une origine pluricellulaire plutôt que monocellulaire, et auraient donc une constitution hétérogène.

TOXICOLOGIE. — *Utilisation en toxicologie de la radioactivité provoquée de l'arsenic, pour la détection et l'étude de la répartition de cet élément dans les cheveux.* Note (*) de MM. **Henri Griffon** et **Jean Barbaud**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Au cours de l'intoxication arsenicale, l'arsenic s'intègre à la substance même des phanères, notamment des cheveux, au fur et à mesure de leur croissance, et leur analyse, ainsi que L. van Itallie l'a montré, constitue un important élément d'appréciation pour le diagnostic et la fixation du début de l'intoxication ([1]).

Les procédés actuellement utilisés pour ces déterminations ([2]) et ([3]) impliquent la destruction de la substance du cheveu, ou sa dénaturation. Par ailleurs, l'étude de la localisation quantitative ne peut se faire que sur des portions de cheveux assez importantes de plusieurs millimètres couvrant chacune au minimum 3 à 4 semaines de croissance ([4]).

Nous avons pensé effectuer la détection et la localisation de l'arsenic existant dans les cheveux en proportions anormales, comme cela se produit au cours des intoxications, à l'aide d'une méthode conservant l'intégrité de la substance et permettant d'effectuer des mesures d'une manière continue sur toute la longueur du cheveu

Le procédé adopté consiste à rendre radioactif artificiellement l'arsenic contenu dans la substance même du cheveu, par exposition de celui-ci dans un flux de neutrons thermiques. L'analyse ultérieure du rayonnement émis par le cheveu, permet, d'une part, d'identifier l'élément par la mesure de sa période, et, d'autre part, d'en déterminer la localisation en fonction de la longueur du cheveu. Cette seconde opération est représentée graphiquement en portant en abscisses la traduction millimétrique de la longueur du cheveu, et en ordon-

(*) Séance du 2 avril 1951.

([1]) *Journ. Pharm. Chim.*, 25, 1937, p. 97-101 et 26, 1937, p. 289-292.

([2]) J. Cribier, *Thèse Doct. Univ.*, Paris, 1921 et *Journ. Pharm. et Chim.*, 24, 1921, p. 241.

([3]) F. Thomas, M. Segruyns et B.-V.-J. Cuvelier-Blyau, *Ann. Méd. lég.*, 26, 1946, p. 67-78.

([4]) La croissance moyenne des cheveux est de l'ordre de 15 mm par mois.

nées les valeurs de l'activité acquise mesurée au compteur de Geiger pour chaque élément de longueur choisi (nombre d'impulsions par minute).

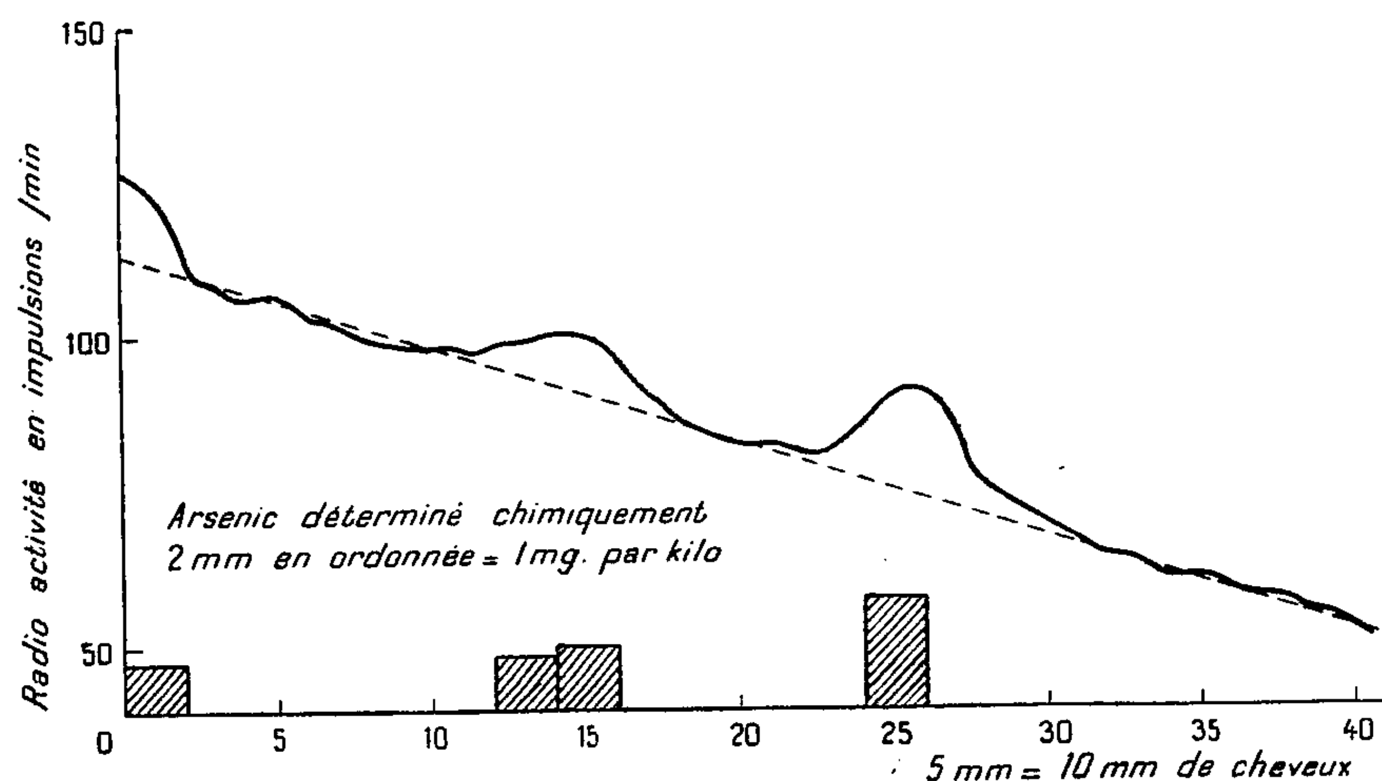
Cependant, au cours de l'exposition des cheveux aux neutrons, les éléments minéraux préexistants, notamment Na, S et As, sont naturellement rendus radioactifs. Cette radioactivité, pour les cheveux normaux, s'exprime sur le graphique par une droite, comme il était facile de le prévoir en raison de l'homogénéité de la composition minérale du cheveu. Cette droite s'incline sur la ligne des abscisses, en raison de la décroissance pondérale des mèches de cheveux, par unité de longueur, de la racine à l'extrémité libre.

La présence d'*arsenic en proportions anormales* se traduit par des *ondulations* de la courbe s'établissant à un niveau supérieur aux portions de la droite correspondant aux minéraux préexistants. Leur longueur indique la durée de l'imprégnation arsenicale du cheveu au niveau considéré.

*Technique.* — La mèche de cheveux prélevée et nettoyée comme il sera dit dans un article détaillé ultérieur, est maintenue par des ligatures de fil blanc tous les centimètres environ, puis placée pendant huit jours dans un flux de neutrons déterminé de la pile atomique de Châtillon.

Les mesures de l'activité sont effectuées au compteur de Geiger linéairement sur la mèche tous les 2 mm. Une protection de plomb élimine le rayonnement dû aux fractions non étudiées.

Les impulsions sont exprimées par minute pour chaque fraction de mèche. L'étude de la décroissance de l'activité dans les portions de la courbe présentant des ondulations, permet de vérifier que celles-ci sont bien dues à l'arsenic (période : 26 h 8).




*Exemple.* — Le graphique choisi met en évidence plusieurs zones d'imprégnation arsenicale des cheveux étudiés, l'ensemble pouvant répondre à une intoxication légère entretenue.

La courbe de radioactivité provoquée est accompagnée des résultats de l'analyse chimique effectuée sur des fractions de cheveux de 2 cm. La concordance est parfaite entre les résultats des deux méthodes. Cependant les courbes obtenues par la mesure de la radioactivité provoquée mettent en évidence d'une manière continue les fluctuations de l'imprégnation arsenicale des cheveux en fonction de leur longueur et par conséquent de la durée de croissance.

*Conclusions.* — La technique décrite présente les caractéristiques suivantes : détection d'un élément minéral contenu dans une matière biologique sans destruction de celle-ci, reproductibilité des mesures, spécificité, possibilité de localisation de l'arsenic pratiquement continue, en fonction de la longueur et partant, de la durée de croissance des cheveux.

En outre l'arsenic normal des cheveux, qui compte comme élément minéral de constitution, n'est pas susceptible par conséquent d'être décelé par cette technique, qui met seulement en évidence qualitativement l'arsenic anormal.

L'ensemble de ces caractéristiques présente, outre la nouveauté, un avantage certain sur les techniques chimiques ou histochimiques utilisées jusqu'alors. Cette méthode est susceptible de servir à l'étude des questions toxicologiques relatives, notamment, à la date d'absorption du toxique et à l'évolution de l'imprégnation par celui-ci, dans les empoisonnements arsenicaux.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action comparée de la Terramycine et de l'Auréomycine sur les Toxoplasmoses.* Note de MM. **Paul Giroud** et **Jean-A. Gaillard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Utilisant la technique des inoculations intradermiques, au Lapin, de suspensions de toxoplasmes, l'action comparée de la Terramycine et de l'Auréomycine a pu être étudiée. Tandis que ce dernier antibiotique n'exerce qu'une action ralentissante sur l'infection, la Terramycine la bloque complètement et permet la survie des animaux.

Ayant eu à nous occuper de fièvres exanthématiques dont nous avons pu prouver l'origine toxoplasmique ([1]), nous avons été amenés à faire des essais chimiothérapiques concernant ces protozoaires.

Utilisant le fait démontré par Sabin ([2]) que les toxoplasmes, injectés dans le derme, provoquent des réactions locales proportionnelles aux doses injectées, nous avons voulu comparer l'activité de deux antibiotiques : l'*auréomycine*, dont W. A. Summers ([3]) a déjà étudié l'action dans la toxoplasmose de la Souris, et la *terramycine*.

Cette technique d'inoculation dermique permet, d'une part, de voir la

---

([1]) P. Giroud et A. Grjebine, *Bull. Soc. path. exot.*, 44, 1951, p. 54.

([2]) A. B. Sabin et I. Ruckman, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 51, 1942, p. 1.

([3]) *Amer. J. Trop. Med.*, 29, 1949, p. 889.

diffusion d'un produit dans l'organisme et, d'autre part, de juger son action locale sur des doses déterminées de produits virulents.

Des lapins de 2 kg environ, dont les flancs sont tondus, reçoivent, dans la peau, trois ou quatre dilutions d'une suspension de toxoplasmes. Cette suspension est obtenue au moyen de l'exsudat du péritoine de souris infectée par la même voie, soit par inoculation d'ascite, soit par inoculation de broyat de cerveau d'une autre souris. On prélève donc, au 5e jour de maladie, 0,3 $cm^3$ d'exsudat péritonéal; on y ajoute 2,7 $cm^3$ d'eau physiologique à 8,5 °/₀₀. Cette suspension au 1/10e sert à préparer des suspensions au 1/20e et au 1/40e; on injecte dans le derme des lapins 1/10e de centimètre cube de chacune des suspensions.

Nos résultats ont été les suivants :

*Animaux témoins.* — Ils présentent des réactions locales très intenses (au 3e jour apparaissent des nodules qui évoluent vers la nécrose); ils meurent au 7e-8e jour et l'autopsie montre des lésions importantes du foie, de la rate, du cerveau, avec de nombreux toxoplasmes.

*Auréomycine.* — Avec les lapins traités par l'auréomycine diluée dans l'eau bidistillée (doses variant entre 50 et 100 mg : kg : jour), par voie intramusculaire ou sous-cutanée, on rencontre des lésions moindres, mais une évolution comparable à celle des animaux témoins, quoique un peu retardée.

*Terramycine.* — Par contre, avec la terramycine à la dose de 100 mg : kg : jour, les réactions apparaissent tardivement et leur volume est peu important. Si l'on fait des dilutions plus élevées, les réactions, à partir du 1/160e et du 1/320e, sont nulles. D'autre part, si l'on suspend le traitement au bout de trois jours, les animaux qui ont reçu de la terramycine survivent, tandis que les lapins auréomycinés de 100 mg : kg : jour, ou témoins, meurent le 8e jour. *Voir* le tableau ci-contre.

Cette évaluation du volume des nodules constatés montre la différence considérable entre les réactions des animaux témoins ou traités, et entre les animaux traités par l'auréomycine et ceux traités par la terramycine.

En outre, tous les nodules des témoins et des lapins traités par l'auréomycine étaient ulcérés, tandis que ceux des animaux traités par la terramycine étaient indemnes d'ulcération. Ces animaux présentant une survie pratiquement illimitée, on a pu se rendre compte que leurs nodules guérissaient ou se sclérosaient, ce qui était prévisible histologiquement par l'étude des nodules prélevés au 5e jour. En effet, le contrôle anatomique des réactions locales a montré des lésions inflammatoires et de nécrose très importantes chez les témoins, lésions évoluant vers la nécrose, et contenant de nombreux toxoplasmes intra-cellulaires et extra-cellulaires, tandis que chez les animaux traités par la terramycine, les lésions anatomiques se résument à quelques foyers inflammatoires histio-monocytaires centrés autour des

vaisseaux du derme et dans lesquels les toxoplasmes sont très rares et toujours dans des vacuoles à l'intérieur de macrophages.

*Comparaison des volumes des nodules des traités ou non.*

Lapin H. 497 : animal témoin.

| | Volume au 5e jour. | Volume au 7e jour. | |
|---|---|---|---|
| Suspension au 1/10 | 128 | 277,5 | Nécrose |
| » 1/20 | | Nodule prélevé au 5e jour | |
| » 1/40 | 205 | 1200 | Nécrose |

Lapin H. 495 : traité par l'auréomycine.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suspension au 1/10 | 25 | 30 | Nécrose |
| » 1/20 | | Nodule prélevé au 5e jour | |
| » 1/40 | 40,5 | 150 | Nécrose |

Mort au 8e jour.

Lapin H. 498 : traité par la terramycine.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suspension au 1/10 | 18 | 20 | Cicatrisation |
| » 1/20 | | Nodule prélevé au 5e jour | |
| » 1/40 | 3 | 7 | Cicatrisation |

Survie.

*Conclusions.* — L'auréomycine n'a occasionné qu'un ralentissement dans l'évolution de la maladie, tandis que la terramycine a non seulement bloqué l'évolution des nodules cutanés, mais encore empêché la dissémination de l'agent infectant et permis la survie des animaux (ceux-ci étant encore vivants un mois après l'expérience). L'action à distance de cet antibiotique sur une dose contrôlée de produit virulent est établie. Il semble bien que la terramycine soit, à l'heure actuelle, l'antibiotique de choix à utiliser dans l'infection à toxoplasmes.

La séance est levée à 15 h 45 m.

L. B.

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 5 février 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Bernard Jaoul*, Sur les contraintes transversales se développant au cours d'essais de traction :

Page 478, 3e ligne en remontant, *au lieu de* $\tau = 0{,}47\sigma_p$, *lire* $\tau = 0{,}66\sigma_p$.
» 479, 2e ligne, *au lieu de* $\tau = 0{,}66\sigma_c$, *lire* $\tau = 0{,}47\sigma_c$.

(*Comptes rendus* du 5 mars 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Hagenmuller*, Détermination du coefficient d'activité d'une solution saturée d'un électrolyte fort, peu soluble, par des mesures de solubilité :

Page 971, 7e ligne, *au lieu de* $a = 2{,}45$ Å, *lire* $a = 0{,}45$ Å.

(*Comptes rendus* du 12 mars 1951.)

Note présentée le 5 mars 1951, de MM. *René de Mallemann*, *François Suhner* et *Jean Grange*, Révision des pouvoirs rotatoires magnétiques des principaux gaz :

Page 1050, 1re ligne du tableau, *au lieu de*

$H_2$............. 424

*lire*

$H_2$............. 474

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 16 AVRIL 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'il vient d'apprendre le décès de M. **Aimé Cotton**, survenu à Sèvres, le 15 avril. La Notice d'usage n'ayant pas pu être rédigée, sera lue ultérieurement.

La séance est levée en signe de deuil.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle du glutathion dans la synthèse de la taurine par le foie.* Note (*) de MM. **Léon Binet**, **Jacques Pettavel** et **Georges Wellers**.

On sait que, dans le cycle entérohépatique des acides biliaires, une quantité de ces acides estimée à environ 10 % est détruite à chaque cycle. La synthèse de l'acide taurocholique se produit dans le foie par union d'une molécule de taurine à une molécule d'acide cholique. La quantité disponible d'acide cholique joue pour cette synthèse le rôle de facteur limitant, car dans des conditions normales de vie et de régime, l'organisme dispose toujours de taurine en quantité suffisante. L'hypothèse classique est d'admettre que la taurine provient de la cystine contenue dans la nourriture ou de celle présente dans les protéines du corps. Or de nombreuses recherches permettent d'affirmer qu'il n'y a jamais de cystéine ou de cystine libres dans les tissus animaux. Notre hypothèse de travail veut que la cystéine et la cystine nécessaires à la synthèse de la taurine provienne du glutathion.

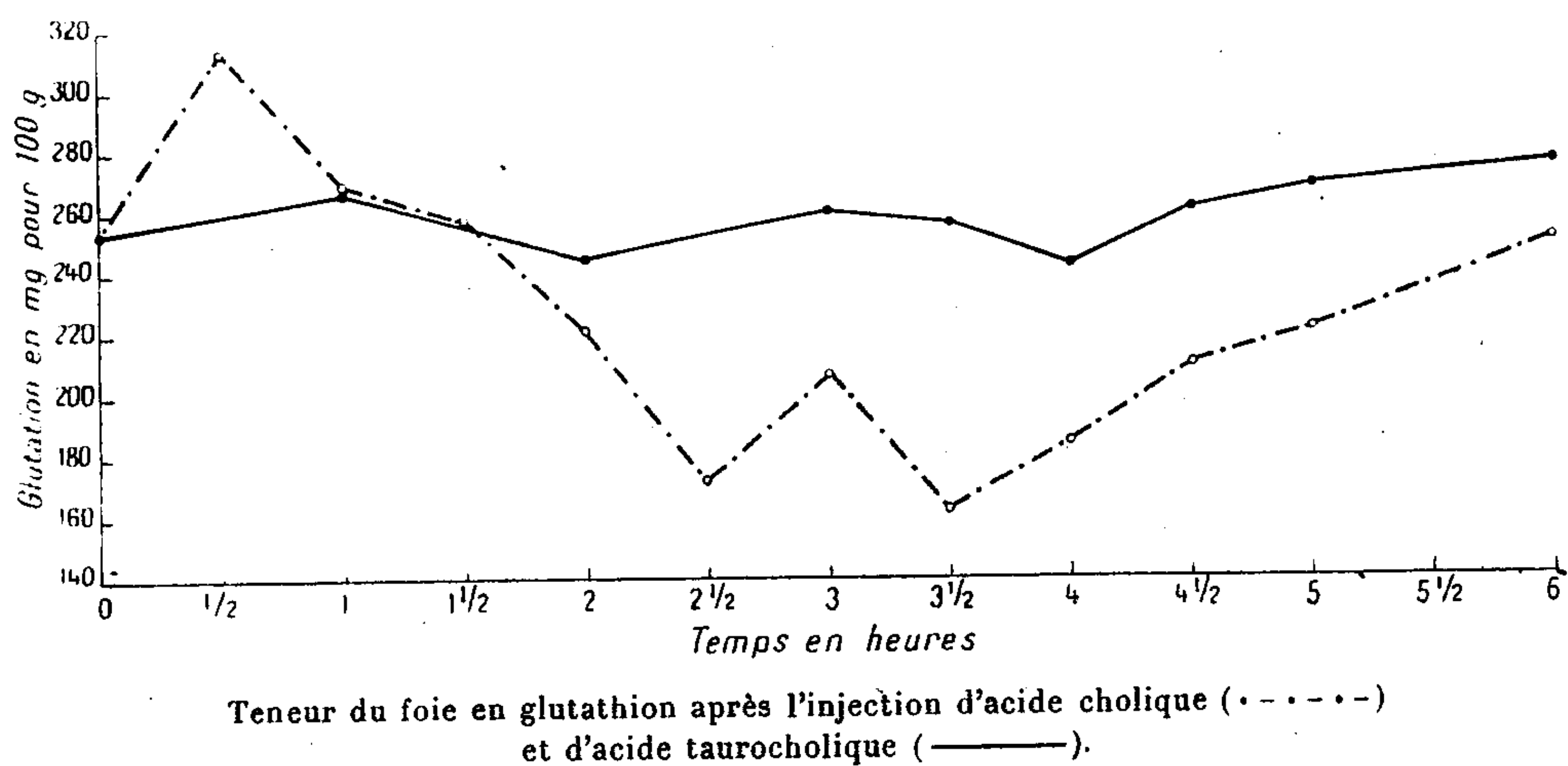
Différents auteurs ([1]) ont montré que si l'on injectait une forte dose d'acide cholique à un animal dont la bile contient normalement de l'acide taurocholique, cet animal conjugue l'acide cholique à de la taurine pour l'excréter sous forme d'acide taurocholique. Partant de ce fait, nous avons postulé

(*) Séance du 19 mars 1951.

([1]) B. Josephson, *Phys. Rev.*, 21, 1941, p. 463.

que si la quantité d'acide cholique injectée était assez forte, l'animal devrait faire appel à son glutathion pour synthétiser la quantité nécessaire de taurine une fois ses réserves de taurine épuisées. Si notre hypothèse était exacte, le taux hépatique du glutathion devrait donc accuser une baisse manifeste après une injection importante d'acide cholique. Cette baisse devrait, de plus, être spécifique au parenchyme hépatique et ne pas se reproduire à l'injection d'acide taurocholique.

Nous avons utilisé pour nos expériences des rats albinos adultes, de poids variant entre 125 et 300g. Nous leur avons injecté par voie intra-péritonéale une quantité uniforme d'acide cholique correspondant à 200 mg/kg. Nous avons administré à une seconde série de rats la même quantité d'acide taurocholique. Ces animaux furent sacrifiés par saignée à des délais variant de 30 minutes à 6 heures après l'injection. L'effet de l'acide cholique a été étudié sur 43 animaux, celui de l'acide taurocholique sur 30 animaux. Nous avons dosé la fraction oxydée et la fraction réduite du glutathion dans le foie, la rate, le rein, le muscle et le sang de l'animal. Nous avons employé pour ce dosage la méthode (décrite par Léon Binet et Georges Wellers) ([2]), de précipitation du glutathion par le lactate de cadmium suivie d'un dosage iodométrique.




Teneur du foie en glutathion après l'injection d'acide cholique (• - - • - • -) et d'acide taurocholique (————).

Le rapport de la quantité de glutathion se trouvant sous la forme oxydée à celle se trouvant sous la forme réduite n'a pas présenté de variations significatives du début à la fin de l'expérience. Nous avons trouvé pour le foie les quantités suivantes de glutathion « total » (somme des fractions oxydée et réduite).

---

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 830 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **16**, 1934, p. 1284.

*Taux du glutathion hépatique après injection d'acides biliaires.*

| Temps (en heures). | GT (en mg %). Acide cholique. | GT (en mg %). Acide taurocholique. | Temps (en heures). | GT (en mg %). Acide cholique. | GT (en mg %). Acide taurocholique. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0........ | 253,2 | 253,2 | 3,30..... | 163,5 | 256,1 |
| 0,30..... | 312,7 | – | 4........ | 185,4 | 243,2 |
| 1........ | 268,3 | 266,8 | 4,30..... | 210,5 | 261,1 |
| 1,30..... | 257,6 | – | 5........ | 221,5 | 268,2 |
| 2........ | 221,5 | 244,7 | 5,30..... | – | – |
| 2,30..... | 172,5 | – | 6........ | 251,1 | 277,4 |
| 3........ | 206,9 | 260,6 | | | |

On voit ainsi que l'injection de doses considérables d'acide cholique s'accompagne d'une destruction notable du glutathion hépatique, alors que l'injection de quantités correspondantes d'acide taurocholique laisse intact le taux du glutathion de cet organe. Les dosages effectués après les mêmes délais dans les autres organes cités plus haut ne nous ont montré que des variations que l'on peut qualifier de physiologiques du taux du glutathion. Ce qui est également important, la teneur en glutathion de ces organes a suivi une courbe identique, que ce soit l'acide cholique ou l'acide taurocholique qui fut injecté. Deux autres faits nous semblent remarquables. D'une part, une demi-heure après l'injection d'acide cholique, on assiste à un notable enrichissement du foie en glutathion, phénomène qui ne s'observe pas après l'injection d'acide taurocholique. D'autre part la teneur du foie en glutathion, qui est fortement abaissée deux heures et demie après l'injection de l'acide cholique, remonte pendant la sixième demi-heure pour redescendre de nouveau pendant la septième demi-heure. A partir de ce moment on assiste à un retour progressif à la normale. La constance de ce phénomène est frappante.

Nous attribuons les chiffres élevés trouvés une demi-heure après l'injection d'acide cholique à une irritation du parenchyme. De plus nous savons que chez le Chat et le Lapin soumis à une expérience identique, l'acide taurocholique n'apparaît dans la bile qu'après la première demi-heure et que jusqu'à ce moment il y a excrétion d'acide cholique non conjugué ([3]). Nos chiffres sont donc en parfait accord avec le résultat des expériences de Josephson. La chute de la teneur en glutathion qui se produit pendant les quatre demi-heures suivantes est due à la conjugaison de fortes quantités d'acide cholique avec de la taurine synthétisée à cette fin aux dépens du glutathion. On peut admettre qu'à la cinquième demi-heure tout l'acide cholique injecté a passé à travers le parenchyme hépatique et a été excrété dans la bile.

Nous savons que la résorption des acides biliaires par l'intestin a lieu pour

([3]) *Loc. cit.*, B. Josephson.

une part relativement faible dans le jéjunum, pour le reste dans l'iléon. Nous savons que la résorption de l'acide cholique libre est plus lente que celle de l'acide taurocholique. Ainsi nous comprenons pourquoi le taux de glutathion remonte vers la normale pendant la sixième demi-heure : l'acide cholique qui a été excrété sous forme non conjuguée au début de l'expérience n'est pas encore revenu au foie. Il y arrivera trois heures après le début de l'expérience et sa conjugaison provoquera alors la seconde chute de la teneur en glutathion du foie. A la fin de la septième demi-heure le phénomène de conjugaison est terminé et la synthèse hépatique du glutathion ramène le taux de celui-ci à la normale au bout de la sixième heure.

*Conclusions.* — 1° Dans les conditions expérimentales que nous avons choisies, le glutathion hépatique est utilisé pour la synthèse de la taurine.

2° Dans les mêmes conditions la durée du cycle entéro-hépatique des acides biliaires chez le Rat semble être de deux heures et demie.

M. **Émile Marchal** fait hommage à l'Académie d'une « *Notice sur Émile De Wildeman* », qu'il a rédigée.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Albert Michel-Lévy** :

Marcel-E. Denæyer. *Tableaux de pétrographie.*

## PLIS CACHETÉS.

M. **René Pelletier** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 avril 1950 et enregistré sous le n° 12672.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une lettre relative à une question de thérapeutique.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

## CORRESPONDANCE.

Le **Comité national français de Radioélectricité scientifique** communique à l'Académie la liste de ses membres telle qu'elle s'établit à la suite de son Assemblée générale du 24 janvier 1951.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Feldmann. *René Maire* (1878-1949).

2° MAXIMILIEN SORRE. *Les fondements de la Géographie humaine*. Tome II. *Les fondements techniques*. Première et deuxième parties.

3° G. E. VILLAR. *Elementos de atomistica*. Tercera edicion.

4° *Red cell survival studies in normal and leukaemic subjects*, by RAGNAR BERLIN (Thèse, Uppsala).

5° THOMAS J. J. SEE. *Wave-Theory. Discovery of the cause of gravitation*. Book IX. Part. II, 1950. *Discoveries in the gravitational theory of the several forces in nature*.

GÉOMÉTRIE GLOBALE. — *Sur la fibration des variétés riemanniennes.* Note de M. **GEOFFREY WALKER**, présentée par M. Joseph Pérès.

Cette Note donne, sans démonstrations détaillées, quelques théorèmes relatifs à la fibration des variétés riemanniennes admettant un champ parallèle de plans.

Par hypothèse M est une variété riemannienne complète à $n$ dimensions, de métrique définie positive, admettant un champ réel de $r$-plans réels ($0 < r < n$). On sait que M est alors localement réductible au produit d'un espace à $r$-dimensions et d'un espace à $s$-dimensions ($r + s = n$). Globalement les $r$-plans sont tangents à un système de variétés riemanniennes à $r$-dimensions; par tout point $x$ de M, il passe une variété du système et une seule qui sera notée $R(x)$. De même les $s$-plans orthogonaux aux $r$-plans forment un champ parallèle et sont tangents aux variétés riemanniennes à $s$ dimensions d'un système dont la variété passant par $x$ sera notée $S(x)$. Les variétés $R(x)$ et $S(x)$ sont des sous-espaces géodésiques de M : leurs géodésiques propres sont des géodésiques de M. La variété M étant complète, il en est de même pour tout $R(x)$ et $S(x)$, relativement à leur géométrie riemannienne intrinsèque.

1. On appellera *S-voisinage* d'un point $x \in M$ un sous-ensemble de $S(x)$ contenant $x$ et ouvert dans la topologie intrinsèque de $S(x)$. Nous adopterons maintenant le postulat suivant :

POSTULAT 1. — *Il existe dans* M *un* $S(x)$, *noté* $S_0$, *tel que tout point de* $S_0$ *admette un S-voisinage qui ne rencontre aucun* $R(x)$ *en plus d'un point.*

De ce postulat et des hypothèses faites résulte :

THÉORÈME 1. — M *est fibrée par les variétés* $R(x)$. *L'espace de base* B *est un espace riemannien à s-dimensions et les produits locaux associés à la fibration sont des produits riemanniens;* $S_0$ *est un recouvrement isométrique de* B, *les points de* $S_0$ *au-dessus d'un même point de* B *étant les intersections de* $S_0$ *avec la fibre au-dessus de ce point.*

Nous adjoindrons maintenant au postulat 1 le

POSTULAT 2. — *Dans la fibration de* M *par les* $R(x)$, *le seul automorphisme de* $R(x)$ *appartenant au groupe sructural et laissant un point invariant est l'identité.*

Il vient alors :

Théorème 2. — *Le recouvrement de* B *par* $S_0$ *est régulier et le groupe des automorphismes de* $S_0$ *associés à ce recouvrement est isomorphe au groupe structural de l'espace fibré.*

Nous dirons que deux variétés riemanniennes sont *isométriques* ($\equiv$) si elles peuvent être appliquées l'une sur l'autre par un homéomorphisme isométrique. Le théorème 1 implique que *les* $R(x)$ *sont isométriques.* On peut aussi montrer que *les* $S(x)$ *sont isométriques* et que chacune d'elles satisfait à la condition imposée à $S_0$ par le postulat 1. Nous désignerons par R et S deux variétés respectivement isométriques à $R(x)$ et $S(x)$; R est donc fibre type de la fibration précédente. On démontre que R et S admettent des groupes isomorphes d'automorphismes isométriques. Si G est le groupe abstrait isomorphe à ceux-ci, $B \equiv S/G$. Soit $p$ l'ordre de G (qui peut être infini). La signification géométrique de $p$ est rendue claire par le fait que *tout* $R(x)$ *rencontre tout* $S(x)$ *en p points exactement.*

Le produit riemannien $R \times S$ admet un groupe d'automorphismes isomorphe à G. Si $gx$, $gy$ sont les points de R ou S transformés de $x \in R$ et $y \in S$ par l'automorphisme $g \in G$, alors $(x, y)$ et $g(x, y) = (gx, gy)$ sont les points de $R \times S$ associés par l'automorphisme déterminé par $g$. Pour $(x, y)$ fixe et $g$ variable, les points $g(x, y)$ sont discrets et $R \times S$ est un recouvrement isométrique d'une variété riemannienne à $n$ dimension $(R \times S)/G$. On a

Théorème 3. — $M \equiv (R \times S)/G$.

Ainsi $R \times S$ est un recouvrement d'ordre $p$ de M. Il en résulte que G est un groupe facteur du groupe fondamental de M. Si F, $F_R$, $F_S$ sont les groupes fondamentaux de M, R, S, on a $G \cong F/H$ et $H \cong F_R \times F_S$.

2. Un cas particulier intéressant est celui où, lorsqu'on échange le rôle de $R(x)$ et $S(x)$, le postulat 1 est encore satisfait. Ceci arrive par exemple pour $p$ fini, ce qui n'est d'ailleurs pas nécessaire à moins que M ne soit compact.

Postulat 3. — *Tout point de* M *admet un voisinage dans lequel tout* $R(x)$ *et tout* $S(x)$ *se coupent en un point au plus.*

Ce postulat contient le postulat 1 et aussi celui obtenu par échange de $R(x)$ et $S(x)$. En outre le postulat 2 apparaît comme une conséquence du postulat 3. Des théorèmes précédents on déduit :

Théorème 4. — *Sous les conditions du postulat* 3, M *admet une double fibration par les* $R(x)$ *et par les* $S(x)$, *les espaces de base étant respectivement* $B \equiv S/G$ *et* $A \equiv R/G$. *Les groupes structuraux sont tous deux isomorphes à* G.

Théorème 5. — *Dans les mêmes conditions,* M *admet un groupe d'automorphismes isomorphe à* G *et* $A \times B \equiv M/G$.

Ainsi, dans ce cas, il existe une variété réductible qui recouvre $p$-fois M et M est lui-même recouvrement d'ordre $p$ d'une autre variété réductible. Pour $p = 1$, M lui-même est naturellement réductible.

Les théorèmes précédents peuvent être illustrés en prenant pour M le tore $T_2$

localement euclidien. Les $r$ et $s$ plans sont ici des vecteurs orthogonaux ($r=s=1$) et les variétés correspondantes $R(x)$ et $S(x)$ sont des géodésiques de deux systèmes orthogonaux. Les postulats 1 et 2 sont satisfaits quand les géodésiques d'un système sont fermées et le postulat 3 s'il en est ainsi pour les deux systèmes. Dans ce dernier cas, il est possible de construire des exemples dans lesquels $p$ peut recevoir n'importe quelle valeur finie.

CALCUL MÉCANIQUE. — *La sélection automatique quand les caractéristiques sont des mesures.* Note de M. **Jacques Pinel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une précédente Note [1], on a étudié le problème dans le cas général. En pratique, certains éléments d'identification sont des grandeurs mesurables. Supposons qu'une certaine grandeur G susceptible de caractériser un objet de E puisse varier dans un certain domaine. On n'utilisera qu'une suite discrète S de ses valeurs, l'écart entre deux termes consécutifs de la suite dépendant de la précision des mesures. Si nécessaire, chaque mesure sera arrondie suivant une règle définie. Deux cas peuvent se présenter suivant que l'incertitude est très variable ou presque constante.

*Incertitude quelconque.* — Supposons que G soit certainement intérieure à l'intervalle $s'\,s''$ ($s' \leqq G \leqq s''$). On devra admettre que G peut être inférieure ou égale à tous les termes de S supérieurs ou égaux à $s'$, et peut être supérieure ou égale à tous les termes de S inférieurs ou égaux à $s''$. En conséquence à chaque terme de S correspondent deux caractéristiques H et deux questions K. Les caractéristiques H sont : $G \geqq s$, et $G \leqq s$. Les questions K seront « G peut-elle être supérieure à $s$ ? » et « G peut-elle être inférieure à $s$ ? ». Évidemment G pourra être considérée comme étant inférieure, supérieure ou égale à tous les termes de l'intervalle $s'\,s''$. Pour une recherche on connaîtra aussi les limites de l'intervalle où G peut se trouver, et on prendra comme caractéristiques certaines les bornes de l'intervalle.

On élimine ainsi au moyen de la seule grandeur G tous les objets de E pour lesquels l'intervalle où peut se trouver G n'a pas de partie commune avec celui de l'objet recherché.

*Incertitude presque constante.* — Supposons que l'on puisse faire des mesures de G. Soit $g$ une valeur trouvée. Supposons que la précision de cette mesure soit telle que l'on puisse affirmer que dans des conditions de mesure analogue, il est impossible de trouver une valeur de G extérieure à l'intervalle $g-m$, $g+n$. Si dans la plupart des cas $m$ et $n$ restent inférieurs à une certaine limite $M[M=f(g)]$ on dira que la mesure est bonne

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 679.

dans tous ces cas. Les caractéristiques H seront les termes de S, et les questions K seront : « Est-il possible que lors d'une autre détermination de G où la mesure est bonne on trouve la valeur $s$ ? » Ceci conduit à considérer comme possibles toutes les valeurs intérieures à l'intervalle $g - M$, $g + M$ quand la mesure est bonne, même si la valeur actuelle de $m$ ou de $n$ est inférieure à M. Quand la mesure est mauvaise on utilise les réponses directes aux questions K.

Pour une recherche, on considère comme caractéristique certaine la valeur trouvée si la mesure est bonne. On est sûr ainsi que cette valeur a été considérée comme possible lors d'un examen antérieur, quelle qu'ait été la précision de la mesure. En règle générale on n'utilise pas les mauvaises mesures en recherche, mais il est néanmoins possible de le faire en utilisant successivement les fiches « Sélecto » nécessaires pour couvrir tout l'intervalle.

Cette méthode est extrêmement avantageuse si les mesures sont généralement bonnes. Les règles d'application pratique, sont extrêmement simples, et elle permet de manipuler beaucoup moins de fiches que la méthode exposée au 1°. Si théoriquement l'élimination est moins poussée dans le cas de très bonnes déterminations, elle est en général largement suffisante pratiquement.

Suivant le problème étudié, on utilisera l'une ou l'autre. Par exemple pour tirer parti du nombre de lacets d'une trace souvent floue et incomplète on devra utiliser la première méthode. Par contre pour rechercher des empreintes digitales convenablement relevées dans un fichier d'empreintes de bonne qualité moyenne, on utilisera la seconde méthode. C'est elle qui a été utilisée pour les recherches anthropométriques au service de l'Identité Judiciaire à Paris. Les caractéristiques utilisées sont les nombres de lacets à l'exclusion de toute autre.

Les résultats expérimentaux moyens portant sur l'ensemble des individus n'ayant que des boucles cubitales franches aux dix doigts, et qui représente 2 % de la totalité du fichier sont les suivants :

1° Comme dans toutes les méthodes, le nombre de comparaisons infructueuses est proportionnel au nombre total d'individus de l'ensemble et extrêmement variable.

2° Sur un ensemble de 6 000 individus on a en moyenne une comparaison infructueuse à faire par recherche. En général, il n'y en a aucune, mais leur nombre peut atteindre exceptionnellement la vingtaine.

3° Dans la méthode classique de subdivision par les nombres de lacets du pouce et de l'index droit, pour un tel ensemble on a en moyenne 600 fiches à voir, réparties dans 25 paquets, et si la subdivision a été poussée jusqu'au médius on en a encore 250 réparties dans une centaine de paquets.

4° La comparaison avec la méthode Galton et ses dérivés indique des

résultats encore plus intéressants quand elle utilise pour la subdivision le même nombre de doigts que la méthode classique.

5° Le nombre de fiches mises au rebut parce que les doigts « comptés » sont incomptables pour une raison quelconque est réduit de 90 %.

Comme les autres groupes morphologiques sont bien moins importants que celui-ci, cette méthode peut être considérée comme la solution générale du problème des recherches anthropométriques dans les très grands fichiers.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Intégrale première du premier ordre en théorie de Dirac. Nécessité de l'opérateur $\partial/\partial t$ dans les intégrales premières dépendant du temps. Forme de l'opérateur intégrale première.* Note (*) de M. **Robert Faure**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il n'y a aucune difficulté à généraliser à la théorie de Dirac les intégrales premières du premier ordre indépendantes du temps provenant de la Mécanique classique, ce sont des combinaisons linéaires des moments de Poisson et des moments cinétiques.

L'étude d'un système matériel ponctuel à trois *degrés* de liberté soumis à un champ électromagnétique peut se faire en Mécanique classique sur l'hamiltonien schématique

$$H=\sum_{i=1}^{i=3}\frac{1}{2}p_i^2-A_ip_i-u.$$

les $A_i$ représentent les composantes du potentiel vecteur $u$ le potentiel électrique.

Si F est une intégrale première, $F=\Sigma_i Q_i p_i - R$; $A_i$, $u$, R, $Q_i$ étant des fonctions des coordonnées $q_i$ et du temps $t$, on obtient comme conditions

$$\text{(I)}\quad \left\{\begin{array}{l}\dfrac{\partial Q_i}{\partial t}-\dfrac{\partial R}{\partial q_i}+\displaystyle\sum_{k=1}^{k=3}Q_k\frac{\partial A_i}{\partial q_k}-A_k\frac{\partial Q_i}{\partial q_k}=0 \qquad (i=1,2,3)\\ \displaystyle\sum_i A_i\frac{\partial R}{\partial q_i}-Q_i\frac{\partial U}{\partial q_i}-\frac{\partial R}{\partial t}=0.\end{array}\right.$$

et

$$\text{(II)}\qquad \frac{\partial Q_i}{\partial q_i}=0 \quad (i=1,2,3=k;\ i\neq k),\qquad \frac{\partial Q_k}{\partial q_i}+\frac{\partial Q_i}{\partial q_k}=0.$$

Si nous recherchons une intégrale première en Mécanique de Dirac se déduisant de F par ondulisation, la condition

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{2\pi i}{h}(AH-HA)\equiv 0.$$

fournit entre autres relations les conditions $(\partial Q_i)/(\partial t)=0$, contraires à nos hypothèses.

(*) Séance du 2 avril 1951.

Si nous remarquons qu'en Mécanique de Dirac le temps doit jouer un rôle analogue aux autres coordonnées et que déjà en Mécanique classique, lorsque dans une fonction F un $Q_i$ est identiquement nul les $Q_k$ $(k \neq i)$ ne dépendent pas des $q_i$ [ceci résulte des équations (II)], nous sommes conduits à rechercher un opérateur A, intégrale première ou intervienne $(\partial/\partial t)$ avec

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\psi}{\partial t} = \mathrm{H}(\psi)$$

les termes différentiels de A sont

$$\frac{h}{2\pi i}\sum_{i=1}^{i=3} Q_i \frac{\partial}{\partial q_i} + \frac{Q_4}{c}\frac{\partial}{\partial t};$$

les fonctions $u$, $A_i$ ont ici leurs significations classiques, $e$ et $c$ sont la charge électrique et la vitesse de la lumière, H et les $\alpha_i$ sont l'hamiltonien et les matrices de Dirac. La condition $(\partial A/\partial t) + (2\pi i/h)(AH - HA) \equiv 0$ montre :

Théorème. — *Si les fonctions* $Q_i$, $Q_4$, $u$, $A_i$, R *vérifient le système de relations*

$$(E_1)\quad \begin{cases} e\sum_{k=1}^{k=3} A_k \dfrac{\partial Q_i}{\partial q_k} - Q_k \dfrac{\partial A_i}{\partial q_k} - \dfrac{e}{c}\dfrac{\partial}{\partial t}(Q_4 A_i) + \dfrac{\partial Q_4}{\partial q_i} U \dfrac{e}{c} - c\dfrac{\partial R}{\partial q_i} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3) \\ e\sum_i \dfrac{A_i}{c}\dfrac{\partial Q_4}{\partial q_i} - Q_i \dfrac{\partial u}{\partial q_i} - \dfrac{e}{c}\dfrac{\partial}{\partial t}(Q_4 u) + \dfrac{\partial R}{\partial t} = 0. \end{cases}$$

$$(E_2)\quad \frac{\partial Q_i}{\partial q_i} = \frac{\partial Q_4}{\partial t} = 0, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial Q_i}{\partial t} = \frac{\partial Q_4}{\partial q_i}, \qquad \frac{\partial Q_i}{\partial q_k} + \frac{\partial Q_k}{\partial q_i} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3 = k,\ i \neq k),$$

il existe un opérateur intégrale première

$$\frac{h}{2\pi i}\left(\sum Q_i \frac{\partial}{\partial q_i} + \frac{Q_4}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \lambda_1\alpha_2\alpha_3 + \lambda_2\alpha_3\alpha_1 + \lambda_3\alpha_1\alpha_2 + \rho_1\alpha_1 + \rho_2\alpha_2 + \rho_3\alpha_3\right) + R$$

avec

$$\lambda_1 = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_3}{\partial q_2} = -\frac{1}{2}\frac{\partial Q_2}{\partial q_3} = \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q_3}{\partial q_2} - \frac{\partial Q_2}{\partial q_3}\right),$$

$$\rho_1 = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_4}{\partial q_1} = \frac{1}{2c}\frac{\partial Q_1}{\partial t} = \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q_4}{\partial q_1} + \frac{1}{c}\frac{\partial Q_1}{\partial t}\right);$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_1}{\partial q_3} = -\frac{1}{2}\frac{\partial Q_3}{\partial q_1} = \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q_1}{\partial q_3} - \frac{\partial Q_3}{\partial q_1}\right),$$

$$\rho_2 = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_4}{\partial q_2} = \frac{1}{2c}\frac{\partial Q_2}{\partial t} = \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q_4}{\partial q_2} + \frac{1}{c}\frac{\partial Q_2}{\partial t}\right);$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_2}{\partial q_1} = -\frac{1}{2}\frac{\partial Q_1}{\partial q_2} = \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q_2}{\partial q_1} - \frac{\partial Q_1}{\partial q_2}\right),$$

$$\rho_3 = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_4}{\partial q_3} = \frac{1}{2c}\frac{\partial Q_3}{\partial t} = \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q_4}{\partial q_3} + \frac{1}{c}\frac{\partial Q_3}{\partial t}\right);$$

cet opérateur n'est pas toujours hermitien.

On voit que lorsque on fait intervenir l'opérateur $\partial/\partial t$, on peut trouver un opérateur intégrale première et que dans les relations de compatibilité ($E_2$), le temps joue un rôle analogue aux autres coordonnées, mais l'opérateur obtenu n'est pas toujours hermitien.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Entropie d'un mélange de gaz en équilibre d'excitation et d'ionisation.* Note de M^me **Perrine Dumezil-Curien**, présentée par M. André Danjon.

Ceci généralise la formule établie par Schatzman ([1]) pour l'entropie d'un mélange de gaz en équilibre d'ionisation, en négligeant les états excités des atomes et des ions.

En reprenant les mêmes notations (rappelées à la fin de cette Note) avec un indice supplémentaire $m$ pour distinguer les différents états d'excitation et en désignant par $\chi_i^{nm}$ le potentiel nécessaire pour faire passer l'atome d'espèce $i$, ionisé $n$ fois, de l'état fondamental d'indice $m=0$ à l'état excité $m$, les formules de (1) qui sont les transformations successives de l'expression de l'entropie

$$S = k \log X \tag{1}$$

sont modifiées de la façon suivante :

La formule (10) est conservée avec seulement l'introduction de l'indice supplémentaire $m$,

$$S = k\left\{\left(\frac{5}{2}+\frac{3}{2}\log T\right)\left(r+\sum_i p_i\right)-\sum_{inm} p_i^{nm}\log\frac{p_i^{nm}}{A_i^{nm}} - r\log\frac{r}{B}\right\}. \tag{2}$$

Pour calculer

$$\sum_{inm} p_i^{nm}\log\frac{p_i^{nm}}{A_i^{nm}} + r\log\frac{r}{B},$$

remarquons que

$$\log\frac{p_i^{nm}}{A_i^{nm}} = \log\frac{p_i^{n0}}{A_i^{n0}} - \mathfrak{I}\chi_i^{nm} \tag{3}$$

et que

$$\log\frac{p_i^{n0}}{A_i^{n0}} = \log\frac{BT^{\frac{3}{2}}}{r} + \log\frac{p_i^{(n-1)0}}{A_i^{(n-1)0}} - \mathfrak{I}\chi_i^{n}. \tag{4}$$

On en déduit comme au paragraphe 3 de ([1]) la relation

$$\sum_i \sum_0^Z p_i^n \log\frac{p_i^{n0}}{A_i^{n0}} = r\log\frac{BT^{\frac{3}{2}}}{r} + \sum_i p_i\log\frac{p_i^{00}}{A_i^{00}} - \mathfrak{I}\sum_i\sum_1^Z p_i^n \sum_1^n \chi_i^n. \tag{5}$$

---

([1]) *Bullétin de l'Académie royale de Belgique* (classe des sciences), 34, 1948, p. 748; *L'entropie d'un mélange de gaz en équilibre d'ionisation.*

En remarquant que $p_i^n = \sum_m p_i^{nm}$ et en portant (3) dans (5), il vient

$$(6)\quad \sum_{inm} p_i^{nm} \log \frac{p_i^{nm}}{A_i^{nm}} = r \log \frac{BT^{\frac{3}{2}}}{r} + \sum_i p_i \log \frac{p_i^{00}}{A_i^{00}} - \Im \sum_i \sum_{n=1}^{Z} \sum_m p_i^{nm} \left( \sum_1^n \chi_i^n + \chi_i^{nm} \right)$$

et finalement en portant dans (2)

$$(7)\quad \frac{S}{k} = \left( \frac{5}{2} + \frac{3}{2} \log T \right) \left( r + \sum_i p_i \right) - \frac{3}{2} r \log T$$
$$- \sum_i p_i \log \frac{p_i^{00}}{A_i^{00}} + \Im \sum_i \sum_{n=1}^{Z} \sum_m p_i^{nm} \left( \sum_1^n \chi_i^n + \chi_i^{nm} \right).$$

Ceci est l'entropie par centimètre cube de gaz. Le raisonnement du paragraphe 4 de ([1]) permet de passer à l'expression de l'entropie par gramme

$$(8)\quad \frac{S}{k} = \sum_i \frac{x_i}{A_i H} \left\{ \frac{5}{2} \sum_n n \xi_i^n + \frac{5}{2} \log T - \log P_e - \log \xi_i^{00} + \log \left( \frac{\sum_{in} \frac{x_i}{A_i} \sum_n n \xi_i^n}{\frac{x_i}{A_i}} \right) \right.$$
$$\left. + \Im \sum_{n=1}^{Z} \sum_m \xi_i^{nm} \left( \sum_1^n \chi_i^n + \chi_i^{nm} \right) \right\}.$$

*Rappel des notations.* — $p_i^{nm}$ = nombre par centimètre cube d'atomes d'espèce $i$, ionisés $n$ fois, dans l'état excité $m$.

$$p_i^n = \sum p_i^{nm}, \qquad p_i = \sum_{nm} p_i^{nm},$$

$r$ = nombre d'électrons libres par centimètre cube.

$$A_i^{nm} = g_i^{nm} \frac{(2\pi m_i^n k)^{\frac{3}{2}}}{h^3},$$

$$B = 2 \frac{(2\pi m_e k)^{\frac{3}{2}}}{h^3},$$

$\chi_i^n$, potentiel d'ionisation du $n^{\text{ième}}$ électron de l'atome d'espèce $i$ (d'un état fondamental à un autre);

$\chi_i^{nm}$, potentiel d'excitation à l'état $m$ de l'atome d'espèce $i$, ionisé $n$ fois;

$x_i$, concentration en poids d'atomes d'espèce $i$;

$A_i$, poids atomique des atomes d'espèce $i$;

H, masse du proton;

$\xi_i^{nm}$, fraction des atomes d'espèce $i$, ionisés $n$ fois, dans l'état excité $m$.

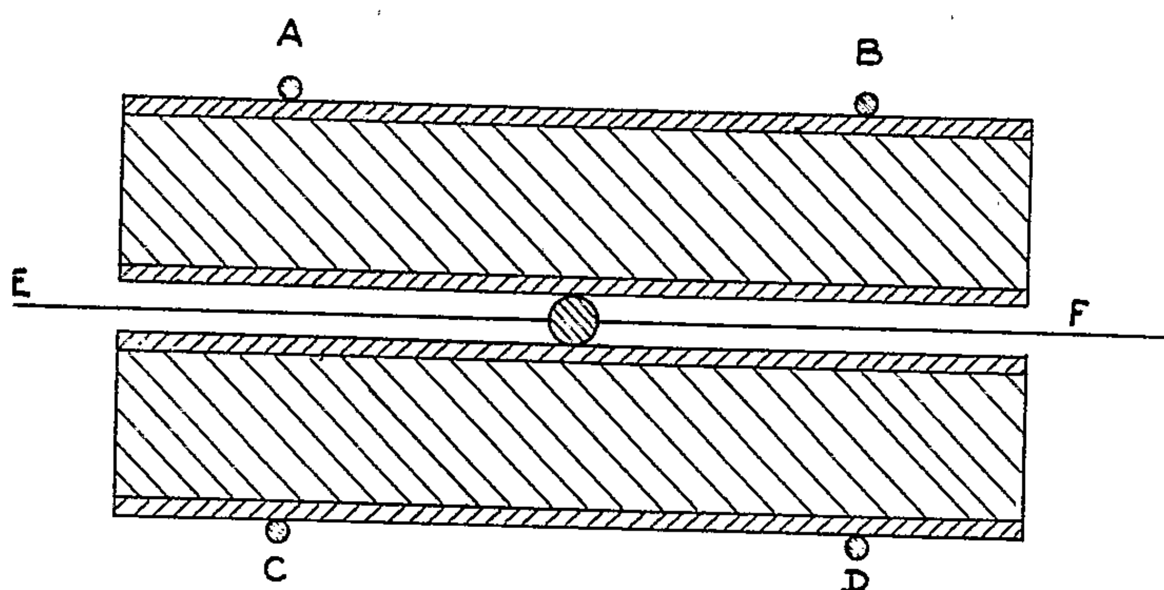
$$\xi_i^n = \sum_m \xi_i^{nm}.$$

CHALEUR. — *Une nouvelle méthode de mesure des chaleurs spécifiques vraies de matériaux non métalliques*. Note de M. **Louis Weil**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les corps semi-conducteurs tels que les ferrites sont suffisamment conducteurs pour permettre un échauffement électrique notable et rapide. On discute les conditions optima pour la détermination des chaleurs spécifiques en utilisant cette remarque.

On détermine en général la chaleur spécifique des corps non métalliques en mesurant la variation de chaleur totale entre diverses températures et l'ambiante. Cette méthode ne donne de résultats corrects qu'autant que l'échantillon, trempé dans le calorimètre, est toujours dans le même état. Cette condition n'est pas remplie pour certains ferrites, en particulier ceux de cuivre et de magnésium. Nous avons étudié une méthode de mesure électrique directe analogue, dans son principe, à celle qu'on utilise pour les métaux.

Le dégagement de chaleur doit être rapide pour réduire au minimum les pertes avant mesure de l'échauffement $\theta$; il doit être homogène car la faible conductibilité thermique ne permettrait pas une égalisation rapide des températures. Nous avons satisfait à ces deux conditions en utilisant des disques recouverts sur leurs deux faces de feuilles de platine déposées par galvanoplastie après métallisation sous vide ; les courants admissibles donnent des valeurs de $\theta$ de 2 à 4° en quelques dixièmes de seconde.




La mesure de l'échauffement $\theta$ peut se faire indifféremment en surface, en associant aux amenées en platine A et C des fils de platine rhodié B et D, ou au centre, à l'aide du couple EF dont la soudure établit le contact électrique entre les disques, les fils étant isolés; cette dernière mesure est préférable.

L'énergie envoyée dans les disques a été mesurée à l'aide d'un joulemètre Néel [1], le temps de chauffage déterminé avec un fluxmètre et l'échauffement

[1] L. Néel et B. Persoz, *Bull. Soc. Fr. Phys.*, 409, 1937, p. 121.

obtenu par enregistrement des déviations d'un galvanomètre associé à un potentiomètre initialement équilibré. Les disques sont placés dans un four où on laisse à l'équilibre de température le temps de s'établir.

Nous avons considéré, du point de vue des pertes de chaleur, l'ensemble des deux disques comme un cylindre unique. Le coefficient d'échange par convection est proportionnel à $\theta^{0,25}$; nous l'avons calculé dans l'hypothèse où $\theta = 4^\circ$. Dans ces conditions le coefficient global d'échange passe pour une surface noire de $1,8.10^{-4}$ à $55.10^{-4}$ cal : degré : cm² : s entre l'ambiante et 1000°K. La surface latérale du cylindre peut être considérée comme noire. Comme nous l'avons vérifié par les courbes de refroidissement, les pertes par rayonnement des bases sont réduites d'environ 1/3 par le platinage et l'interposition d'éléments d'écrans.

Pour un assemblage de 3 mm d'épaisseur et 30 mm de diamètre, les diagrammes de Schack ([2]) indiquent dans ces conditions, à 1000°K et en 5 secondes, un passage de $\theta$ à $0,86\theta$ en surface et à $0,91\theta$ au centre (couple EF). Avec un galvanomètre d'une période de 2 secondes, il est donc aisé d'extrapoler.

L'emploi d'assemblages plus épais aurait permis d'obtenir des chutes de température plus lentes; avec une épaisseur de 30 mm, $\theta$ passe en 5 secondes à $0,97\theta$ en surface et $0,99\theta$ au centre. A ces constantes de temps plus élevées correspond évidemment une mise en température plus lente dans le four. Or des inhomogénéités initiales de température sont accompagnées de grosses inhomogénéités de conductibilité électrique : il s'agit de semi-conducteurs dont la résistance varie approximativement comme $\exp(a/T)$. Il en résulte des inhomogénéités de $\theta$ et par suite des erreurs supérieures à celles qu'une meilleure extrapolation permettrait d'éviter.

La préparation, par compression et frittage, de plaques épaisses expose par ailleurs à des inhomogénéités de densité.

Pour l'étude de la chaleur spécifique vraie, nous avons utilisé des disques d'environ 1 mm,5 d'épaisseur. Les mesures, faites par M. Bochirol, seront publiées ultérieurement.

CHALEUR. — *Chaleur spécifique vraie des ferrites de zinc, de nickel et de cobalt.* Note de M. **Louis Bochirol**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons effectué des mesures de chaleur spécifique sur les ferrites de zinc, de nickel et de cobalt, au moyen d'une nouvelle méthode électrique, que nous avons mise au point, et dont le principe a été exposé ailleurs par L. Weil ([1]).

---

([2]) *Stahl und Eisen*, 50, 1930, p. 1290.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1473.

Les plaquettes de ferrite que nous avons utilisées avaient un diamètre de 27 à 30 mm et une épaisseur de 1,5 à 2 mm.

Les résultats de nos mesures sont résumés par les courbes des figures 1, 2

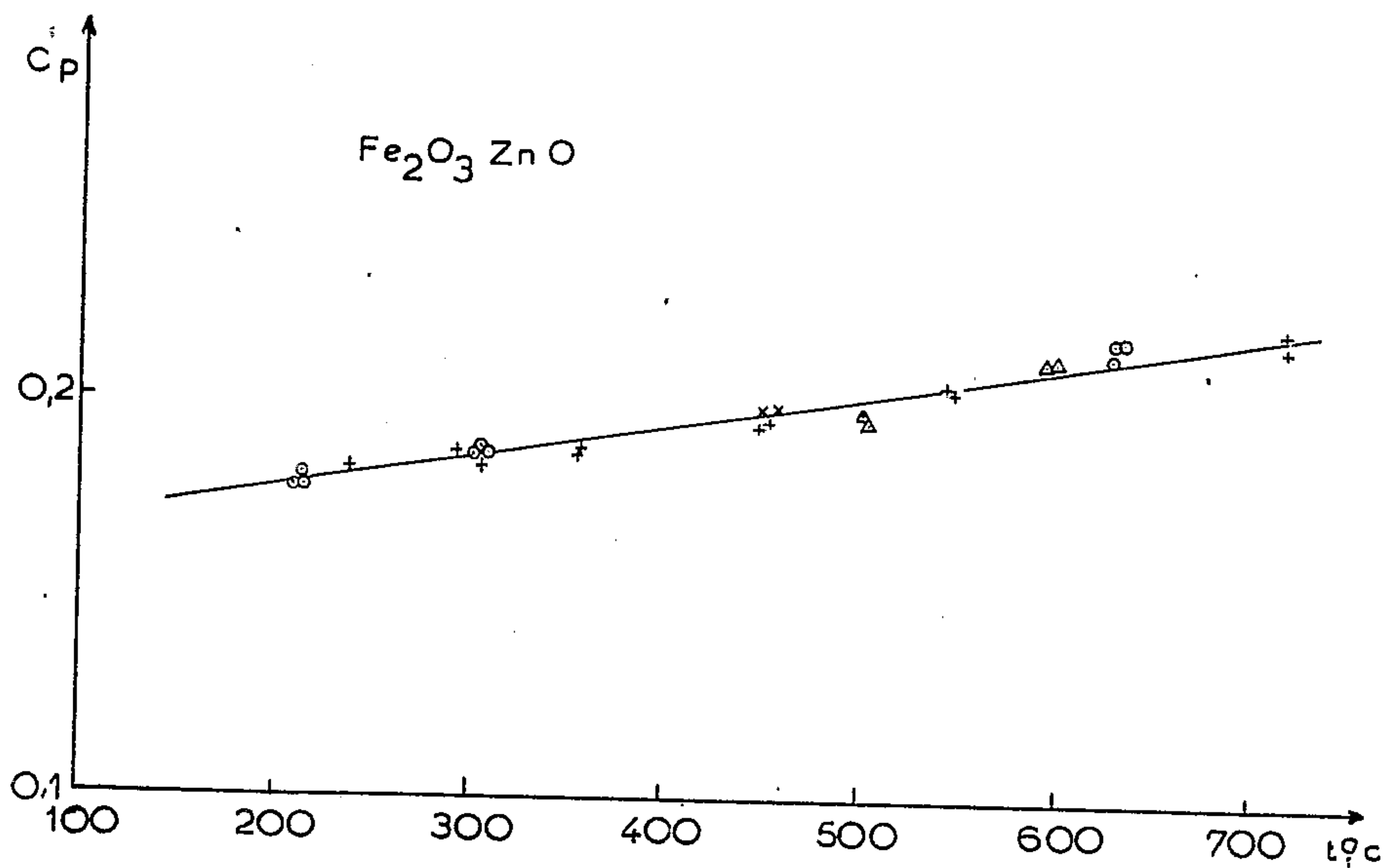



Fig. 1.

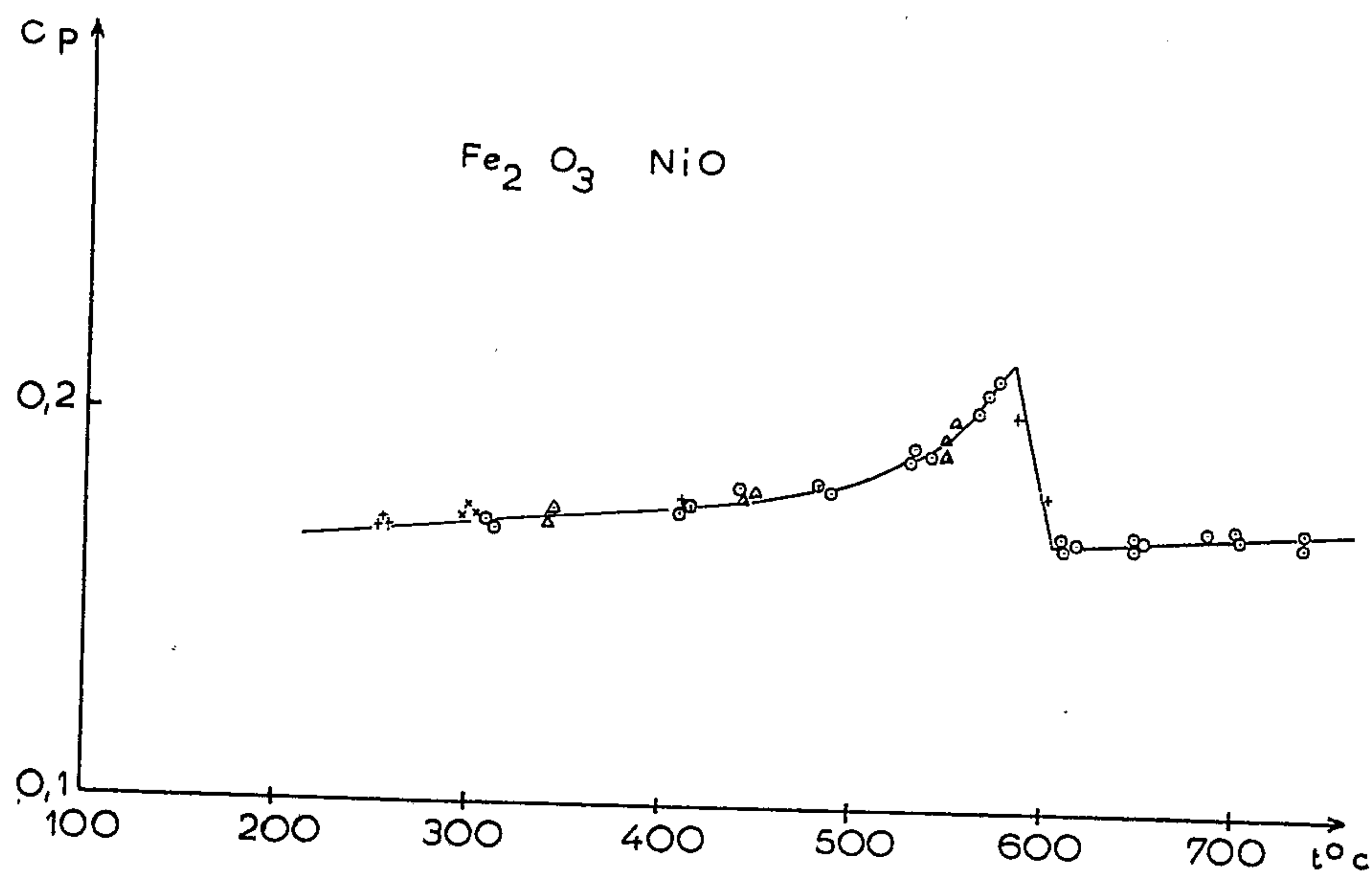



Fig. 2.

et 3, qui représentent la variation de la chaleur spécifique en fonction de la température. Le domaine étudié est limité entre 200 et 700° C environ. En effet, à basse température, la grande résistivité des ferrites (de l'ordre de $8.10^4 \Omega$:cm à 200° C) rend les mesures difficiles; à haute température,

la résistivité du ferrite devenant basse (de l'ordre de 10Ω:cm à 750° C) la résistance des feuilles de platine n'est plus négligeable devant celle du ferrite,

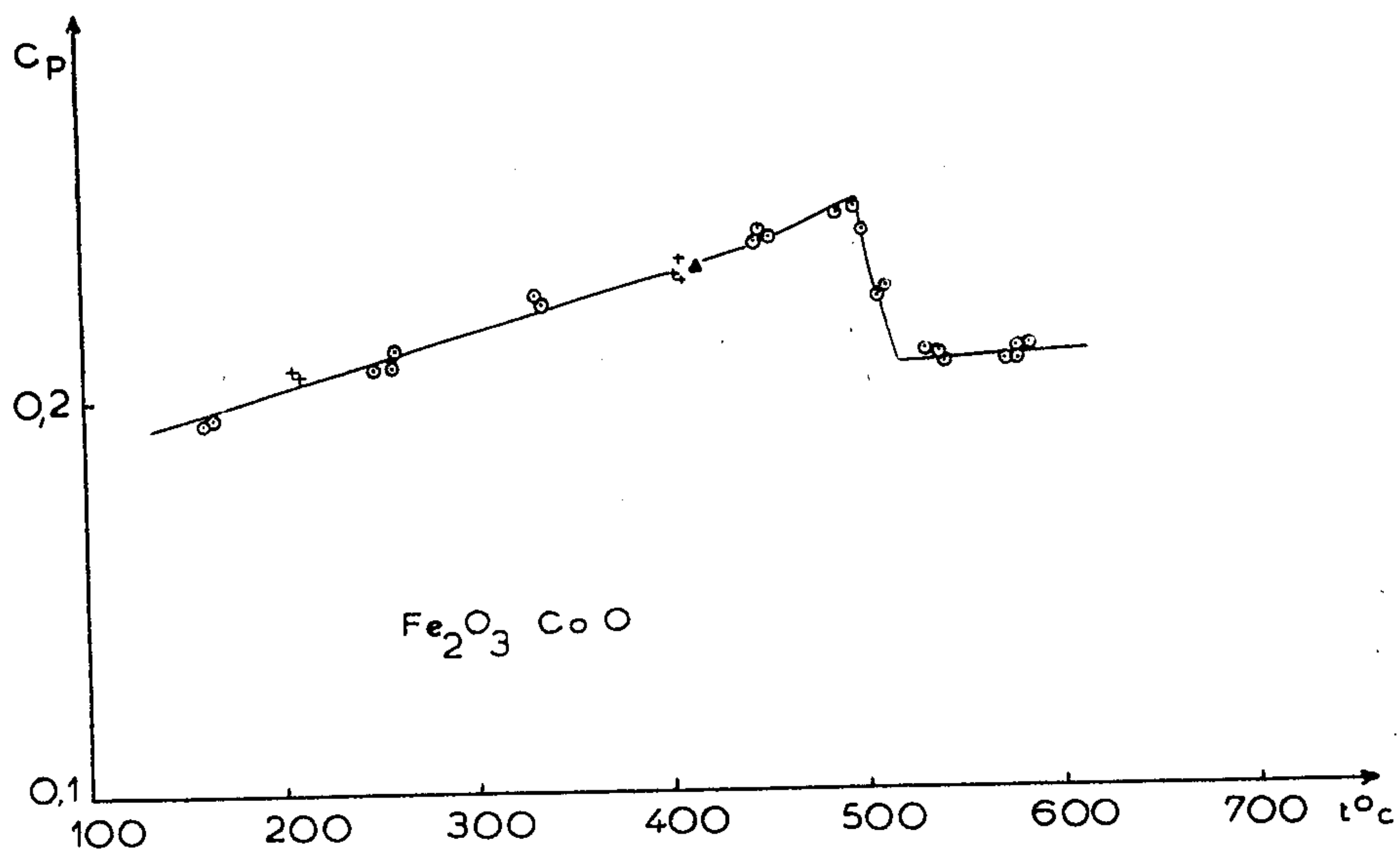



Fig. 3.

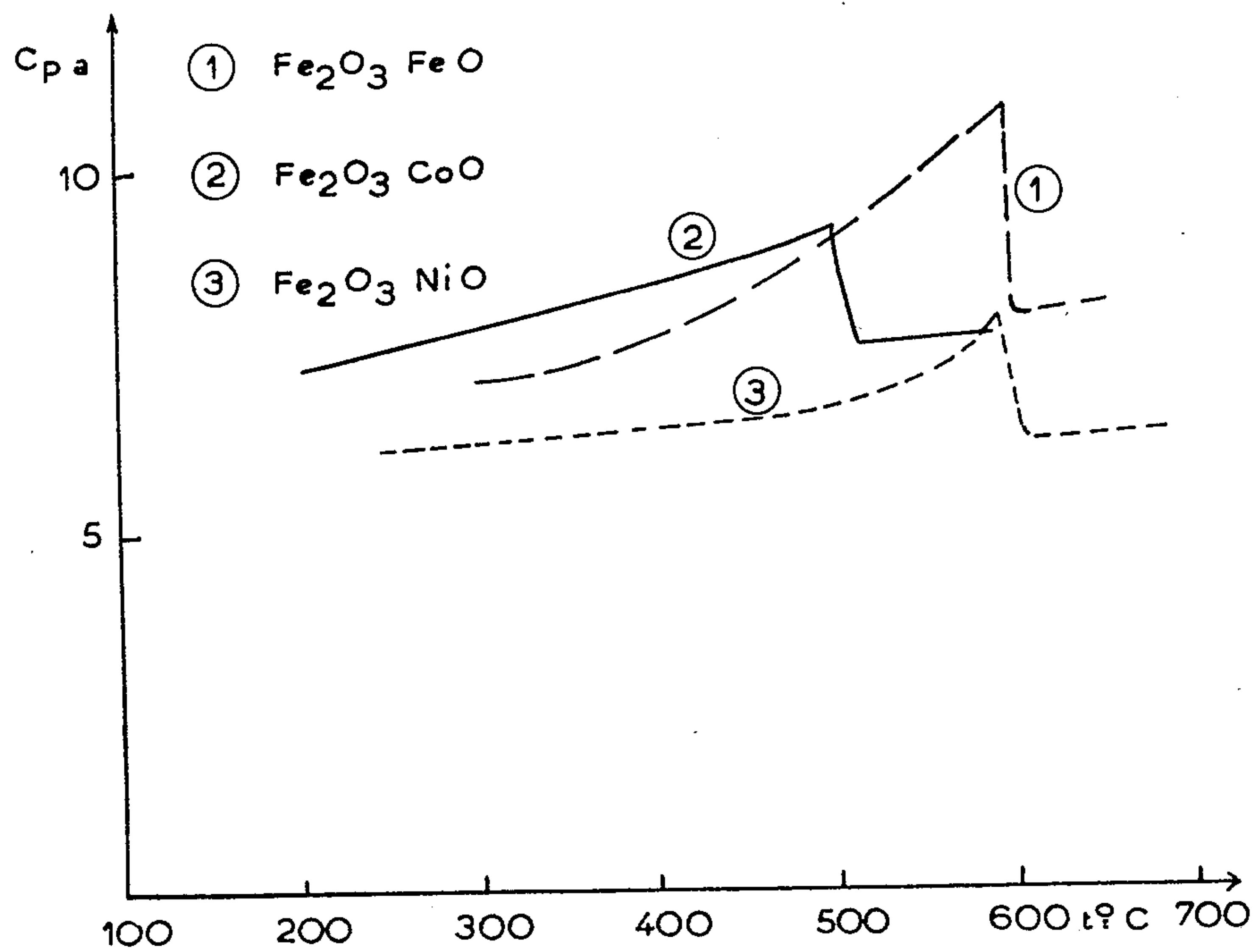



Fig. 4.

et, au delà de 750° C, les lignes de courant ne se répartiraient plus d'une manière uniforme.

Comme on pouvait s'y attendre, la chaleur spécifique de $Fe_2O_3$ ZnO (qui n'est pas ferromagnétique) ne présente aucune anomalie (*fig.* 1).

Pour $Fe_2O_3$ NiO (*fig.* 2) et $Fe_2O_3$ CoO (*fig.* 3), on remarque l'anomalie liée à la disparition de l'aimantation spontanée.

Nous avons représenté (*fig.* 4) la chaleur spécifique moléculaire divisée par 7, nombre des atomes dans la molécule, en fonction de la température, pour $Fe_2O_3$ NiO et $Fe_2O_3$ CoO. La courbe de $Fe_2O_3FeO$, donnée à titre comparatif, est déduite des mesures de P. Weiss, A. Piccard et A. Carrard [2].

Des mesures actuellement en cours sur d'autres ferrites seront prochainement publiées.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Interprétation théorique de la forme des signaux de résonance nucléaire dans le cas le plus général.* Note (*) de M. **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous proposons une méthode d'intégration des équations différentielles de Bloch dans le cas le plus général. La solution que nous explicitons rend compte des principaux aspects présentés par le phénomène de résonance nucléaire dans un champ magnétique parfaitement homogène; nous décrivons les expériences qui vérifient ces prévisions théoriques.

1. *Principe de l'intégration.* — Les équations de Bloch peuvent s'écrire sous la forme condensée suivante :

$$f' + \left[\frac{1}{T_2} + i\,\delta\omega\right] f = -\gamma H_1 M_z, \tag{1}$$

$$M'_z + \frac{M_z - M_0}{T_1} = \gamma H_1 v, \tag{2}$$

avec $f = v + iu \,(i = \sqrt{-1})$, les notations étant celles de F. Bloch [1].

Ce système n'a encore été intégré que dans des cas particuliers [1], [2], [3]. Nous avons pu trouver une solution explicite beaucoup plus générale.

Dans le cas expérimentalement important où le champ magnétique $H_z$ est modulé périodiquement d'une quantité $\Delta H$ autour de la valeur $H_0 = \omega/\gamma$. Il est alors possible de remplacer dans l'équation (2), $v$ par une série de Fourier à coefficients inconnus $V_n$ et $\varphi_n$. Cette équation s'intègre alors très facilement et

(2) *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 43, 1917, p. 123.

(*) Séance du 9 avril 1951.

(1) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.

(2) A. Jacobsohn et K. Wangsness, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 942.

(3) F. E. Salpeter, *Proc. Phys. Soc.*, 63, p. 4 A.

donne

$$M_z = M_0 + \gamma H_1 T_1 \left[ V_0 + \sum_1^{\infty} \frac{V_n}{\sqrt{1 + n^2 \Omega^2 T_1^2}} (\cos n\Omega t + \varphi_n + \theta_n) \right]. \qquad (3)$$

$\Omega$ = pulsation de la modulation, $\theta_n = \text{arc tg}(n\Omega T_1)$.

Remarquons que l'équation (3) peut s'écrire $M_z = M_0 + \gamma H_1 T_1 v^*(t)$, $v^*(t)$ étant identique à la tension de sortie d'un filtre passebas à résistance capacité, alimenté par une tension identique à $v$, et possédant la constante de temps $T_1$. Par suite :

1° si $T_1 \gg 1/\Omega$ : aucun des harmoniques de $v$ ne peut traverser le filtre et $M_z = M_0 + \gamma H_1 T_1 V_0$ ;

2° si $T_1 \ll 1/\Omega$ : on retrouve dans $M_z$ les harmoniques de $v$ jusqu'au rang $n_0 = 1/\Omega T_1$, mais ils sont tous affectés du coefficient $\gamma H_1 T_1$ qui est $\ll \gamma H_1/\Omega$. Dans la quasi totalité des dispositifs expérimentaux, ce coefficient est toujours plus petit que $10^{-1}$ et par suite, puisque $v \ll M_0$, nous aurons $M_z \# M_0$.

Nous pouvons donc considérer $M_z$ comme une constante. L'équation (1) s'intègre alors facilement et donne

$$f = -\gamma H_1 M_z e^{i\frac{\Delta\omega}{\Omega}\cos\Omega t} \int_{-\infty}^{t} e^{-\frac{t-t'}{T_2}} e^{-i\frac{\Delta\omega}{\Omega}\cos\Omega t'} dt'. \qquad (4)$$

En décomposant $e^{-i\frac{\Delta\omega}{\Omega}\cos\Omega t}$, en série de Fourier, on est ramené à effectuer des quadratures du type

$$(-i)^n J_n\left(\frac{\Delta\omega}{\Omega}\right) \int_{-\infty}^{t} e^{-\frac{t-t'}{T_2}} \cos(n\Omega t')\, dt'$$

et le calcul s'achève rapidement en donnant les formules du tableau ci-joint.

| | $T_2 > \frac{1}{\Omega}$ | $T_2 < \frac{1}{\Omega}$ $\tau \gg T_2$ | $T_2 < \frac{1}{\Omega}$ $\tau \ll T_2$ |
|---|---|---|---|
| $v$ | $K \cos(\frac{\Delta\omega}{\Omega} \cos\Omega t)$ | $\frac{K}{1 + (\delta\omega T_2)^2}$ | $K e^{\frac{t}{T_2}} \sin(\frac{\Delta\omega\Omega t^2}{2})$ pour $t > \frac{\tau}{2}$ |
| $u$ | $K \sin(\frac{\Delta\omega}{\Omega} \cos\Omega t)$ | $\frac{K\, \delta\omega T_2}{1 + (\delta\omega T_2)^2}$ | $K e^{\frac{t}{T_2}} \cos(\frac{\Delta\omega\Omega t^2}{2})$ pour $t > \frac{\tau}{2}$ |
| $K$ | $\frac{-\gamma H_1 T_2 M_0 J_0(\frac{\Delta\omega}{\Omega})}{1 + (\gamma H_1)^2 T_1 T_2 J_0(\frac{\Delta\omega}{\Omega})}$ | $\frac{-\gamma H_1 T_2 M_0}{1 + (\gamma H_1)^2 T_1 \frac{1}{\Delta\omega}}$ | $\frac{-\gamma H_1 T_2 M_0}{1 + (\gamma H_1)^2 T_1 \frac{1}{\Delta\omega}}$ |

Fig. 1.

2. *Résultats et vérification expérimentale.* — La forme des courbes intégrales varie beaucoup suivant que $T_2$ est plus petit ou plus grand que $1/\Omega$ et suivant que le passage à travers la bande de résonance $|\delta\omega| \leqq 1/T_2$ se fait dans un temps $\tau$ petit ou grand par rapport à $T_2$.

Les expressions mathématiques des fonctions $u$ et $v$ sont représentées figure 1. Nous avons représenté figure 2 en regard des courbes intégrales de $v$ les photographies des signaux de résonance obtenus dans des conditions expérimentales correspondantes [notre appareillage n'étantpas sensible à $u$ nous ne nous sommes pas occupé de cette fonction, référence ([4])].

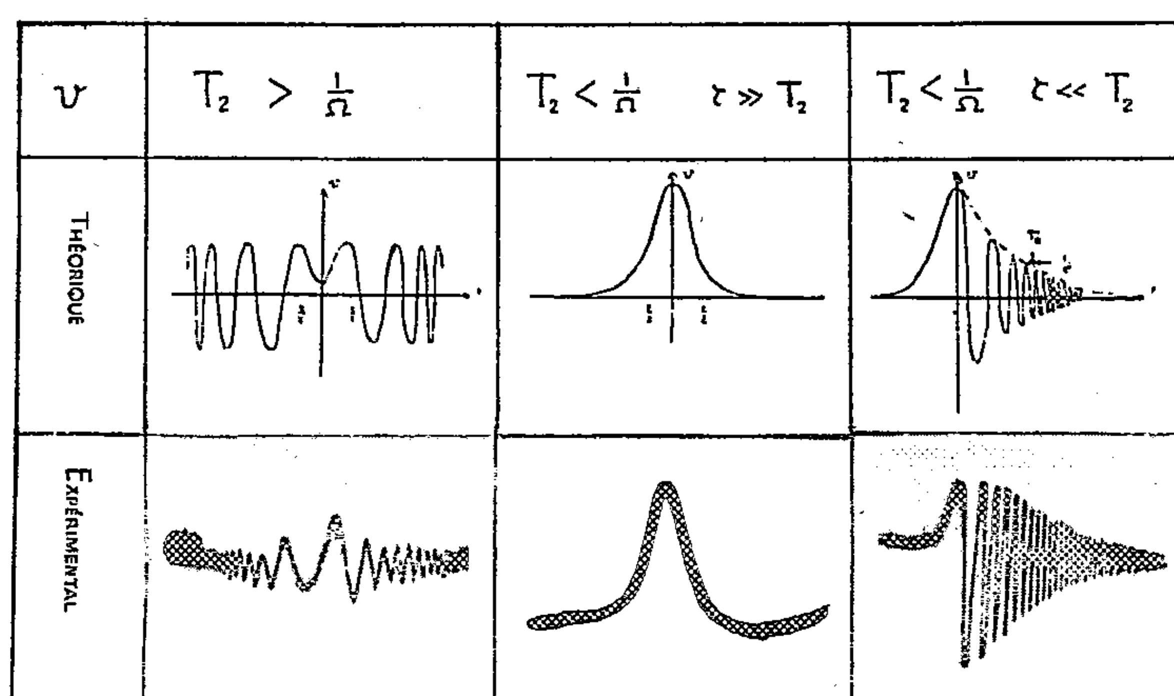



Fig. 2.

Les légères différences qui subsistent entre les diagrammes théoriques et expérimentaux sont dues à l'inhomogénéité du champ magnétique expérimental dont nous examinerons l'influence dans une Note ultérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence par spectrographie infrarouge de la fixation des ions bivalents sur la liaison peptidique.* Note (*) de MM. JACQUES CHOUTEAU et HENRI LENORMANT, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons décrit les modifications spectrales importantes produites par la fixation des ions bivalents ($Ca^{++}$, $Cu^{++}$, $Mg^{++}$) sur divers peptides et protéines. Le caractère de ces modifications nous avait conduit à envisager une fixation sur la liaison peptidique, les bandes perturbées étant précisément caractéristiques de cette fonction [H. Lenor-

---

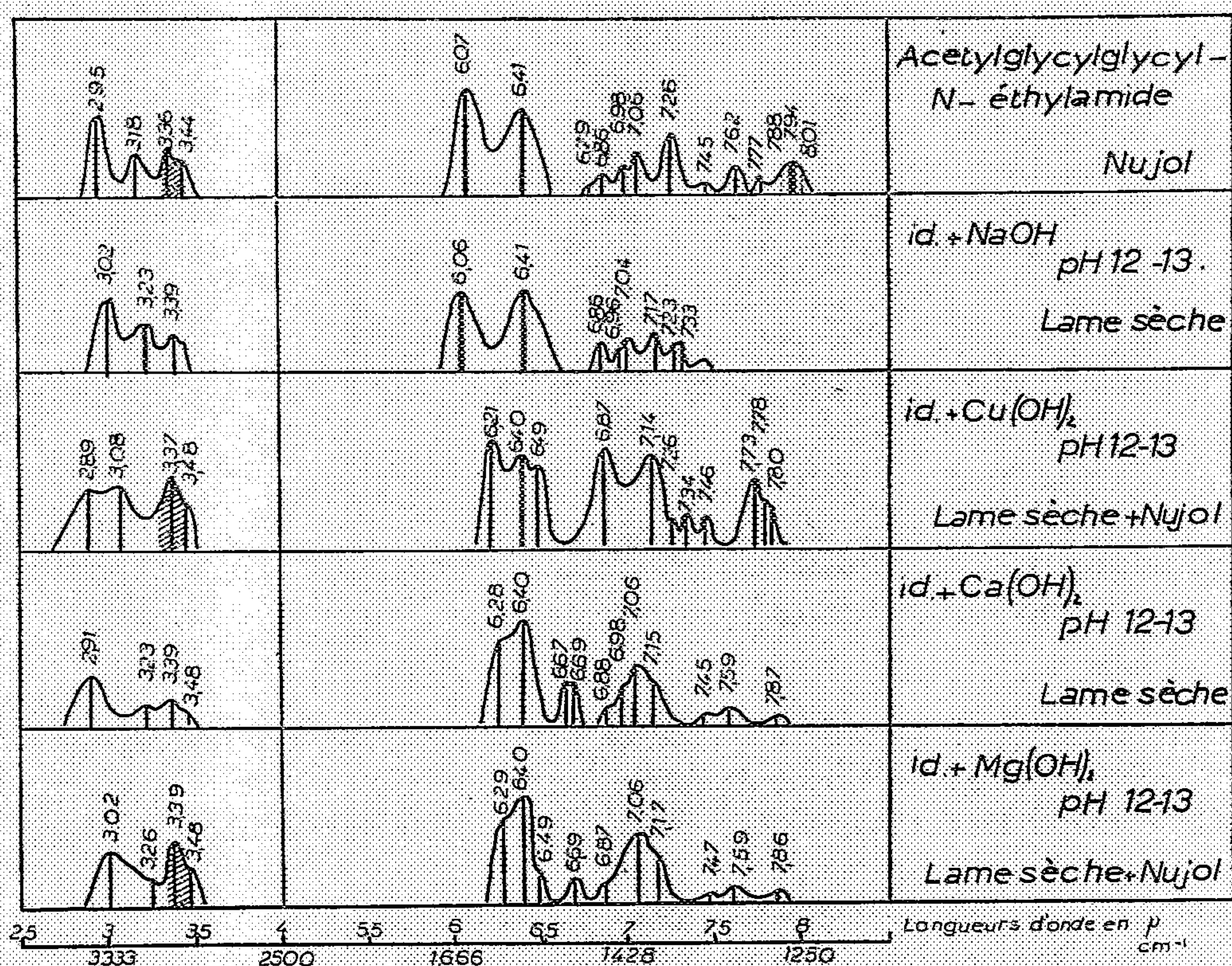
([4]) R. GABILLARD, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 324-326.

(*) Séance du 12 mars 1951.

([1]) H. LENORMANT et J. CHOUTEAU, *J. Physiol.*, 41, 1949, p. 203-206.

mant ([2])]. Nous avions signalé toutefois qu'une objection pouvait être faite, à savoir que les protéines et les peptides examinés possédaient certains groupements (— $NH_2$ et — COOH) susceptibles, d'une part, de réagir d'une manière analogue avec ces ions [A. M. Monnier ([3]), A. M. Monnier et J. Chouteau ([4])] et d'autre part de faire apparaître après une telle réaction des bandes assez voisines de celles que nous avons observées.

Pour éviter toute ambiguïté, l'un de nous a préparé un peptide ([5]) ne contenant aucune autre fonction réactive que la liaison peptidique : l'acétylglycylglycyl-N éthylamine, $CH_3$—CONH—$CH_2$—CONH—$CH_2$—CONH—$C_2H_5$. Nous avons fait réagir ce corps, en solution aqueuse à pH 12-13 en présence de $Cu(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ et examiné les produits de la réaction à l'état sec après évaporation sur lame de fluorine.




Il est remarquable de constater que l'on observe dans ce cas identiquement les mêmes modifications spectrales que dans le cas des peptides et protéines précédemment examinés.

([2]) *Thèse*, Paris, 1950.
([3]) *Rev. Gén. Sc. et Bull. Soc. Philom.*, 55, 1948, p. 98.
([4]) *Arch. Sc. Physiol.*, 1, 1947, p. 407.

Ces modifications qui apparaissent clairement dans le tableau ci-contre sont caractérisées schématiquement par :

1° la disparition de la bande 6$^{\mu}$;

2° l'apparition de bandes nouvelles dans la région de 6,20 à 6$^{\mu}$,50, qui viennent renforcer la bande normale à 6$^{\mu}$,40 de la liaison peptidique;

3° il apparaît en outre une ou deux (cas du Cu) fortes bandes entre 6,8 et 7$^{\mu}$,2, qui semblent caractéristiques de la formation de ce genre de composés; nous avions déjà signalé ce fait dans notre travail précédent.

On peut ainsi affirmer la réalité, au moins dans certaines conditions, d'une fixation des ions bivalents sur la liaison peptidique, contrairement à l'opinion de J. C. Abels (6) et de D. M. Greenberg (7). Par ailleurs, on peut constater (courbe 2) que le sodium seul ne modifie en rien la courbe d'absorption, contrairement à ce qui se passe pour les cyclopeptides [H. Lenormant (2)].

L'interprétation proprement dite des modifications spectrales est très délicate. On peut toutefois dire que la fixation des ions bivalents en question apporte une modification structurale importante de la liaison peptidique, et suggérer que cette modification est dans le sens d'un état mésomère plus accentué qu'à l'état normal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sélectivité des échangeurs d'ions.*

Note (*) de M. **Géza Austerweil**, présentée par M. Paul Pascal.

Les échangeurs d'ions ne réagissent pas d'une façon égale avec deux ions différents dont la solution est en contact avec eux. Cette différence peut se chiffrer par la *sélectivité* : S. C'est une constante de l'échangeur qui s'exprime par le quotient entre : *a*. le rapport des deux ions passant sur l'échangeur et *b*. le rapport de ces deux ions dans la solution. De ce fait, elle dépend des solubilités respectives des deux échangeurs salifiés présents (celui du début et celui qui s'est formé) et de la polarité (acidité ou basicité) de l'échangeur.

Lorsqu'un échangeur portant 1 équiv-g d'un ion échangeable est en contact avec une solution contenant aussi 1 équiv-g d'un autre ion mobile, ce dernier se répartit à l'équilibre entre l'échangeur et la solution; la quantité $a (a < 1)$ étant fixée par échange sur l'échangeur, la quantité $(1 - a)$ restant en solution.

---

(5) J. Chouteau, *Bull. Soc. Chim. Franc.*, 1951 (sous presse).

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 2609.

(7) *Advances in Protein Chemistry*, I, New-York.

(*) Séance du 9 avril 1951.

| | | | | | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|---|
| $x$ = cations Ca, $y$ = cations K en équivalents-grammes dans la solution initiale | $x = 0,3$<br>$y = 0,7$<br>$x/y = \mathbf{0,43}$ | $x = 0,5$<br>$y = 0,5$<br>$x/y = \mathbf{1}$ | $x = 0,7$<br>$y = 0,3$<br>$x/y = \mathbf{2,3}$ | $x = 0,9$<br>$y = 0,1$<br>$x/y = \mathbf{9}$ | |
| Sur l'échangeur :<br>$a$ = coefficient d'échangeur de Ca = 0,66<br>$b$ = coefficient d'échangeur de K = 0,54, d'où :<br>$an$ cations Ca, $bm$ cations K en équivalents-g à l'équilibre | $an_1 = 0,2\ (0,195)$<br>$bm_1 = 0,38\,(0,373)$<br>$an_1/bm_1 = \mathbf{0,52}$ | $an_2 = 0,33\,(0,322)$<br>$bm_2 = 0,27\,(0,261)$<br>$an_2/bm_2 = \mathbf{1,22}$ | $an_3 = 0,46\,(0,45)$<br>$bm_3 = 0,16\,(0,157)$<br>$an_3/bm_3 = \mathbf{2,87}$ | $an_4 = 0,6\ \ (0,6)$<br>$bm_4 = 0,054\,(0,05)$<br>$an_4/bm_4 = \mathbf{11}$ | |
| En solution à l'équilibre :<br>$(1-a) = 0,34$,<br>coefficient d'échangeur de Ca<br>$(1-b) = 0,46$,<br>coefficient d'échangeur de K en équivalents-grammes, d'où :<br>$(1-a)x$ cations Ca,<br>$(1-b)y$ cations K<br>en solution à l'équilibre | $(1-a)x_1 = 0,102\ (0,\ 1)$<br>$(1-b)y_1 = 0,\ 32\,(0,31)$<br>$(1-a)x_1/(1-b)y_1$<br>$= \mathbf{0,33}$ | $(1-a)x_2 = 0,17\,(0,166)$<br>$(1-b)y_2 = 0,23\ (0,\ 22)$<br>$(1-a)x_2/(1-b)y_2$<br>$= \mathbf{0,73}$ | $(1-a)x_3 = 0,24\ (0,\ 24)$<br>$(1-b)y_3 = 0,14\,(0,139)$<br>$(1-a)x_3/(1-b)y_3$<br>$= \mathbf{1,7}$ | $(1-a)x_4 = 0,\ 31\ (0,\ 32)$<br>$(1-b)y_4 = 0,046\,(0,044)$<br>$(1-a)x_4/(1-b)y_4$<br>$= \mathbf{7,3}$ | |
| Rapport entre Ca/K en solution et Ca/K fixés sur échangeur à l'équilibre<br>$\frac{(1-a)x/(1-b)y}{na/mb} = S_1$ | 0,61 | 0,59 | 0,59 | 0,61 | **0,6** |
| Rapport entre Ca/K en solution du début et Ca/K sur l'échangeur à l'équilibre<br>$\frac{x/y}{na/mb} = S_2$ | 0,82 | 0,82 | 0,80 | 0,81 | **0,81** |
| Rapport entre Ca/K en solution de début et Ca/K en solution à l'équilibre<br>$\frac{x/y}{(1-a)x/(1-2)y} = S_3$ | 1,34 | 1,37 | 1,35 | 1,35 | **1,35** |

En application de la loi des masses ([1]), ([2]), *le coefficient d'échange* est

$$a = \mathrm{F}\,\frac{\mathrm{S}_{\mathrm{E}'}.\psi\mathrm{K}}{(\mathrm{S}_{\mathrm{E}'}+\mathrm{S}_{\mathrm{E}''}).p\mathrm{K}},$$

$\mathrm{S}_{\mathrm{E}'}$ et $\mathrm{S}_{\mathrm{E}_0}$ sont les solubilités du même échangeur avant et après échange complet, $\psi$K sa polarité, pK la force de l'acide ou de la base salifiant l'ion en solution.

Lorsqu'on détermine la *sélectivité* d'un échangeur de cations par exemple, ce n'est pas *un* cation, mais un mélange de *deux* cations (au total *un* équiv-g en solution) que l'on met en contact avec un échangeur ayant *un* équiv-g d'ion échangeable. Les deux cations ayant des coefficients d'échange différents, $a$ et $b$, on trouve fixés, à l'équilibre, $na+mb$ cations, tandis que le reste $[1-(1-a)x+(1-b)y]$ reste en solution. Les deux coefficients d'échange étant différents, la répartition des deux ions, sur l'échangeur et dans la solution, sera différente, mais ce qui est passé sur l'échangeur et ce qui reste en solution vaut toujours au total *un* équiv-g

$$na+mb+1-[(1-a)x+(1-b)y]=1 \quad \text{et} \quad na+mb=x(1-a)+y(1-b).$$

La sélectivité, S, sera le rapport du quotient $na/mb$ des ions fixés sur l'échangeur et du quotient $x(1-a)/y(1-b)$ des ions restés en solution, soit

$$\mathrm{S}=\frac{\dfrac{x(1-a)}{y(1-b)}}{\dfrac{na}{mb}}$$

d'où

$$\frac{na}{mb}=\frac{x(1-a)+y(1-b)-mb}{x(1-a)+y(1-b)-na} \qquad \text{et} \qquad \mathrm{S}=\frac{by(1-m)}{ax(1-n)}.$$

S ne sera d'une exactitude rigoureuse que si les vitesses d'échange des deux ions sont identiques; sinon, il faudra tenir compte de l'échange supplémentaire (généralement négatif) entre l'ion fixé préférentiellement et l'autre.

On peut aussi déterminer le résultat de la sélectivité par rapport aux ions fixés sur l'échangeur et la solution de début, et comparer le rapport des ions au début et à l'équilibre.

Le tableau est relatif à l'échange de solutions contenant des ions Ca et K en proportions variables avec un échangeur à base de résorcine-formol sodé. Les chiffres sont exprimés en fractions d'équiv.-g; ceux entre parenthèses sont les données d'expérience.

Le *pouvoir sélectif* : la vitesse de passage de la composition de la solution vers son état d'équilibre $v=d\mathrm{S}_3/dt$ ne semble pas dépendre également des deux paramètres : solubilité et polarité de l'échangeur.

---

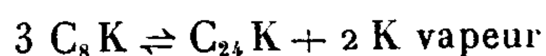
([1]) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 15, 1948, p. 948 et suiv.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 17, 1950, p. 1124.

CHIMIE MINÉRALE. — *Stabilité des composés interstitiels du graphite avec les métaux alcalins.* Note (*) de M. **Albert Hérold**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'auteur compare la tension de dissociation des composés de formule $C_8M$ à la tension de vapeur du métal M correspondant. La stabilité des composés croît avec la masse atomique du métal.

J'ai effectué de nouvelles mesures par la méthode du tube à deux boules décrite dans une Note précédente ([1]).

La température de la boule contenant le potassium étant maintenue constante, la pression de vapeur de ce métal l'est aussi. Dans ces conditions, la réaction réversible



$$3\,C_8K \rightleftharpoons C_{24}K + 2\,K \text{ vapeur}$$

se produit pour une valeur bien définie $t_c$ de l'écart $t = t_2 - t_1$ entre la température $t_2$ de la boule contenant le graphite, et celle $t_1$ de la boule contenant le potassium : cette valeur $t_c$ correspond à l'égalité entre la tension de vapeur du potassium et la tension de dissociation du composé $C_8K$. Comme la réaction ci-dessus s'accompagne d'un changement de couleur, il est facile de déterminer $t_c$ par approximations successives pour diverses valeurs de $t_1$. L'intérêt de ces déterminations est double : d'une part, elles donnent la tension de dissociation du composé $C_8K$ en fonction de la tension de vapeur du potassium, qui est connue par de nombreuses mesures : la valeur de l'une pour la température $t_1 + t_c$ égale la valeur de l'autre pour la température $t_1$. D'autre part, la connaissance de $t_c$ facilite la préparation des composés $C_8K$ et $C_{24}K$ à l'état pur : $t_1$ étant fixé, on obtient à volonté l'un ou l'autre en maintenant $t$ un peu inférieur ou un peu supérieur à $t_c$.

Ce qui est vrai du potassium l'est aussi du rubidium et du cæsium, qui fournissent les termes définis $C_8Rb$ et $C_8Cs$, ainsi que $C_{24}Rb$ et $C_{24}Cs$.

Le tableau ci-dessous donne, pour diverses valeurs de $t_1$, les valeurs de $t_c$ mesurées pour ces trois métaux.

| | $t_1$ en °C | 151. | 202. | 243. | 294. | 324. | 344. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_c$ | K | 80 | 91 | 97 | 109 | | 122 |
| | Rb | 130 | 153 | 175 | 200 | | 225 |
| | Cs | 266 | 302 | 333 | 375 | 397 | |

Ces résultats se représentent très simplement : $t_c$ est une fonction linéaire

(*) Séance du 9 avril 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 838.

de $t_1$. On a

pour K : $t_c = 0,22\ t_1 + 45$;
pour Rb : $t_c = 0,49\ t_1 + 55$;
pour Cs : $t_c = 0,76\ t_1 + 148$.

Les pentes des droites expérimentales ainsi représentées présentent un caractère remarquable : elles sont sensiblement proportionnelles aux masses atomiques des métaux.

La stabilité des composés étant fonction croissante de la masse atomique, il est naturel que le sodium réagisse plus difficilement avec le graphite que les autres alcalins. Le sodium liquide est sans action sur le graphite, même à 500° C. J'ai pu cependant obtenir entre ce métal et le graphite des composés analogues à ceux donnés par les autres alcalins, en opérant vers 900° C en tube de fer soudé à l'autogène. Mais, dans ces conditions, il y a formation d'un peu de carbure : traités par l'eau, les produits de la réaction donnent, outre de l'hydrogène, une faible quantité d'acétylène.

Il serait peut-être possible de fonder une méthode de séparation des métaux alcalins sur les différences de stabilité des composés qu'ils forment avec le graphite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Équilibres « liquide-solides » dans le système ternaire formé par les fluorures de sodium, potassium et calcium.* Note de MM. **Pierre Silber** et **Mohammad Ishaque**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude par analyse thermique de ce système (courbes de refroidissement) décèle cinq lignes de deux solides et deux points de trois solides : un eutectique et un péritectique. Seul le fluorure de calcium cristallise individuellement. Les deux autres fluorures forment deux séries de cristaux-mixtes. De plus, un sel double intervient : FK, $F_2Ca$.

Les compositions sont comptées en molécules-grammes $F_2Ca$, $F_2Na_2$, et $F_2K_2$, parallèlement aux côtés d'un triangle équilatéral de côté 100. Des trois systèmes binaires relatifs aux côtés de ce triangle, deux sont connus; seuls les points remarquables en ont été vérifiés : $F_2Ca - F_2Na_2$(AB), eutectique des deux sels purs, *a*, 810°, 51 % $F_2Na_2$; $F_2Na_2 - F_2K_2$(BC), deux séries de cristaux-mixtes avec eutectique, *b*, 722°, 60 % $F_2K_2$. Nous avons établi le troisième, $F_2K_2 - F_2Ca$ (CA) : un sel double équimoléculaire FK, $F_2Ca$ (D), à fusion congruente (F 1068°), forme un eutectique avec chacun des sels constituants; *c*, 782°, 26,7 % $F_2Ca$, et *d*, 1060°, 76,9 % $F_2Ca$.

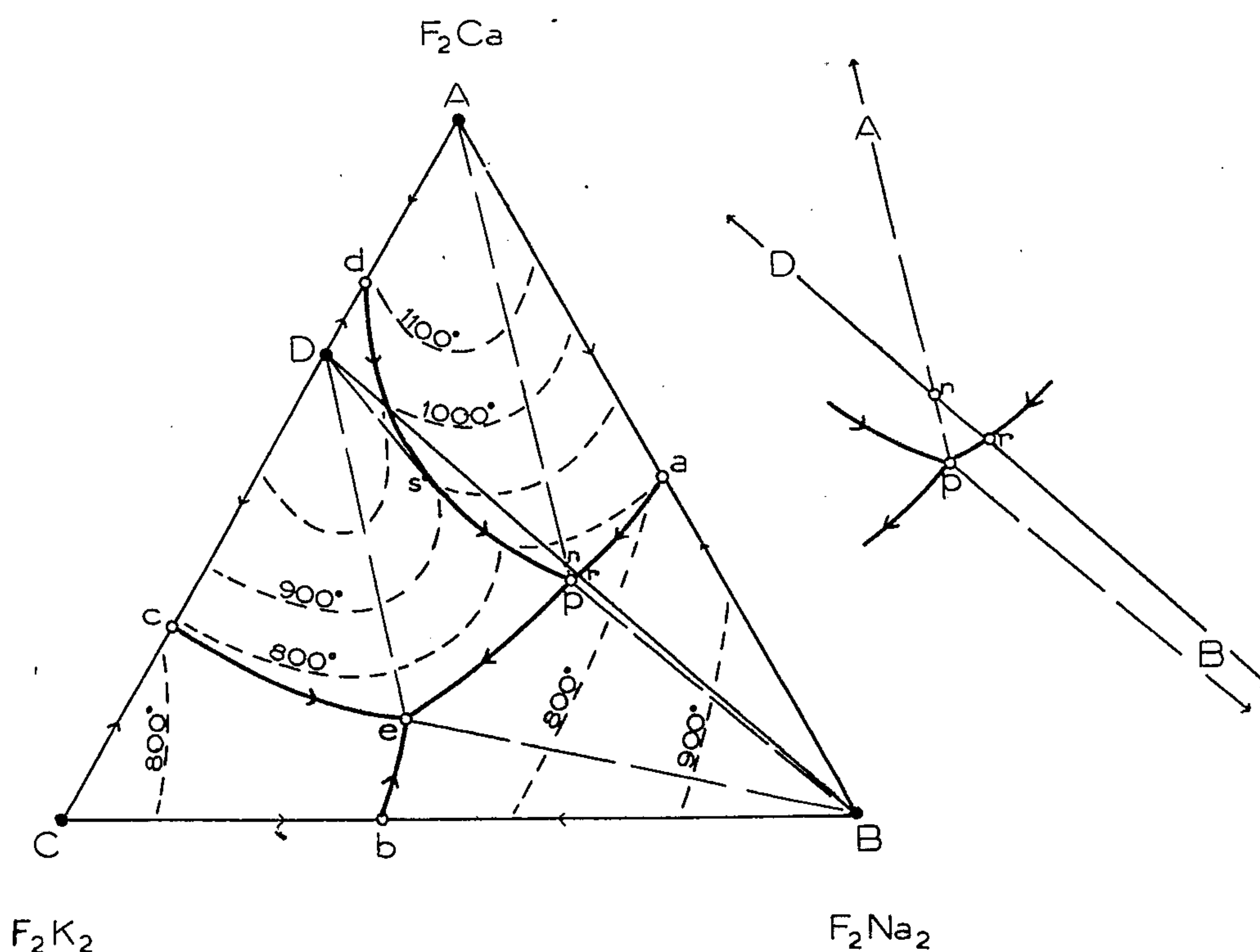
Quatre phases solides apparaissent dans le système des trois fluorures : fluorure de calcium, sel double FK, $F_2Ca$, deux séries de cristaux-mixtes FNa-FK : série I riche en FNa et série II riche en FK. Les domaines corres-

pondants se limitent mutuellement par cinq lignes de deux solides qui déterminent deux points de trois solides (équilibres invariants) :

*e* : 682°, $F_2Ca$, 14 % ; $F_2K_2$, 50 % et $F_2Na_2$, 36 % ;

*p* : 772°, $F_2Ca$, 34 % ; $F_2K_2$, 19 % et $F_2Na_2$, 47 %.

Au point *e*, les phases solides sont : série I, série II et sel double. Ce point est situé dans le triangle BCD dont les sommets figurent respectivement chacun des deux fluorures alcalins et le sel double. Les trois lignes de deux sels : *be*, *ce* et *pe* y accèdent par températures décroissantes. Le point *e* est donc un *eutectique* ternaire.

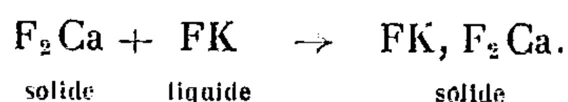



Au point *p*, fluorure de calcium, série I et sel double coexistent. Mais ce point se situe en dehors du triangle ABD. Le point *p* est donc un *péritectique*. Par températures décroissantes, deux lignes de deux solides : *ap* et *dp* y aboutissent, la troisième, *pe* s'en éloigne.

Pour tous les mélanges figurés par le segment de droite BD, le rapport du fluorure de calcium au fluorure de potassium est le même que dans le sel double. Suivant que les mélanges ont leur point figuratif initial de part ou d'autre de ce segment, l'évolution de la cristallisation diffère. La solidification finale se fait en *p* si le mélange initial renferme un excès de fluorure de calcium sur la composition du sel double (triangle ABD). Si, au contraire, le fluorure

de potassium est en excès (triangle BCD), la solidification finale se fait en *e*, avec passage par *p* et arrêt temporaire en ce point si le fluorure de calcium forme une phase solide (région B*ps*DB).

L'arrêt en *p* correspond à la réaction du fluorure de calcium déposé avec le fluorure de potassium pour former le sel double :



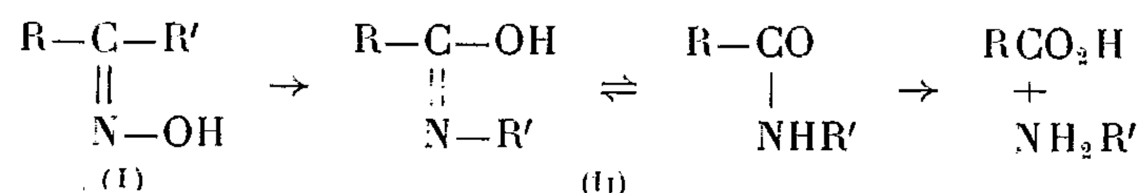
$$\underset{\text{solide}}{F_2Ca} + \underset{\text{liquide}}{FK} \rightarrow \underset{\text{solide}}{FK, F_2Ca}.$$

L'équilibre au point de trois solides *p* est donc incongruent pour le fluorure de calcium; le point figuratif A de ce sel est au-delà de la droite BD par rapport au point *p*.

L'apparition des cristaux-mixtes comme premier dépôt change l'allure des courbes de refroidissement, et celle des chemins de cristallisation qui sont alors plus ou moins incurvés. Ici, par suite de l'extension de la lacune de miscibilité jusqu'au voisinage du fluorure de sodium, les courbes de refroidissement des mélanges figurés dans la surface B*bepa*B se rapprochent de celles relatives au dépôt d'un sel pur. Les chemins de cristallisation correspondants forment pratiquement un faisceau rectiligne divergent du point B.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'interprétation du mécanisme de la transposition de Beckmann.* Note de MM. **Georges Darzens** et **Maxime Meyer**, transmise par M. Marcel Delépine.

La transposition de Beckmann, publiée par son auteur en 1886 [1] est une remarquable réaction qui permet de transformer l'oxime d'une cétone (I) en une amide (II) et, par suite, en un acide et une amine primaire.



$$\underset{(I)}{\begin{matrix}R-C-R' \\ \| \\ N-OH\end{matrix}} \rightarrow \underset{(II)}{\begin{matrix}R-C-OH \\ \| \\ N-R'\end{matrix} \rightleftharpoons \begin{matrix}R-CO \\ | \\ NHR'\end{matrix}} \rightarrow \begin{matrix}RCO_2H \\ + \\ NH_2R'\end{matrix}$$

Elle se réalise avec un bon rendement à une température peu élevée par l'action d'un réactif acide comme les acides sulfurique et chlorhydrique, le chlorure d'acétyle, l'acide benzène sulfonique ou le pentachlorure de phosphore. Lorsque les radicaux R et R′ sont très différents, il ne se forme qu'une seule amide et c'est le radical R de poids moléculaire le moins élevé qui donne naissance à l'acide [2]; dans le cas contraire, il se forme généralement deux amides et, par suite, deux acides et deux amines.

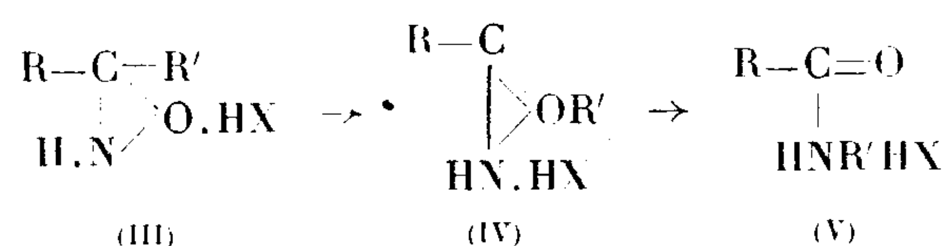
---

(1) *Ber. d. chem. ges.*, **19**, 1886, p. 989; **20**, 1887, p. 2580; **27**, 1894, p. 300; **37**, 1904, p. 4136.

(2) Hantsch, *ibid.* **24**, 1891, p. 4018; Blaise et Guérin, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **29**, 1905, p. 211.

De nombreuses tentatives ont été faites pour élucider le mécanisme de cette réaction mais sans en donner une interprétation satisfaisante; on admet généralement qu'il s'agit d'une permutation entre un des radicaux R et R′ et l'hydroxyde OH de l'oxime sans toutefois en donner la cause.

Suivant la nouvelle interprétation du mécanisme des transpositions moléculaires que nous avons donnée dernièrement ([3]) l'oxime (I), sous l'action du réactif acide HX, se transforme d'abord en la forme oxydique (III) où l'oxygène à pris la forme d'oxonium basique et se trouve en relation avec l'azote de l'oxime et le carbone de la fonction cétonique




Cette forme se transpose ensuite, par migration du radical R′ du carbone à l'oxygène en le dérivé d'oxonium (IV) et cette transposition est due à l'affinité du carbone et de R′, pour l'oxygène, alors que le réactif HX se porte sur l'azote qui prend la forme d'ammonium.

Enfin le dérivé (IV) donne l'amide (V) par suite à la migration de R′ de l'oxygène à l'azote et le retour de l'oxygène à la forme normale.

Il s'agit, comme on le voit, d'une oxydation intramoléculaire du carbone au dépend de l'oxygène du groupe OH de l'oxime et de la réduction de l'azote qui reprend sa forme normale basique. D'autre part, des deux radicaux R et R′, c'est celui qui a le plus d'affinité pour l'oxygène qui migre vers ce dernier, c'est-à-dire qui est le plus électropositif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de condensation d'esters β-cétoniques et de phénols en chromones.* Note de MM. **Charles Mentzer**, **Darius Molho** et **Paul Vercier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est bien connu que les phénols se condensent avec les esters β-cétoniques sous l'effet de certains déshydratants en donnant, soit des coumarines (von Pechmann), soit des chromones (Simonis). Mais alors que la première réaction est très générale et s'effectue la plupart du temps avec de bons rendements, la seconde est beaucoup plus limitée et nécessite des conditions opératoires particulières. Quelques auteurs ont montré que l'agent de déshydratation joue un rôle prépondérant en ce qui concerne l'orientation de la réaction. C'est ainsi que seul l'anhydride phosphorique serait apte à former des chromones; mais il existe cependant des cas où la

([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1234.

condensation conduit uniquement aux coumarines quel que soit le déshydratant employé. Ainsi, on admettait jusqu'ici que les polyphénols peuvent réagir uniquement selon von Pechmann. Or, nous venons de montrer qu'en chauffant un mélange équimoléculaire de résorcine et de benzylacétylacétate d'éthyle à 250° pendant 48 h, on obtient un corps cristallisé fondant à 282° et répondant à la formule brute $C_{17}H_{14}O_3$. Ce composé, différent de la benzyl-3-méthyl-4 hydroxy-7 coumarine préalablement préparée par Baker [1], est identique à la méthyl-2 benzyl-3 hydroxy-7 chromone dont nous avons synthétisé un échantillon à titre comparatif, selon la méthode de Crabtree et Robinson [2]. Non seulement le point de fusion du mélange des deux substances d'origine différente n'est pas abaissé, mais ces deux composés donnent également le même dérivé monoacétylé (P. F. entre 119 et 121°). Traitée par le *n*-propylacétylacétate d'éthyle, la résorcine nous a donné, après 2 h d'ébullition, un corps fondant à 160°; après plusieurs recristallisation dans l'alcool, ce point de fusion a pu être remonté et a finalement atteint la valeur de 201°.

Le dérivé ainsi purifié s'est révélé être de la méthyl-2 *n*-propyl-3 hydroxy-7 chromone, substance non encore décrite que nous avons également synthétisée selon la méthode de Kostanecki, par action de l'anhydride acétique et de $CH_3COONa$ sur la dihydroxy-2.4-*n*-butyrophénone. Le dérivé acétylé de cette nouvelle chromone fond à 72°. Si l'on prépare ce dérivé acétylé en partant du produit brut (F 160°) provenant de la condensation de l'ester propylacétylacétique et de la résorcine, il est possible d'en extraire, par cristallisation fractionnée, un peu de *n*-propyl-3 méthylacétoxy-7 coumarine (F 115°) qui est moins soluble dans l'alcool que l'acétoxychromone correspondante. Enfin, le cyclohexanone-carbonate d'éthyle, condensé à chaud avec la résorcine, aboutit uniquement à la cyclohexéno-2.3, hydroxy-7 chromone $C_{13}H_{12}O_3$ (F 277°, C % tr. 71,95, calc. 72,2, H % tr. 5,22, calc. 5,55) qu'il n'a pas été possible, jusqu'ici, de préparer par d'autres procédés [3].

En conclusion, les expériences que nous venons de signaler démontrent, d'une façon certaine, qu'il est possible de condenser les esters β-cétoniques avec la résorcine par simple chauffage, en l'absence de déshydratants. La cyclisation aboutit accessoirement à la formation d'une coumarine [4], mais le produit principal de la réaction est toujours une chromone et ce fait est assez inattendu puisque, dans le passé, il n'avait pas été possible

---

(1) *J. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 2353.

(2) *J. Chem. Soc.*, **113**, 1918, p. 867.

(3) H. K. Son et U. P. Basu, *J. Indian Chem. Soc.*, 5, 1928, p. 467.

(4) Il existe une certaine analogie entre cette méthode et la synthèse des hydroxy-4-coumarines par chauffage des phénols avec les esters maloniques, (voir *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 749).

(à notre connaissance) de préparer des chromones en partant d'un di ou d'un polyphénol. Du point de vue purement théorique, nos observations nous amènent à réviser les conceptions récemment exprimées par Dallemagne et J. Martinet ([5]). C'est ce que nous nous proposons de faire dans une prochaine publication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des ultrasons sur l'amidon.* Note de M. **René Sutra**, présentée par M. Paul Lebeau.

J'ai montré précédemment que les forces de cohésion qui relient les différentes chaînes $(C_6H_{10}O_5)_n$, constituant principal du grain d'amidon, sont rompues par broyage ([1]). J'ai poursuivi ces recherches en employant les ultrasons comme agent de désagrégation ou de dépolymérisation : 2 g de fécule de pomme de terre sont agités plusieurs heures dans 400 cm$^3$ d'eau en présence de quelques gouttes d'éther destiné à inhiber l'effet chimique des ultrasons ([2]); 150 cm$^3$ de la suspension sont ultrasonnés pendant 6 heures (955 kc : s, 120 W acoustiques, quartz 3 mm) dans une cloche refroidie par un courant d'eau.

La solution témoin ne présente aucun pouvoir rotatoire au tube de 1 m ni aucune coloration à l'iode : l'amidon naturel étant rigoureusement insoluble dans l'eau à froid. La solution ultrasonnée a un pouvoir rotatoire de 0°,08 au tube de 1 m pour la raie 546 et une coloration bleue faible par addition d'iode. Les grains d'amidon en suspension ont donc été partiellement désagrégés; cela correspond à une dissolution de 3,5 mg pour 10 cm$^3$ d'eau déterminée par le pouvoir rotatoire spécifique qui est $[\alpha]_{546} = +233°$. La précision du polarimètre permet de lire dans le vert une variation de 0°,02 à 0°,03, on peut ainsi déceler environ 1 mg d'amidon dans 100 cm$^3$; la limite de perception de la coloration bleue à l'iode est approximativement de 2 mg pour 100 cm$^3$ d'eau.

J'ai examiné si la grosseur du grain avait une influence; pour cela j'ai séparé par sédimentation les grains fins des gros. Dans les mêmes conditions expérimentales la solution dans laquelle se trouvaient les grains fins (environ 20 $\mu$) a un pouvoir rotatoire de 0°,46 et la coloration bleue à l'iode; celle provenant des gros grains (de 80 à 100 $\mu$) ne donne que 0°,04 et une coloration bleue à peine perceptible. Dans le premier cas il s'agit d'une solution de 20 mg pour 100 cm$^3$ et dans le second de 1,7 mg. Ce fait est vraisemblablement dû à l'observation suivante : le champ ultrasonore

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 1132.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 291.

([2]) R. O. Prudhomme et P. Grabar, *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 323.

n'est pas suffisant à maintenir les gros grains en suspension et ils échappent ainsi à son action.

Si l'on prolonge le temps auquel on laisse agir les ultrasons sur la suspension des grains d'amidon, la solution devient opalescente et ne se prête plus à la lecture du pouvoir rotatoire. Je me suis alors adressé à une fécule traitée par le procédé Leulier ([1]) de manière à avoir un amidon dans lequel l'hydrogène a remplacé les cations liés à l'acide phosphorique, constituant de tous les amidons. Cette substitution suffit à empêcher la gélification sous l'action de l'eau chaude qui fournit des solutions parfaitement limpides et sans effet Tyndall. J'ai lavé la fécule Leulier par agitation avec de l'eau jusqu'à ce que celle-ci ne présente aucun pouvoir rotatoire au tube de 1 m. Une suspension contenant 0,5 g d'amidon, 200 cm$^3$ d'eau et quelques gouttes d'éther a été soumise pendant 30 heures à l'action des ultrasons. La solution avait alors au tube de 0,2 m un pouvoir rotatoire de 0°,46 pour la raie 546 soit une solution de 0,1 g d'amidon pour 100 cm$^3$ d'eau; la coloration bleue à l'iode était intense. Il est évident qu'en prolongeant suffisamment le temps d'action des ultrasons l'amidon serait complètement dispersé comme par chauffage.

J'ai ensuite préparé par action de l'eau à chaud une solution de fécule Leulier dont le pouvoir rotatoire au tube de 0,2 m était de 1°,48. Deux fractions de cette solution ont été soumises aux ultrasons pendant 6 heures; l'une contenait quelques gouttes d'éther. Dans les deux cas le pouvoir rotatoire est resté identique à la solution témoin, toutefois la fraction ne contenant pas d'éther donnait une teinte vineuse à l'iode, dans ce dernier cas, il y avait eu effet chimique des ultrasons.

Pour terminer cette étude, j'ai préparé d'une part une solution à 5 % de fécule Leulier, puis d'autre part une solution à 3 %. Dans un Mémoire précédent ([1]), j'ai montré que ces solutions évoluaient en fonction du temps dans le sens d'une polymérisation; j'ai étudié cette évolution par la variation de la turbidité. J'ai montré ainsi que les courbes obtenues étaient différentes suivant que l'on avait employé un amidon du type blé ou un amidon du type pomme de terre. J'ai laissé vieillir 24 heures la solution à 5 % et 3 jours la solution à 3 %. Elles ont été ensuite soumises en présence de quelques gouttes d'éther aux ultrasons pendant 6 heures. Dans les deux cas j'ai constaté une diminution de 50 % de la turbidité de la solution vieillie par rapport à la solution initiale.

Les amidons de blé et d'arrow-root (Marantha arundinacea) conduisent à des résultats similaires.

De ces faits expérimentaux il ressort : 1° les ultrasons provoquent la désagrégation du grain, unité de structure de l'amidon, qui est alors susceptible de se disperser dans l'eau; théoriquement cette propriété peut s'expliquer par la rupture mécanique des forces de cohésion qui relient

entre elles les différentes chaînes $(C_6H_{10}O_5)_n$ et à cet égard s'apparente aux effets du broyage; 2° les ultrasons dépolymérisent les sols vieillis et en cela leur action est comparable à celle de la chaleur [1] ; 3° sur la longue chaîne même, ils semblent ne pas la toucher puisque l'on observe aucune variation de pouvoir rotatoire.

Antérieurement à ces expériences divers auteurs [3] avaient étudié l'action des ultrasons sur des empois ou des sols d'amidons d'origines diverses et souvent mal définis. Ils avaient constaté une diminution de la viscosité pour conclure à une dépolymérisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés acétyléniques de l'anthracène et produits hydrogénés correspondants. Une transposition aniotropique transannulaire* 1.5. Note (*) de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Déshydratation du dihydroxy-9.10 bis(phényléthyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène en styryl-9 phényléthyl-10 anthracène, par un mécanisme comportant une transposition anionotropique transannulaire 1.5. Confirmation de la structure de cet hydrocarbure par la transformation à la lumière de son stéréoisomère, obtenu à partir du phényléthynyl-9 phényléthyl-10 anthracène.

Après avoir constaté la forte résistance à la photooxydation présentée par le bis(phényléthynyl)-9.10 anthracène, IV [1], il m'a semblé intéressant d'étudier de ce point de vue divers composés plus hydrogénés de même squelette. Cette étude, qui est en cours, m'a amené à préparer plusieurs hydrocarbures à chaînes latérales acétyléniques, éthyléniques et saturées, symétriques ou non. Quelques-uns sont obtenus à partir de l'hydrocarbure diacétylénique IV, ou à partir du diquinol correspondant, le dihydroxy-9.10 bis(phényléthynyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène, I*a*, déjà décrit [1].

Le bis(phényléthyl)-9.10 anthracène, V, $C_{30}H_{26}$, jaune pâle, F 190-191°, présentant une fluorescence violette en solution, a été préparé par réduction du dihydroxy-9.10 bis(phényléthyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène, VII, $C_{30}H_{28}O_2$, F 224-225°, lui-même obtenu par hydrogénation du diquinol I*a* en présence de nickel Raney ou de palladium. Cette réduction se fait avec des rendements élevés à l'aide du trichlorure de titane, en milieu acétique à température ordinaire, suivant la méthode actuellement utilisée avec succès au laboratoire pour les diquinols acéniques.

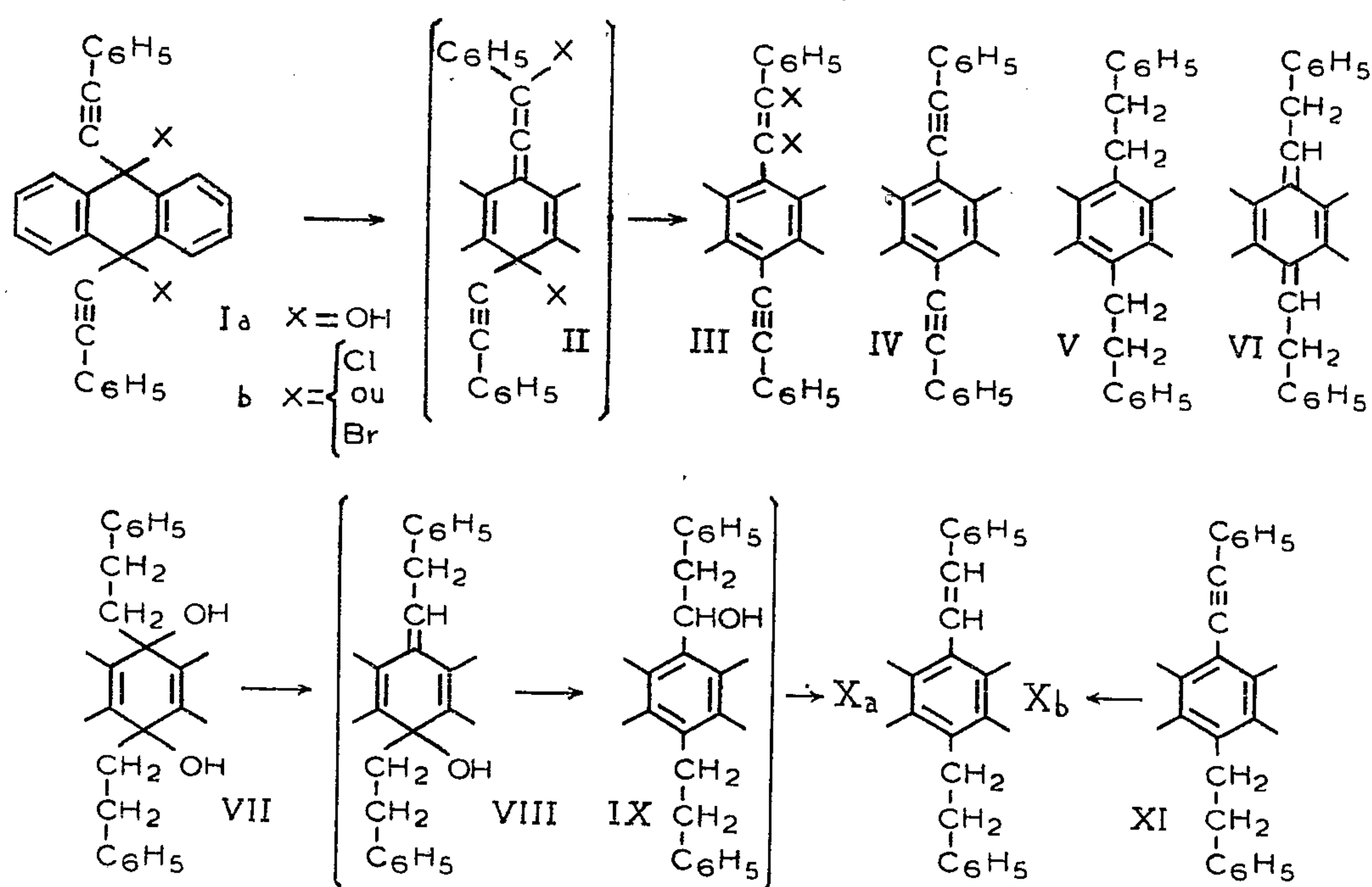
---

(3) *Voir* bibliographie dans P. Grabar et R. O. Prudhomme, *Les hauts Polymères Strasbourg*, 1946, p. 145.

(*) Séance du 9 avril 1951.

(1) Ch. Dufraisse, J. Mathieu, G. Rio, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 937.

Mais si l'on essaie de faire la réduction du diquinol saturé VII par l'ancienne méthode (acide acétique + iodure de potassium + hypophosphite de sodium) ([2]), on recueille un produit jaune franc, F 195-196°, donnant des solutions douées d'une fluorescence verte. Son analyse lui fait attribuer la formule $C_{30}H_{24}$. Il y a donc eu une double déshydratation, le mélange $CH_3CO_2H$ + IK agissant comme déshydratant et non comme réducteur; d'ailleurs, le même produit se forme avec un déshydratant comme l'acide sulfurique en milieu acétique, alors que l'acide acétique seul, ou même l'anhydride acétique, à chaud, ne permettent pas de l'obtenir.




On pourrait supposer que la double déshydratation se fait symétriquement, on aboutirait alors au bis(phényléthylidène)-9.10 dihydro-9.10-anthracène, VI. Mais une telle structure ne s'accorde pas avec les propriétés ci-dessus du produit de déshydratation. Un hydrocarbure analogue à VI, le dibenzhydrylidène-9.10 dihydro-9.10 anthracène, est incolore.

Une formule non symétrique, X*a*, correspondant au styryl-9 phényléthyl-10 anthracène, que l'on peut faire dériver de VI par déplacement des doubles liaisons avec « aromatisation » du noyau méso du système, cadrerait mieux avec ces propriétés. On peut admettre que la déshydratation se fait en deux étapes; la première conduit à l'intermédiaire VIII, puis

([2]) CH. DUFRAISSE et R. HORCLOIS, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 1894.

une migration anionotropique 1.5 transannulaire donne l'(hydroxyphényl-éthyl)-9 phényléthyl-10 anthracène, IX, enfin une seconde déshydratation amène à l'hydrocarbure X *a*. Ce mécanisme est semblable à celui qui a été proposé précédemment ([3]) pour expliquer la formation des dérivés dihalogénés III du diquinol diacétylénique I *a*; en effet, après une isomérisation du diester I *b* du diquinol en un intermédiaire II, par une migration 1,3 d'un halogène, on a supposé que le deuxième halogène passait sur la chaîne latérale opposée par une migration transannulaire 1.5. Ce type de transposition, qui a été déjà constaté par d'autres, quoique plutôt exceptionnellement, paraît ainsi être un phénomène général ([4]).

Pour confirmer la formule X *a*, proposée pour le produit de déshydratation du diquinol saturé VII, j'ai hydrogéné par le couple zinc-cuivre et l'alcool suivant Straus ([5]), à l'abri de la lumière solaire directe, le phényléthynyl-9 phényléthyl-10 anthracène, XI, en styryl-9 phényléthyl-10 anthracène, X *b*, $C_{30}H_{24}$, jaune pâle, F 154-155°, très peu fluorescent en solution. Ce dernier, isomère du produit de déshydratation ci-dessus, le donne effectivement par insolation, réaction normale puisqu'il s'agit du passage d'un corps éthylénique à son stéréoisomère.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fulvènes correspondant au diphényl-2.3 indène.* Note (*) de M. **Pierre Vallette**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparations et propriétés de diphényl-2.3 benzofulvènes (III) substitués, obtenus par déshydratation des carbinols (II) correspondants. Préparations des isomères cis et trans du diphényl-2.3 bis-indénylidène-1.1′ (V).

Le groupement carbonyle de la diphényl-2.3 indone (I) présentant des anomalies de réactions [*voir* entre autres ([1])], nous avons voulu voir si les magnésiens réagissaient normalement sur ce produit. L'action respective des magnésiens des halogénures de méthyle, d'éthyle, d'isopropyle, de *n*-butyle, de benzyle et de benzhydryle a effectivement conduit aux carbinols attendus : l'hydroxy-1 méthyl-1 diphényl-2.3 indène (II *a*), $C_{22}H_{18}O$, $F_{inst}$ 143°; l'hydroxy-1 éthyl-1 diphényl-2.3 indène (II *b*), $C_{23}H_{20}O$, $F_{inst}$ 160°; l'hydroxy-1 isopropyl-1-

---

([3]) G. Rio, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 781.

([4]) Julian, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1607; 71, 1949, p. 2058 et 2368; Fieser, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 3098; 65, 1943, p. 2018; A. Étienne et R. Brisson, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 208, 288 et 851; Badger, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 2311 et 2314.

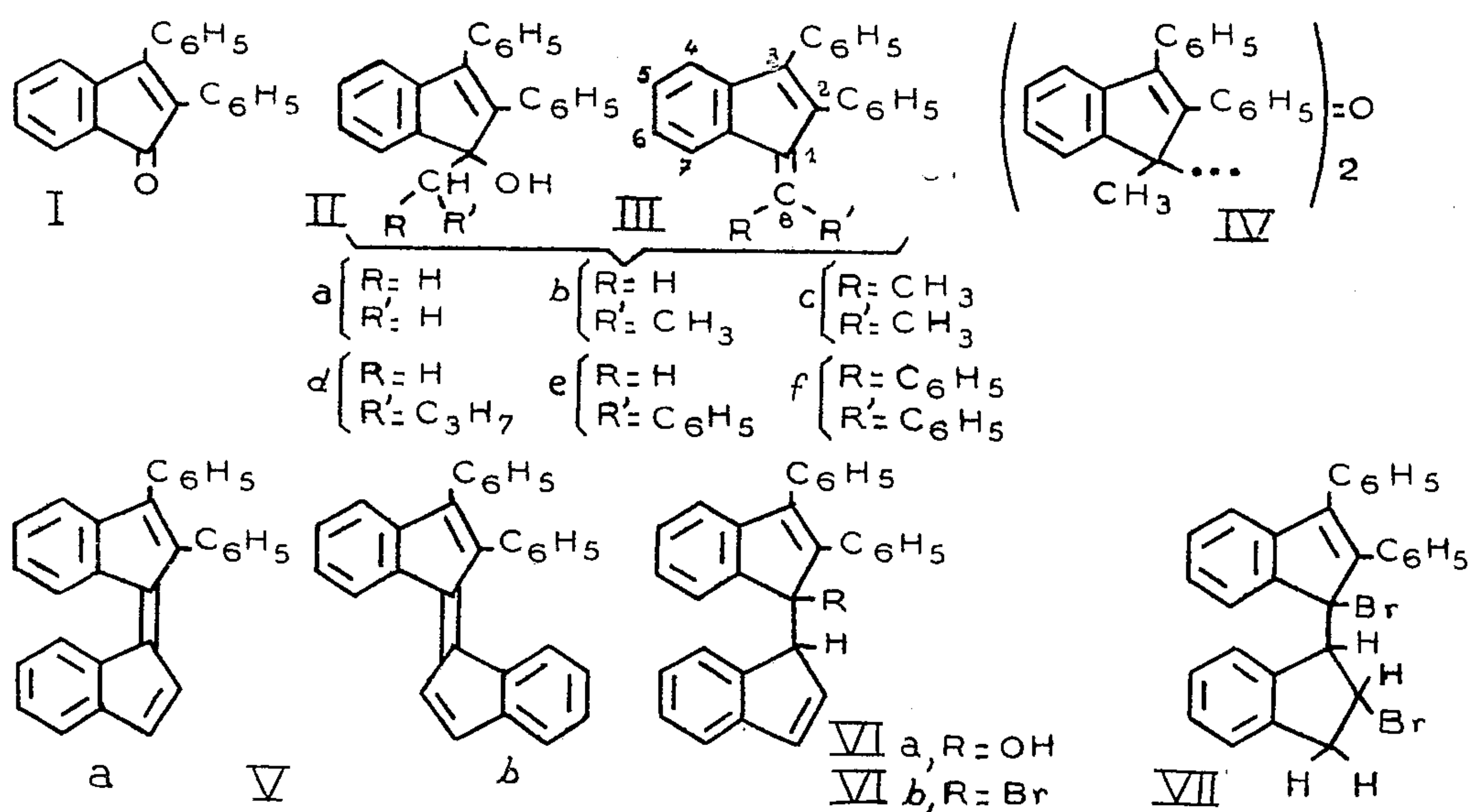
([5]) *Liebigs Annalen Chem.*, 342, 1905, p. 238.

(*) Séance du 9 avril 1951.

([1]) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 1381.

diphényl-2.3 indène (II*c*), $C_{24}H_{22}O$, $F_{inst}$ 159°; l'hydroxy-1 butyl-1 diphényl-2.3-indène (II*d*), $C_{25}H_{24}O$, $F_{inst}$ 127°; l'hydroxy-1 benzyl-1 diphényl-2.3 indène (II*e*) et l'hydroxy-1 benzhydryl-1 diphényl-2.3 indène (II*f*), $C_{34}H_{26}O$, $F_{inst}$ 178°.

Ces carbinols ont la propriété d'être stables à la chaleur, sauf, toutefois, l'hydroxy-1 benzhydryl-1 diphényl-2.3 indène (II*f*) qui, à 500°, se scinde quantitativement en diphényl-2.3 indone (I) et diphénylméthane.




La déshydratation de ces carbinols conduit aux fulvènes du type (III) et s'effectue d'autant plus facilement qu'il y a plus de substituants sur le carbone voisin de celui qui est porteur de l'oxhydryle. Les réactifs employés pour la déshydratation sont $ZnCl_2$ et $SO_4KH$, sauf avec le carbinol le plus simple, l'hydroxy-1 méthyl-1 diphényl-2.3 indène (II *a*) pour lequel on a été obligé d'utiliser l'alumine à 300° pour aboutir au diphényl-2.3 benzofulvène (III *a*), $C_{22}H_{16}$, $F_{inst}$ 283°. Au cours de cette dernière réaction, il se forme d'ailleurs une quantité notable de l'oxyde de bis(méthyl-1 diphényl-2.3 indényle-1)(IV), $C_{44}H_{34}O$, $F_{inst}$ 282°.

Nous avons donc obtenu, outre le précédent (III *a*), le diphényl-2.3-méthyl-8 benzofulvène (III *b*), $C_{23}H_{18}$, $F_{inst}$ 140°; le diphényl-2.3 diméthyl-8.8-benzofulvène (III *c*), $C_{24}H_{20}$, $F_{inst}$ 138°; le diphényl-2.3 propyl-8 benzofulvène (III *d*), $C_{25}H_{22}$, $F_{inst}$ 105°; le triphényl-2.3.8 benzofulvène (III *e*) et le tétraphényl-2.3.8.8 benzofulvène (III *f*), $C_{34}H_{24}$ $F_{inst}$ 232°. Tous ces fulvènes sont plus ou moins jaune foncé; ils sont stables et ne donnent pas de photooxydes.

Le diphényl-2.3 bis-indénylidène-1.1′ (V) a été préparé d'une façon analogue. Le bromure d'indénylmagnésium, obtenu suivant la technique de

Courtot [2], a donné, avec la diphényl-2.3 indone (I), l'hydroxy-1 (indényl-1')-1-diphényl-2.3 indène (VI*a*), $C_{30}H_{22}O$, $F_{inst}$ 150°. Ce carbinol est encore plus sensible à l'action de la chaleur que l'hydroxy-1 benzhydryl-1 diphényl-2.3-indène (II*f*), car il se scinde, dès 300°, en diphénylindone et indène. Le passage au fulvène correspondant (V) n'a pu être réalisé par déshydratation directe. Ce n'est que par débromhydratation de l'éther bromhydrique (VI*b*) que nous avons pu arriver au résultat. Le dérivé bromé, le bromo-1 diphényl-2.3 bis-indényle-1.1' (VI*b*) $C_{30}H_{21}Br$, $F_{inst}$ 148°, s'obtient facilement par action de $PBr_3$ en excès sur le carbinol (VI*a*) et hydrolyse par de l'eau glacée. Toutefois, si l'hydrolyse est faite simplement par de l'eau à la température ordinaire, on obtient un dérivé dibromé qui est vraisemblablement le dibromo-1.2' diphényl-2.3 dihydro-2'.3' bis-indényle-1.1' (VII) $C_{30}H_{22}Br_2$, $F_{inst}$ 170°. La formation de ce corps s'explique par le fait que l'hydrolyse de l'excès de $PBr_3$ produit de l'acide bromhydrique qui se fixe à la température ordinaire, sur la double liaison 2'.3' du reste indénylique. En effet, nous avons vérifié, à cette occasion, que le dérivé monobromé (VI*b*) fixait rapidement BrH à la température ordinaire, et plus lentement à 0°, en donnant le dérivé dibromé (VII), résultats qui sont en accord avec le fait déjà signalé, à savoir que l'acide bromhydrique réagit facilement par addition sur la double liaison en 2.3 de l'indène [3].

Ces deux dérivés bromés (VI*b* et VII) se débromhydratent dans la pyridine pour donner l'un et l'autre les deux isomères cis et trans du diphényl-2.3 bis-indénylidène-1.1' (V*a* et V*b*), comme cela a déjà été indiqué dans une Note précédente [4].

MINÉRALOGIE. — *Sur la rétention de molécules organiques par la montmorillonite.* Note de M^me **Rachel Glaeser**, présentée par M. Charles Mauguin.

Des corps organiques volatils sont retenus indéfiniment dans le vide à l'état de couches monomoléculaires sur la montmorillonite-Ca. Le phénomène ne se produit généralement pas sur la montmorillonite-Na.

La Note donne une brève discussion des épaisseurs moléculaires et des densités superficielles observées.

L'attention a déjà été attirée [1] sur le fait, que la désorption dans le vide de l'acétone ou de l'isopropanol, préalablement fixé sur la montmorillonite-Ca, laisse subsister indéfiniment une couche monomoléculaire organique par feuillet élémentaire du minéral. Ce phénomène ne se produit pas pour la montmorillonite-Na.

(2) V. Grignard et Ch. Courtot, *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 272; **154**, 1912, p. 361.

(3) R. Weissgerber, *Berichte*, **44**, 1911, p. 1443.

(4) Ch. Dufraisse, A. Étienne et P. Vallette, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1379.

(1) R. Glaeser, *Transactions of the Fourth International Congress of Soil Science*, **3**, Amsterdam, 1950 (sous presse).

Les résultats qui suivent concernent plusieurs autres corps organiques.

| | Taux de rétention rapportés au minéral calciné (%). | |
|---|---|---|
| | Montmorillonite-Na. | Montmorillonite-Ca. |
| Méthanol | 1,7 | 6,2 |
| Éthanol | 2,7 | 11,0 |
| Propanol | 13,0 | 13,0 |
| Isopropanol | 4,2 | 15,4 |
| Cyclohexanol | 21,4 | 29,2 |
| Acétone | 9,0 | 13,6 |
| Cyclohexanone | 18,8 | 22,9 |

Il faut remarquer que la désorption sur la montmorillonite-Na est très lente et peut demander de 2 à 10 mois de séjour dans le vide, suivant le corps. Les chiffres de la première colonne correspondent à 6 semaines de désorption et ne sont donc pas définitifs. Le critère le plus valable de la non-rétention est fourni par les diagrammes de rayons X : le début de la désorption fait apparaître un petit nombre d'écartements (001) de 9,6 Å, interstratifiés en désordre avec les écartements caractéristiques du complexe à une couche, ce qui suffit à rendre diffuses les principales réflexions ([2]). L'effet est assez sensible pour détecter l'absence de rétention avant que les indications de la balance deviennent concluantes. L'emploi de cette méthode a permis de constater l'absence de rétention sur la montmorillonite-Na pour tous ces corps à l'exception du propanol et du cyclohexanone. La rétention sur la montmorillonite-Ca peut être affirmée, par contre, pour tous les corps : les réflexions (00*l*) restent inchangées et nettes quelles que soit la durée du séjour dans le vide.

Le deuxième Tableau donne pour la montmorillonite-Ca : *a*. les épaisseurs élémentaires $\Delta_1$ et $\Delta_2$ occupées par les molécules organiques, respectivement dans les complexes de rétention (à 1 couche) et dans les complexes initiaux à 2 couches; $\Delta_1$ et $\Delta_2$ sont mesurés à l'aide de rayons X; *b*. les épaisseurs $\Delta_1$ calculées comme encombrement Van der Waals minimum des molécules, suivant les données de Pauling ([3]); *c*. les nombres N de molécules retenues par la surface de la maille élémentaire plane du minéral (46,5 Å$^2$).

| | $\Delta_1$ mesuré. (Å). | $\Delta_2$ mesuré. (Å). | $\Delta_1$ calculé. (Å). | N. |
|---|---|---|---|---|
| Méthanol | 2,7 | 6,6 | 3,9 | 1,35 |
| Éthanol | 3,8 | 6,7 | 3,9 | 1,67 |
| Propanol | 4,4 | 8,1 | 4,6 | 1,51 |
| Isopropanol | 4,4 | 8,0 | 4,6 | 1,66 |
| Cyclohexanol | 5,0 | | 5,0 | 2,0 |
| Acétone | 3,5 | 7,4 | 3,9 | 1,64 |
| Cyclohexanone | 5,0 | | 5,0 | 1,64 |

([2]) S. B. HENDRICKS and E. TELLER, *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 147; J. MERING, *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 371; G. BROWN and D. M. C. MAC EWAN, *J. Soil. Sci.*, 1, 1949, p. 239.

([3]) *La nature de la liaison chimique* (*Presses Universitaires*, Paris 1949).

Les valeurs des $\Delta$, déjà discutées par Mac Ewan ([4]), permettent cette fois-ci une confrontation directe des épaisseurs monomoléculaires. On voit que l'accord des $\Delta_1$ mesurés et calculés est satisfaisant pour tous les corps à l'exception du méthanol. Pour ce corps la valeur mesurée de $\Delta_1$ correspond au diamètre d'encombrement du groupe hydroxyle, Cela suggère qu'un des 3 atomes H de l'alcool se trouve engagé dans les cavités hexacoordonnées du feuillet de silicate. Les distances entre ces cavités (5,2Å) sont favorables à l'enchaînement des hydroxyles par les liaisons hydrogène. On remarque pour le méthanol l'égalité $\Delta_{2\,mes} = \Delta_{1\,mes} + \Delta_{1\,calc}$, ce qui indique que les molécules de la deuxième couche ne sont pas engagées dans les cavités.

Pour l'éthanol, le propanol et l'isopropanol, $\Delta_2$ est sensiblement inférieur à $2\,\Delta_1$ : les deux couches du complexe initial s'interpénètrent dans une certaine mesure.

La valeur de N pour le cyclohexanol dépasse fortement le maximum (1,5) compatible avec l'encombrement de ses molécules, ce qui s'explique peut-être par une rétention importante dans les vides intercristallins. A deux exceptions près N diffère peu de 1,6. Ce nombre se retrouve dans la densité moléculaire superficielle déterminée dans les expériences de Mackenzie ([5]) sur la fixation du glycol et confirmée par les données de Hendricks et Dyal ([6]) sur la rétention de ce corps. L'interprétation de ce nombre est encore difficile, mais sa constance semble s'opposer à la conception ([1]) des couches adsorbées sans relation de structure avec la surface de l'adsorbant.

MINÉRALOGIE. — *Cristallisation des gels mixtes* $SiO_2$-$CuO$. Note de M. GERMAIN SABATIER, présentée par M. Charles Mauguin.

Un gel formé de silice et d'un oxyde métallique, chauffé progressivement, est généralement le siège, à une certaine température, d'un brusque dégagement de chaleur; il y correspond la cristallisation de tout ou partie du gel. J'ai étudié ces phénomènes, dans une précédente Note ([1]), pour les mélanges $SiO_2$-$MgO$; le système $SiO_2$-$CuO$, étudié ici, montre un aspect très différent du même phénomène.

Les gels sont préparés en précipitant une solution de nitrate de cuivre par une solution de silicate de soude. Le rapport $SiO_2/Na_2O$ du silicate est choisi de telle sorte que la soude neutralise exactement les ions $NO_3$. Après dessiccation et lavage du précipité on a ainsi obtenu des gels dont la composition, fixée à l'avance, s'échelonnait entre $2\,CuO\,SiO_2$ et $CuO\,2\,SiO_2$.

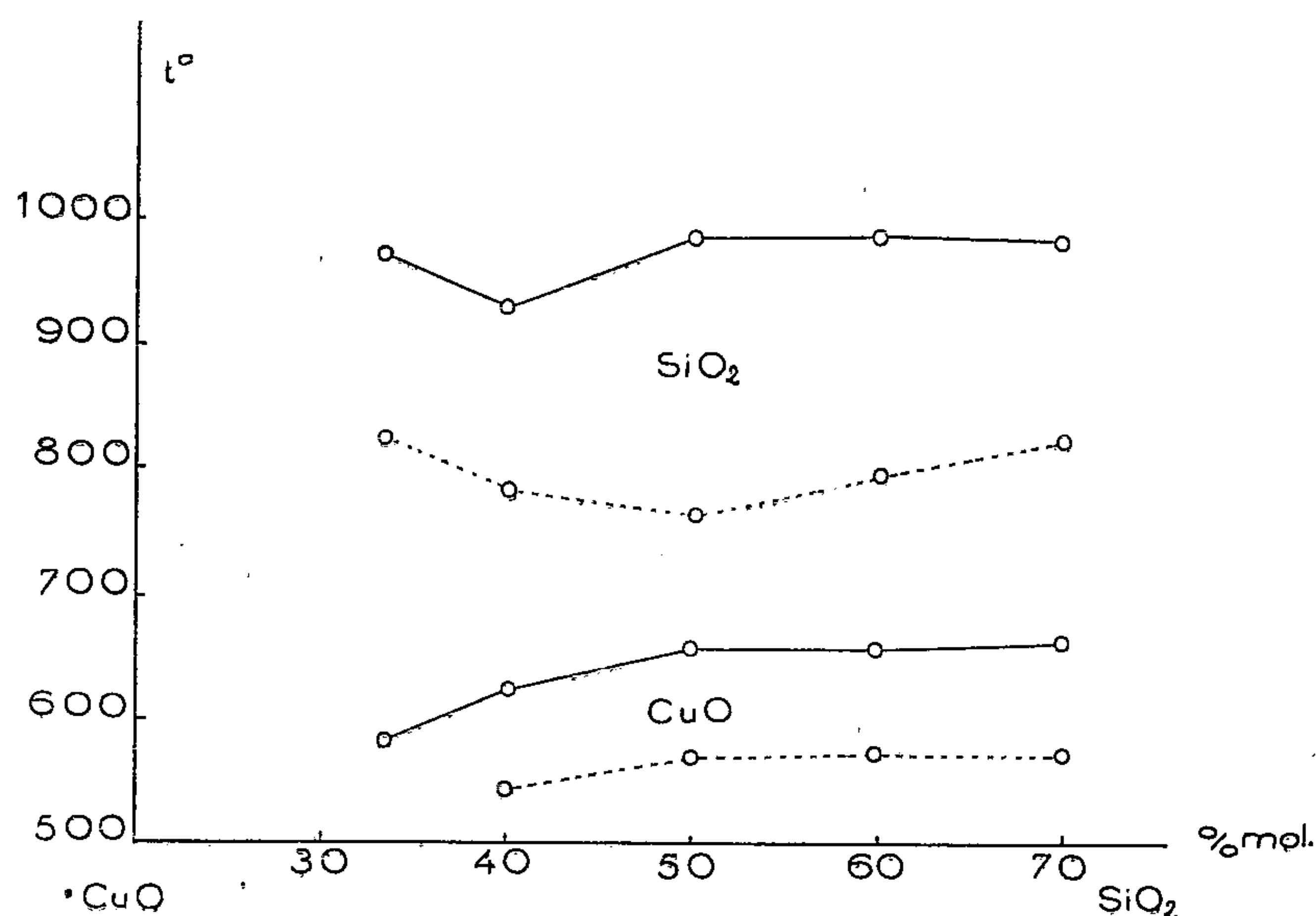
---

([4]) *Trans. Far. Soc.*, 44, 1948, p. 349.
([5]) *Trans. Far. Soc.*, 44, 1948, p. 368.
([6]) *Trans. of Fourth International Congress of Soil Science* II, Amsterdam, 1950, p. 71.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1950, p. 1962.

Les courbes d'analyse thermique différentielle de ces gels montrent deux crochets exothermiques; le premier puissant et aigu aux alentours de 600°; le second plus faible un peu avant 1000°. L'amplitude de ces crochets diminue lorsqu'on fait croître la concentration des solutions servant à préparer le gel, ou lorsqu'on réduit la vitesse de chauffe de l'analyse thermique; mais les températures auxquelles ils apparaissent sont reproductibles à 10° près.

L'étude radiocristallographique des échantillons montre que le premier crochet est dû à la cristallisation de CuO sous la forme triclinique de ténorite, et le second à la cristallisation de la silice en cristobalite. Auparavant le gel est amorphe. La figure ci-dessous, trait plein, donne les températures de cristallisation, d'ailleurs peu variables, en fonction de la composition chimique.




La quantité de chaleur dégagée par la cristallisation de CuO, dans le gel équimoléculaire, peut être évaluée, très grossièrement, à 5 kcal : mol. Cette énergie ne provient pas du travail de rapprochement des ions dont l'empilement serait plus compact après la cristallisation. La variation de volume qui accompagne la cristallisation est, en effet, pratiquement nulle.

L'examen microscopique des produits cristallisés montre que la ténorite s'isole en amas de quelques microns au sein de la silice.

Si l'on remplace, dans la préparation des gels, le nitrate par le chlorure de cuivre, les phénomènes restent qualitativement les mêmes, mais les crochets exothermiques présentent une moindre amplitude et sont plus étalées ; en particulier, pour le gel 2 CuO $SiO_2$, il n'y a plus de crochet net de cristallisation de CuO, De plus les températures de cristallisation sont abaissées, (figure trait ponctué) surtout pour la cristobalite, et CuO s'isole en amas beaucoup plus

gros, pouvant dépasser 10 μ. On observe en même temps que le gel retient une petite quantité de chlore (1,5 %). Ce sont ces traces de chlore qui sont responsables des modifications survenues. On peut en effet les reproduire en ajoutant au gel, préparé à partir du nitrate, quelques centièmes de chlorure de sodium.

En conclusion, on n'observe donc aucune formation de silicate de cuivre, mais seulement la cristallisation successive des deux constituants du gel. Néanmoins la cristallisation s'effectue à température définie et elle est fortement exothermique comme lorsqu'il y a combinaison. On a vu d'autre part que le phénomène est sensible à l'action d'un agent minéralisateur, en l'occurence le chlore, qui abaisse la température de cristallisation et favorise la ségrégation de la ténorite.

GÉOLOGIE. — *Sur un gisement remarquable d'Invertébrés et de Vertébrés dans le Trias moyen de l'Extrême Sud tunisien.* Note (*) de MM. **Gilbert Castany, Charles Domergue, Charles Gottis** et **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans l'immense plaine de la Jeffara, le relief le plus notable est dû au Djebel Rehach, dont la pointe avancée est le Kef-et-Touareg (207 m) à 40 km à l'Est de Tataouïne. Le Trias de la région comprend 1000 m de grès rouges continentaux, surmontés de 100 m de calcaires marins avec bancs marneux. Pervinquière ([1]) apporta la preuve que ces calcaires appartiennent au Muschelkalk par la trouvaille d'une faunule de Lamellibranches. Une course commune effectuée récemment nous a fait découvrir, dans les couches de passage des grès aux calcaires, une association faunique très remarquable. Le gisement est situé au même niveau que celui de Pervinquière, dans une couche marneuse épaisse de 3 m, encadrée par des grès rouges à bois ferruginisés et exposée sur un éperon détaché au Nord-Est du Kef-et-Touareg. Nous y avons récolté :

1° Des Lamellibranches assez abondants, dont une quinzaine d'espèces au moins sont déterminables : *Pecten discites* Schloth., *P. tenuistriatus* Goldf., *Enantiostreon difforme* Schloth., *E. spondyloides* Schloth., *Mytilus eduliformis* Schloth., *M. gibbus* Alberti, *Modiola raibliana* Bittn., *M. minuta* Goldf., *Nucula* sp., *Leda* sp., *Anoplophora Münsteri* Wissm., *Myophoria lævigata* Alberti, *M. lævigata* var. *elongata* Phil., *M. cardissoides* Alberti, *M. vulgaris* Gein., *Unicardium Schmidi*, Gein.

2° Les Gastéropodes sont représentés par *Worthenia superba* Assm., assez abondant, associé à de petites coquilles, *Omphaloptyca* sp.

3° Les Céphalopodes comprennent : *a.* deux Ammonites du Trias alpin, à cloisons

(*) Séance du 9 avril 1951.

([1]) L. Pervinquière, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), 12, 1912, p. 154.

profondément découpées, du genre *Ptychites*; l'une se rapproche de *Pt. flexuosus* Mojs. et l'autre de *Pt. eusomus* Beyrich, du Virglorien; *b.* une quarantaine de coquilles de Nautilidés, qui se répartissent en deux espèces : une forme à quatre rangées de tubercules sur la région ventrale, *Nautilus (Trematodiscus) Klipsteini* Mojs., du Virglorien des Alpes autrichiennes; une espèce à tubercules obliques sur les bords de la région ventrale et avec siphon en chapelet, *N. (Temnocheilus) cassianus* Mojs., du même horizon. Jusqu'ici, le Trias de Tunisie n'avait pas fourni la moindre trace de Céphalopode.

4° A cet ensemble s'ajoutent des restes nombreux de Vertébrés, parmi lesquels on a déjà reconnu des écailles de Crossoptérygien, un Reptile du genre *Nothosaurus* et un autre plus grand, enfin un Amphibien Stégocéphale. Ce dernier lot, de grande importance paléontologique, devra être étudié par un spécialiste.

Les Lamellibranches et aussi le Reptile *Nothosaurus* sont tout à fait typiques du Muschelkalk allemand ([2]). Par contre, les Gastéropodes et les Céphalopodes rappellent les faunes du Trias moyen des Alpes.

Le mode de gisement mérite d'être signalé. Les Céphalopodes et les Vertébrés paraissent localisés sur une distance de 1 km au maximum; au delà, ils disparaissent à peu près complètement, à l'Ouest comme au Sud, dans la falaise du Kef-et-Touareg. Nous pensons qu'il s'agissait d'un golfe à fond vaseux où vivaient, sous une faible tranche d'eau, Lamellibranches et Gastéropodes. Des coquilles de Céphalopodes pélagiques, poussées par le vent vers ce golfe, comme cela s'observe actuellement sur la côte de Nouvelle-Calédonie par exemple, donnaient lieu chacune à la formation d'un nodule calcaire, bien distinct de la marne du fond. Les Reptiles nageurs et côtiers du genre *Nothosaurus* vivaient habituellement dans les eaux de ce golfe; tandis que des cadavres de Stégocéphales étaient amenés par des cours d'eau en crue, depuis la terre ferme située plus au Sud. Les restes de Vertébrés, eux aussi, étaient le point de départ d'une précipitation calcaire, qui entoure les os ou bien moule les cavités.

Le rassemblement en un seul point d'une faune aussi variée *fait sans doute du Djebel Rehach le gisement triasique le plus remarquable des régions méditerranéennes*. On notera des ressemblances avec les environs d'Azizia en Tripolitaine, qui ont fourni ([3]) un petit nombre de Lamellibranches, Gastéropodes et Brachiopodes des horizons de Saint-Cassian et de Raibl; et plus encore avec les gisements de Catalogne, où l'on a décrit ([4]) une faune de Mollusques assez analogue, avec *Nothosaurus* et des Céphalopodes « alpins ».

D'ores et déjà, une conclusion paléogéographique se dégage de l'exposé qui précède. Il y avait bien au Trias une mer « alpine » couvrant les régions méditerranéennes : Dinarides, Apennins, Sicile. Au Nord, en Europe, comme au Sud, en Afrique septentrionale, le talus continental se relevait rapidement; il

---

([2]) Martin Schmidt, *Die Lebewelt unserer Trias*, 1928 et 1938.

([3]) L. Coggi, *Ann. Mus. libyco Stor. Nat.*, 2, 1940, p. 139.

([4]) Martin Schmidt, *Abhandl. Heidelberg Akad. Wiss.*, 22, 1935.

fut, au Trias moyen, recouvert par une mer épicontinentale, ouverte vers le large. La différence des faunes entre le domaine bathyal « alpin » et les domaines néritiques européen ou africain s'expliquerait par une différence de profondeur, bien plus que par une barrière émergée du type « chaîne vindélicienne » (⁵). *On comprend mieux ainsi la présence de quelques Céphalopodes « alpins » mêlés à une faune néritique, dans le Muschelkalk d'Allemagne, de Catalogne, des Baléares: nous venons de découvrir au Djebel Rehach, dans l'Extrême Sud tunisien, une association du même genre, encore plus riche.* On notera pour finir que notre gisement est situé bien au Sud de la Berbérie, où le Trias offre un caractère lagunaire très prononcé, au fond de ce Golfe de Gabès qui semble avoir indenté le socle africain depuis le Permien.

GÉOLOGIE. — *Tonstein à leverriérite dans le bassin houiller du Nord de la France.* Note de M. **Jacques Chalard**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le gisement classique des tonstein est le bassin houiller de la Sarre. P. Termier [1] a montré qu'il s'agissait de minces niveaux argileux contenant, parfois en grande abondance, des cristaux développés *in situ* d'un minéral particulier, la leverriérite, sur la nature et l'origine duquel J. de Lapparent a apporté depuis quelques précisions [2]. De son côté, M. P. Pruvost, à la suite de l'étude très complète qu'il leur a consacrée, a montré leur intérêt comme niveaux repères pour l'analyse stratigraphique détaillée et l'interprétation tectonique d'une formation houillère [3].

Des tonstein avaient été signalés depuis dans un certain nombre de gisements houillers; on vient, pour la première fois, d'en découvrir deux niveaux dans le bassin du Nord de la France [4] à proximité de Valenciennes, aux puits Thiers, Cuvinot et Crespin.

Le premier, appelé « tonstein de la veine 4 *bis* », d'environ 10 cm d'épaisseur, de teinte gris beige clair, montre au microscope des cristaux de leverriérite typique noyés dans une argile cryptocristalline. Il forme le toit d'une veine de charbon 100 m au-dessus du niveau marin repère de Rimbert (Petit-Buisson, Aegir).

L'autre, le « tonstein bicolore », également de 10 cm d'épaisseur, est formé d'un lit de tonstein brun à texture grenue, bordé, au-dessus et au-dessous, d'un liseré de 1 à 2 cm d'épaisseur de tonstein noir compact,

---

(⁵) *Cf.* L. Joleaud, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), **18**, 1918, p. 182.

(1) *Bull. Soc. géol. France*, 1923, p. 45.
(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 669; **208**, 1939, p. 1465.
(3) *Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine*, III, *Description géologique*.
(4) J. Chalard, *Ann. Soc. géol. Nord*, **71**, Lille, 1951.

et contient au moins 50 % de cristaux de leverriérite bien reconnaissables au microscope. Il est intercalé dans une veine de charbon à 480 m au toit de Rimbert et à 50 m au mur d'un horizon paléontologique caractéristique : c'est celui où l'on observe les derniers exemplaires du lamellibranche limnique *Naiadites carinata* Sow., en même temps que l'apparition massive de la pteridospermée *Linopteris sub-Brongniarti* Grand'Eury, et la présence et parfois la grande abondance du petit phyllopode *Estheria Mathieui* Pruvost.

Il n'est pas exclu que les tonstein découverts dans la région de Valenciennes puissent présenter, comme ceux de la Sarre, une grande extension géographique et constituer des repères stratigraphiques pour l'ensemble du bassin. S'il en était ainsi, le tonstein bicolore notamment pourrait être adopté comme limite pratique des faisceaux de Six Sillons et d'Ernestine (Wesphalien $C_1$ et $C_2$); sinon, il faudra s'en tenir à l'horizon paléontologique situé à 50 m plus haut, limite peut-être plus naturelle, mais assurément moins commode.

GÉOLOGIE. — *Sur la sédimentation vaseuse au large des côtes.* Note de M. **André Rivière**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La formation des dépôts vaseux qui s'étendent sur le plateau continental au large des sables littoraux résulterait plutôt de phénomènes d'équilibres sédimentaires que d'une décantation définitive; une bonne part des troubles venus de la zone littorale sont sans doute entraînés plus loin et vers des zones plus profondes. Conséquences géologiques.

Au large des fonds sableux contigus aux rivages, existe fréquemment une « ceinture vaseuse » au delà de laquelle on a souvent retrouvé des sables d'apparence littorale et même fluviatile (¹). Ces sables du large indiqueraient d'anciennes zones littorales, correspondant soit à un stade de la transgression flandrienne, soit simplement à un état différent du niveau relatif des terres et des mers dans la région considérée. Généralement admise aujourd'hui, cette interprétation me semble logiquement impliquer que les sédiments sableux jadis littoraux rencontrés aujourd'hui au large se sont obligatoirement trouvés, au cours de l'avancée ultérieure de la mer, dans la zone correspondant à la ceinture vaseuse péricontinentale et qu'ils ont été nécessairement recouverts, à un moment ou à un autre, par des dépôts de cette nature. Le fait qu'ils affleurent aujourd'hui ne peut guère s'expliquer que par un décapage ultérieur survenu lorsque, par suite de l'avancée de la mer, ils se sont trouvés à l'extérieur de la zone normale

(¹) D. J. Doeglas, *Rep. of the 17 th. session of Intern. Geol. Congress*, VIIIe partie, Londres, 1948, p. 16.

de sédimentation vaseuse. Ce fait n'a rien de surprenant puisque les recherches océanographiques modernes ont mis en évidence, en de nombreux points du plateau continental, des courants ou des phénomènes d'agitation capables de déplacer des sables ou parfois même de petits graviers; mais il a une signification très importante en ce qui concerne le mode de dépôt des vases de la ceinture argileuse. Se constituant dans des zones moins profondes que celles où elles ont été érodées, celles-ci ne peuvent être considérées comme résultant d'un simple phénomène de décantation en eau calme. On est, au contraire, conduit à penser que leur sédimentation résulte de phénomènes d'équilibre dépendant en chaque point du rapport entre la charge en troubles des eaux et leur capacité de transport (« compétence »), laquelle résulte de l'agitation locale. Près du rivage (fonds sableux), la turbulence l'emporte et les troubles ne se déposent pas, se dispersant vers le large jusque dans le domaine de la « ceinture argileuse » où, par suite de la diminution de l'agitation, la « compétence » des eaux des fonds devient inférieure à la charge, ce qui entraîne la formation du dépôt vaseux. Ce phénomène se trouve probablement favorisé par le fait que la diminution de l'agitation favorise la floculation effective de troubles jusque là plus ou moins maintenus en dispersion par la turbulence (en dépit d'un état physicochimique correspondant généralement à la floculation en milieu calme). Aussi, plus loin des rivages, la charge doit-elle devenir assez vite égale, puis même, à l'occasion, inférieure à la compétence liée à l'agitation résiduelle des eaux des fonds. Ceci expliquerait la cessation progressive des dépôts vaseux vers le large et même l'érosion des dépôts vaseux préexistants, érosion probablement lente, notamment en raison de la cohésion, d'ailleurs relative, des formations vaseuses. Ce n'est que plus loin encore des côtes et probablement dans des zones nettement plus profondes que les particules pourraient trouver un repos définitif. Les quelques données granulométriques qu'il m'a été donné de recueillir semblent bien s'accorder avec cette interprétation de la formation des dépôts de la ceinture vaseuse et de leur évolution. Le fait que, dans l'hypothèse proposée ici, les sables du large aient été recouverts pendant un temps probablement très long par un manteau vaseux peut fournir une explication de la genèse de certains éléments de néoformation et, en particulier, des phénomènes de glauconitisation, car la phase colloïdale des vases contenait évidemment tous les éléments chimiques nécessaires à la formation de ce minéral, tout en constituant un milieu de grande mobilité chimique. Ce fait est d'autant plus vraisemblable que l'on rencontre parfois des foraminifères actuels glauconitisés dans des vases littorales récentes (²).

---

(²) A. Rivière, *Rev. Géogr. Phys. Géologie Dynamique*, **11**, n° **2**, Paris, 1936, p. 163.

Enfin, du point de vue géologique, on notera qu'au cours d'une transgression, des sédiments littoraux ou continentaux peuvent avoir été, à un moment donné, recouverts par des dépôts vaseux périlittoraux, puis avoir été ultérieurement décapés, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une diminution de profondeur momentanée, ni, *a fortiori*, une émersion. Ces remarques demeurent d'ailleurs valables quelle qu'ait pu être la nature minéralogique de ces divers sédiments.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la relation entre la croissance des cultures de tissus végétaux et leur teneur en catalase.* Note (*) de M. **Arthur W. Galston**, présentée par M. Roger Heim.

Il existe une relation inverse entre la teneur en catalase et l'intensité de la croissance des cultures de tissus végétaux.

Les travaux de Brahn ([1]), puis de Greenstein ([2]) ont établi que les tissus cancéreux des animaux renferment bien moins de catalase que les tissus normaux. Il nous a paru intéressant de rechercher si des faits de ce genre peuvent exister chez les plantes dont les catalases sont analogues aux catalases animales et peuvent être décelées par les mêmes méthodes ([3]).

Nos travaux ont porté sur diverses souches de tissus isolées par Gautheret ou Morel. Ces souches étaient constituées soit par des tissus normaux, soit par des tissus de crown-gall, soit enfin par des tissus ayant subi le phénomène d'accoutumance aux hétéro-auxines. Les tissus normaux étaient cultivés dans le milieu couramment utilisé par Gautheret, contenant des sels minéraux, du glucose, de la gélose et de l'acide indol-acétique à des doses variables selon les espèces. Les tissus de crown-gall et les tissus accoutumés étaient cultivés sur des milieux analogues dépourvus d'acide indol-acétique.

Chaque expérience portait sur environ 1 g de tissu. Cet échantillon était débarrassé des parties nécrosées, essuyé et pesé. Il était alors immergé dans une solution décimoléculaire de $PO_4Na_2H$, puis broyé dans un mortier avec du sable de Fontainebleau. Le broyat était filtré sur coton et la solution ainsi recueillie était complétée à 10 cm³. Le dosage de la catalase était effectué immédiatement sur un prélèvement de 2 cm³ au moyen de la méthode de von Euler et Josephson ([4]), et les résultats étaient exprimés

(*) Séance du 9 avril 1951.

([1]) *Sitz. Kgl. preuss. Akad. Wiss.*, 1916, p. 478.

([2]) *Biochemistry of Cancer*, 1947, Academic Press éd., New-York.

([3]) A. W. Galston, R. K. Bonnichsen et D. I. Arnon, *Acta Chem. Scand.* (sous presse).

([4]) *Liebig's Annalen der Chemie*, 452, 1927, p. 158.

par l'expression classique : « Kat $f$ »/poids frais en grammes $\times 10^3$. Lorsque nous devions comparer divers types de tissus (crown-gall, normal, accoutumé) appartenant à une seule espèce, lès déterminations étaient faites simultanément.

Les tableaux ci-joints résument les résultats de nos expériences. On voit (Tableau I) que les tissus normaux de Scorsonère, Vigne et Vigne-vierge contiennent approximativement 4 à 5 fois plus de catalase que les tissus de crown-gall correspondants. Les tissus accoutumés en renferment une quantité intermédiaire généralement proche de celle décelée dans les tissus de crown-gall. Pour le Topinambour, la teneur en catalase semble au contraire être la même dans les tissus normaux et dans les tissus de crown-gall. Nous avons toutefois remarqué que les tissus normaux (qui étaient cultivés sur un milieu contenant du lait de coco) s'accroissaient plus vite que les tissus de crown-gall, tandis que c'était le contraire pour les autres souches. Ceci suggère qu'il doit exister une relation inverse entre la teneur en catalase et la vitesse de croissance.

TABLEAU I.

*Teneurs comparées en catalase des tissus normaux, des tissus de crown-gall et des tissus accoutumés. Les chiffres contenus dans ce tableau correspondent à des valeurs relatives* $\left(\dfrac{\text{« Kat } f \text{ »}}{\text{poids frais en g}} \times 10^3\right)$.

| Espèces. | Normal. | Accoutumé. | Crown-Gall. |
|---|---|---|---|
| Scorsonère (*Scorzonera hispanica* L.) | 84,4 | – | 7,7 |
| | 76,2 | 31,9 | 14,1 |
| | 41,6 | 20,1 | 27,4 |
| | 131,0 | 15,6 | 22,8 |
| | 104,0 | 36,3 | – |
| Moyenne...... | 87,4 | 26,0 | 18,2 |
| Vigne (*Vitis vinifera* L.) | 124,8 | 33,3 | 18,0 |
| | 39,9 | 24,4 | 13,8 |
| | 66,8 | 31,1 | 16,3 |
| Moyenne...... | 77,2 | 29,6 | 15,7 |

| Espèces. | Normal. | Accoutumé. | Crown Gall. |
|---|---|---|---|
| Vigne-Vierge (*Parthenocissus tricuspidata* Planch.) | 46,3 | 12,2 | 11,1 |
| | 23,0 | 17,8 | 7,2 |
| Moyenne...... | 34,1 | 20,0 | 9,2 |
| Topinambour (*Helianthus tuberosus* L.)........ | 73,5 | – | 54,0 |
| | 73,9 | – | 67,8 |
| | 97,5 | – | 107,2 |
| | 99,2 | – | 66,7 |
| | 87,8 | – | 71,7 |
| | 72,7 | – | 105,7 |
| Moyenne...... | 84,2 | | 78,9 |

En vue de vérifier cette conclusion, nous avons comparé la teneur en catalase des tissus normaux de Topinambour cultivés en présence et en absence d'auxine (Tableau II). Cette comparaison nous a montré que la teneur en catalase est d'autant plus faible que l'on utilise une dose plus stimulante d'auxine.

Étant donné que les auxines sont sans action sur l'activité de la catalase *in vitro*, nous pouvons affirmer qu'elles diminuent la dose de cet enzyme dans les tissus. Mais nous ne pouvons savoir pour le moment si la stimulation de la croissance est une conséquence directe de cette diminution de la dose de catalase.

TABLEAU II.

*Action des auxines sur la production de catalase par les tissus de Topinambour. Les chiffres contenus dans ce tableau correspondent à des valeurs relatives comme dans le Tableau I.*

| Auxine utilisée. | Témoin. | Teneur du milieu en auxine. 10⁻⁸. | 10⁻⁷. | 10⁻⁶. | 10⁻⁵. |
|---|---|---|---|---|---|
| Acide 2.4-dichlorophénoxyacétique. | 127,5 | – | 40,8 | – | – |
| | 145,9 | – | 33,0 | – | – |
| | 117,5 | 39,9 | 32,5 | 22,0 | – |
| Moyenne | 130,3 | 39,9 | 35,4 | 22,0 | |
| Acide indol-3-acétique | 111,0 | 99,4 | – | – | 66,8 |
| | 137,4 | 110,2 | – | – | 70,4 |
| Moyenne | 124,2 | 104,8 | | | 68,6 |

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Action de l'hydratation des cellules épidermiques sur l'appareil stomatique*. Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

L'étude du comportement des stomates isolés comparativement à celui des stomates en place montre l'importance de l'hydratation des cellules épidermiques qui peut être très grande chez les plantes pourvues de stomates peu fonctionnels; elle est moins marquée chez les plantes munies d'appareils stomatiques robustes.

Le mécanisme du fonctionnement de l'appareil stomatique reste encore obscur malgré de nombreuses recherches et les derniers travaux en date reconnaissent qu'aucune des théories proposées ne peut expliquer tous les faits observés.

On sait qu'à côté des mécanismes actifs qui amènent l'élévation de la valeur osmotique dans les cellules stomatiques et l'ouverture des stomates, de nombreux autres facteurs accessoires entrent également en jeu. Parmi ces derniers, ceux relatifs à l'hydratation des tissus de la feuille, et plus particulièrement des cellules épidermiques, semblent jouer un rôle assez important, qui a été d'ailleurs reconnu depuis longtemps ([1]), ([2]).

([1]) F. Weber, *Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, 45, 1927, p. 408-411.
([2]) M. Stalfelt, *Planta*, 8, 1929, p. 287-340.

Cependant, il n'existe pas sur ce sujet d'observations systématiques, ni de mesures exactes, et comme certains auteurs, récemment encore, n'ont pu reconnaître l'influence de l'épiderme sur les stomates chez les plantes étudiées par eux ([3]), cette action peut paraître négligeable ou même inexistante.

La pression qu'exerce l'épiderme turgescent sur les stomates peut être nettement constatée si on étudie comparativement, dans les mêmes conditions, le comportement des stomates isolés ou partiellement isolés avec celui des stomates laissés en place.

L'absence de documents bibliographiques sur les stomates isolés nous incite à signaler nos observations qui mettent en évidence sous un angle nouveau la résistance qu'opposent les cellules épidermiques turgescentes à l'ouverture des stomates.

Cette résistance ne se produit que lorsque les cellules entourant le stomate *conservent toute leur vitalité*; aussi la méthode de préparation de l'épiderme est-elle d'une importance primordiale. Nous avons souvent constaté que le détachement de la pellicule d'épiderme affecte les cellules épidermiques, soit par l'action mécanique, soit par la dessiccation qui se produit au cours du transport de la pellicule sur la lame et de ce fait l'action de l'épiderme peut passer inaperçue. Nous utilisons donc le rasoir humecté qui permet de réaliser des coupes tangentielles sans endommager l'épiderme. Les cellules stomatiques sont isolées préalablement au moyen d'un micromanipulateur simplifié.

Les coupes sont examinées d'abord dans une solution de glucose de concentration donnée, qui provoque une certaine déshydratation des cellules. On mesure, à l'immersion, la largeur du stomate et celle de l'ostiole ([4]), d'une part sur les stomates en place et d'autre part sur des stomates plus ou moins parfaitement isolés. On aspire ensuite la solution de glucose tout en faisant arriver du côté opposé de la préparation l'eau de robinet.

Les mesures effectuées sont condensées sur le tableau ci-joint, où chaque chiffre indiqué est une moyenne de 30 mesures de stomates différents.

Nous avons étudié : *Aponogeton distachyus* L. à feuilles nageantes, *Ficaria ranunculoides* Roth., *Vicia Faba* L. et *Pelargonium zonale* L'Hérit.

Les plantes étaient cultivées en pots au laboratoire, les feuilles recueillies le matin entre 9 et 10 heures; les cellules stomatiques contenaient toujours de l'amidon.

Comme le montre le tableau, l'appareil stomatique *in situ*, au lieu d'augmenter de volume et de s'élargir après le transfert dans l'eau, comme il se produit avec les stomates isolés, diminue au contraire de volume et se comprime. Les cellules épidermiques environnantes, en se réhydratant dans l'eau, exercent sur les cellules stomatiques une pression qui contrebalance

---

([3]) P. DE ALVIM, *Amer. J. of Botan.*, 36, 1949, p. 781-792.

([4]) L'ouverture de l'ostiole a été mesurée à la partie supérieure des cellules stomatiques.

l'effet de l'hydratation de celles-ci. Cette action antagoniste est particulièrement élevée chez *Aponogeton,* plante aquatique à stomates peu fonctionnels. Parmi les autres plantes, *Pelargonium zonale* L'Hérit. est relativement peu sensible. Son appareil stomatique est robuste et résiste à la pression des cellules épidermiques plus délicates.

*Comportement de l'appareil stomatique après remplacement de la solution de glucose par l'eau.*

| Plantes. | Concentration de la solution de glucose (%). | Stomates *in situ*. — Diminution du diamètre: de l'appareil stomatique μ. | (%). | de l'ostiole μ. | (%) | Stomates isolés. — Augmentation du diamètre: de l'appareil stomatique μ. | (%). | de l'ostiole μ. | (%). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Aponogeton distachyus* L. | 5 | 4 | 14 | 1,5 | 40 | 2,2 | 8 | 1,5 | 40 |
| | 10 | 3,2 | 11 | 1,8 | 45 | 4,5 | 16 | 3,2 | 77 |
| *Ficaria ranunculoides* Roth | 5 | 4 | 8,5 | 1,8 | 20 | 2,2 | 4,5 | 2 | 22 |
| | 10 | 4,4 | 9,5 | 1,5 | 17 | 7,2 | 15,5 | 5,5 | 62,5 |
| *Vicia Faba* L. | 5 | 1,8 | 5,5 | 1,2 | 16 | 1 | 3,5 | 1 | 14 |
| | 10 | 4,2 | 14,5 | 2 | 28 | 3,5 | 9 | 3,4 | 46 |
| *Pelargonium zonale* L'Hérit. | 5 | 1,8 | 6 | 1,2 | 16 | 1,8 | 6 | 1 | 12,5 |
| | 10 | 1,2 | 4 | 1 | 12,5 | 6 | 20 | 4 | 50 |

Ces recherches montrent toute l'importance du choix de la plante dans l'étude du mouvement des stomates et particulièrement de l'action des facteurs pris isolément. Ainsi, pour l'étude de l'action de la lumière et de l'équilibre amidon ⇄ sucre, *Pelargonium* semble bien appproprié, car ici l'action de la teneur en eau sur les mouvements autonomes paraît peu importante.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La morphologie des molaires d'un Rongeur, le Spermophile* (Citellus). Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

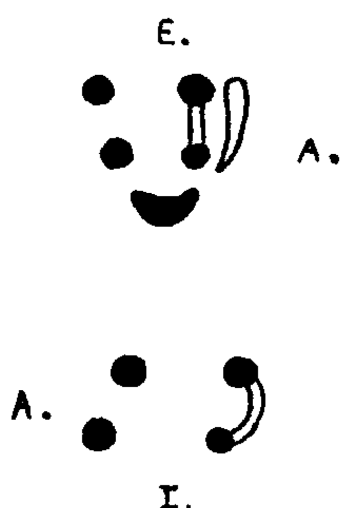
La dentition du Spermophile met en évidence le début de l'évolution des molaires chez les plus primitifs des Rongeurs actuels, les Sciuridés.

Le plus ancien des Rongeurs, le *Paramys* de l'Éocène d'Amérique du Nord, possède, comme je l'ai montré en 1934 (1), trois rangées antéro-postérieures de deux tubercules, aux molaires supérieures, deux rangées seulement de

(1) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1145.

deux tubercules, aux molaires inférieures, c'est-à-dire le type dentaire archaïque (²). Le *Paramys*, cependant, est déjà évolué dans le sens « rongeur », notamment par le fait qu'aux molaires supérieures les tubercules sont disposés selon deux lignes transversales, légèrement convergentes du côté palatin.

J'ai étudié, au Muséum, la dentition d'un Sciuridé actuel, le *Citellus grammurus* Say, Spermophile de Californie. Sur le jeune exemplaire observé, les MOLAIRES SUPÉRIEURES 1 et 2, seules présentes, sont du même type que celles du *Paramys*, mais l'évolution dans le sens « rongeur » est plus accusée (*fig.* 1), car :




*Citellus grammurus* Say *Beecheyi* Richards. Jeune, originaire de Californie. Collections du Muséum (Mammalogie). *En haut* : 2ᵉ molaire supérieure droite; *en bas* : 2ᵉ molaire inférieure droite, non abrasées. Schéma. Les tubercules internes sont fusionnés en un seul, à la molaire supérieure, disposition caractéristique des Sciuridés. A, côté antérieur; E, côté externe; I, côté interne.

1° les tubercules internes sont fusionnés;

2° les tubercules postérieurs, intermédiaire et externe, disposés en une ligne transversale, sont encore bien distincts, mais les tubercules antérieurs, intermédiaire et externe, quoique visibles, sont déjà unis en une crête transversale;

3° une crête surajoutée, basse, située vers l'avant, est la première trace de la multiplication des crêtes transversales, si caractéristique des Rongeurs : Castor, Loir, etc.

Sur les spécimens plus âgés de *Citellus*, les trois crêtes, alors abrasées, sur lesquelles ne se distinguent plus les tubercules primordiaux, convergent du côté interne.

Les MOLAIRES INFÉRIEURES 1 et 2 qui, seules, ont fait éruption sur notre exemplaire, possèdent quatre tubercules, comme chez le *Paramys*, mais le postéro-interne est, ici, plus nettement allongé en une crête presque transversale, à concavité antérieure, qui rejoint le tubercule postéro-externe. Cette morphologie est encore discernable à des stades de faible abrasion.

Il faut noter que les molaires supérieures de notre Spermophile ressemblent un peu à celles du *Sciuroïdes intermedius* Schl. [Oligocène des Phosphorites

---

(²) M. FRIANT, *Publications du Muséum national d'Histoire naturelle*, 1, 1933, p. 123.

du Quercy ([3])], à deux crêtes transversales tuberculées, bien que, chez la forme actuelle, la confluence des tubercules internes et la présence d'une troisième crête soient les marques d'une évolution plus avancée.

Cette étude montre que : 1° le contour triangulaire qu'affectent les molaires supérieures du *Citellus* n'implique nullement un type trituberculaire ([4]); 2° les trois crêtes convergentes de ces molaires (dont les tubercules originels sont, en partie, visibles chez le *Citellus grammurus*) est un stade d'évolution proche encore du type archaïque, sextuberculé, du *Paramys*; 3° les molaires inférieures du *Citellus*, quoique d'aspect primitif, possèdent déjà l'amorce de l'inversion totale des dents jugales inférieures par rapport aux supérieures, si caractéristique des Rongeurs les plus spécialisés ([5]) : c'est, en effet, la crête postérieure (et non l'antérieure, comme aux molaires supérieures) qui est ébauchée ici.

La dentition du *Citellus grammurus* ([6]) met donc en évidence le début de l'évolution des molaires chez les plus primitifs des Rongeurs actuels, les Sciuridés. Parmi eux, la morphologie dentaire du *Citellus* s'observe aussi, quoique moins nettement, chez le *Cynomys* (Chien des prairies), l'*Arctomys* (Marmotte) et, parfois, chez certaines espèces de *Sciurus* (Écureuil); enfin, le *Pteromys xanthipes* A. M. Edw., Écureuil volant de la Chine, possède même encore le type dentaire archaïque ([7]).

BIOLOGIE. — *Démonstration expérimentale sur le Singe des propriétés neurotropes du virus grippal.* Note de M^lle **Geneviève Cateigne**, MM. **Pierre Brygoo** et **Bernard Fauconnier**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A partir de la souche de virus grippal A' isolée en janvier 1951 nous avons pu mettre en évidence un neurotropisme de ce virus chez le jeune singe; les localisations nerveuses étant indépendantes de la voie d'inoculation au même titre que les localisations pulmonaires

Depuis longtemps, les constatations cliniques avaient permis de penser que le virus grippal a une action neurotrope. M. Finland et ses collabora-

---

([3]) M. Friant, *Comptes rendus, loc. cit.*, 1934.

([4]) « Une dent triangulaire n'est pas nécessairement trituberculaire » [M. A. C. Hinton. *Monograph of the Voles and Lemmings (Microtinæ) living and extinct. British Museum*, 1, 1926, p. 123].

([5]) M. Friant, *Publications du Muséum national d'Histoire naturelle, loc. cit.*, p. 81.

([6]) Ces recherches se rapportent, bien entendu, à des dents non abrasées, les seules susceptibles d'une étude anatomique.

([7]) M. Friant, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2211. *Comptes rendus du XII^e Congrès international de Zoologie*. Lisbonne, 1935, p. 685.

teurs [1] avaient même isolé une souche de virus grippal de liquide céphalo-rachidien de malades, présentant un syndrome encéphalitique. En 1950, nous avons pu soupçonner biologiquement, à l'aide de la réaction de Hirst, l'étiologie grippale de certaines encéphalites, mais la démonstration expérimentale de l'affinité du virus grippal pour le système nerveux n'avait jamais été faite. A partir de la souche de virus grippal A' que nous avons isolée en janvier 1951, nous avons pu mettre en évidence le pouvoir neurotrope du virus grippal.

Quatre jeunes cynocéphales furent inoculés avec la souche A' récemment isolée [2], deux par voie intranasale et deux par voie intracérébrale. Un des sujets inoculés par voie intracérébrale présente au sixième jour, de l'anoréxie, un peu de dyspnée, mais pas de toux, et une grande asthénie.

Le septième jour, des symptômes très caractéristiques apparaissent : photophobie, parésie avec mydriase et salivation abondante. L'animal pousse des cris à intervalles réguliers et rapprochés. A toute excitation, il répond par une crise tonique, des convulsions et des cris.

Une ponction sous-occipitale permet de retirer un liquide légèrement hémorragique, contenant 12 leucocytes par millimètre cube. Ce liquide bactériologiquement stérile est inoculé, par voie amniotique, à des œufs embryonnés de 8 jours. L'examen du liquide amniotique prélevé 50 h après l'inoculation met en évidence une hémoagglutination au 1/40 de globules rouges de poule. Trois passages sont effectués. Au troisième passage, le liquide virulent obtenu est inoculé à des singes.

Après la ponction sous-occipitale, l'animal est sacrifié mourant et présente un syndrome typique de méningo-encéphalite. A l'autopsie, on note une hémorragie autour de quelques vaisseaux méningés, une congestion très marquée des méninges et du cerveau. Les poumons présentent une teinte lilas avec des zones de condensation. L'examen anatomo-pathologique [3] montre une stase et une sclérose vasculaire, des exsudats leucocytaires dans les bronches dilatées, une infiltration diffuse de la trame formant parfois des plages de condensation avec alvéolite, desquamation ou œdème séreux limité. Dans la lumière de la trachée, on note un exsudat fibrino-leucocytaire à polynucléaires peu abondants, une nécrose limitée des cellules épithéliales ciliées, un amas lymphoïde sur quelques points de la sous-muqueuse.

L'inoculation du broyat de cerveau de cet animal, faite par voie intracérébrale à un jeune Cynocéphale, détermine une infection respiratoire

---

(1) M. Finland, E. B. Buist-Wells, H. S. Collins et T. M. Gocke, *Am. J. Med.*, 8, n° 1, janv. 1950, p. 21.

(2) G. Cateigne et B. Fauconnier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 444-445.

(3) M. Bablet a bien voulu faire cet examen histologique.

sidérante, amenant la mort en 48 h. L'examen histopathologique du poumon montre une infiltration irrégulière de la trame, un œdème séreux de quelques groupes d'alvéoles, une desquamation bronchique. La trachée présente une desquamation épithéliale avec un exsudat hémoleucocytaire et des infiltrats périvasculaires.

Une deuxième série d'expériences fut faite sur quatre jeunes rhésus dont deux furent inoculés par voie intracérébrale et deux autres par voie intranasale, avec la souche déjà étudiée. Un des sujets inoculés par voie intranasale présente, au quatrième jour après l'inoculation, des signes de méningite, une hypothermie marquée et meurt en quelques heures.

Ces expériences montrent qu'une souche de virus grippal provenant de cas de grippe humaine *pulmonaire* peut déterminer chez le jeune singe, après inoculation par voie intracérébrale ou intranasale, un syndrome méningo-encéphalitique avec lésions caractéristiques. Elles établissent aussi que ce même virus inoculé par voie intracérébrale peut déterminer chez le Singe un syndrome pulmonaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la thyroxine sur les acides nucléiques du rein chez le Rat.* Note de M. **Paul Mandel**, M^me^ **Lila Mandel** et M^lle^ **Monique Jacob**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'administration de poudre de thyroïde ou de thyroxine à des doses convenables provoque chez le Chien et le Rat une augmentation du poids des reins. Ce fait bien connu (1), (2), (3), (4) a été étudié récemment sous l'angle histologique par Herlant (5). Bloquant les mitoses par la colchicine, cet auteur compte dans les reins de rats recevant de la thyroxine un nombre de mitoses bien plus important que chez des témoins. Mais s'il existe des documents histologiques sur cette action trophique de la thyroxine au niveau du rein, on ne possède aucune donnée concernant la biochimie de ce phénomène. Or il convient de rappeler qu'avant d'aboutir à une organisation morphologique les premières manifestations de l'hypertrophie d'un organe sont de nature chimique ou physicochimique. D'autre part, nous avons montré qu'au cours de l'accroissement du rein restant après une néphrectomie unilatérale, les variations de l'acide désoxypentosenucléique permettent d'apprécier d'une façon quantitative la multiplication nucléaire, c'est-à-dire que l'hyperplasie et la détermination des protéines et de l'acide pentosenucléique permettent de fixer l'augmentation de la masse cytoplasmique, autrement dit l'hypertrophie.

(1) J. B. Hewitt, *Quart. J. Exp. Physiol.*, 12, 1920, p. 347.
(2) E. K. Hoskins, *J. Exp. Zool.*, 21, 1916, p. 295.
(3) Iscovesco, *C. R. Soc. Biol.*, 75, 1913, p. 301.
(4) H. Selye, H. Stone, K. Nielsen et C. P. Leblond, *Canad. M. A. J.*, 52, 1945, p. 582.
(5) *Ann. Endocrin.*, 10, 1949, p. 313.

Partant de ces principes, et afin de fixer la part de l'hypertrophie et de l'hyperplasie dans l'effet trophique de l'hormone thyroïdienne, nous avons étudié l'évolution des acides nucléiques et de l'azote protéique du rein chez des rats soumis à l'action de la thyroxine.

Nos essais ont porté sur 36 rats adultes groupés en deux séries d'expérience comportant au total 16 témoins et 20 sujets recevant 1 mg de thyroxine par jour durant 15 jours.

Pour chaque expérience les animaux étaient du même âge et provenaient de trois portées dont les parents étaient frères et sœurs; deux ou trois sujets de chaque portée ont servi de témoins, les autres ont été soumis à l'action de la thyroxine. Ajoutons que les diverses portées étaient issues de croisements répétés entre frères et sœurs et comportaient de ce fait des individus dont les organes avaient une constitution biochimique très voisine.

Les acides nucléiques ont été déterminés par les méthodes de Schmidt et Thannhauser ([6]) et Schneider ([7]) associées. Le phosphore a été dosé selon Thivolle ([8]), les pentoses selon Von Euler ([9]), le désoxypentose selon Dische ([10]), et l'azote au microkjeldahl.

Les résultats de nos essais sont consignés dans le tableau suivant. Les valeurs concernant les témoins sont représentées par des colonnes pleines de 10 cm au-dessus desquelles se trouve consignée l'échelle adoptée permettant de calculer les résultats expérimentaux. La même échelle s'applique aux colonnes hachurées qui représentent les valeurs concernant les animaux soumis à l'action de la thyroxine. La différence de hauteur entre les deux colonnes indique directement les valeurs intervenues en pour cent.

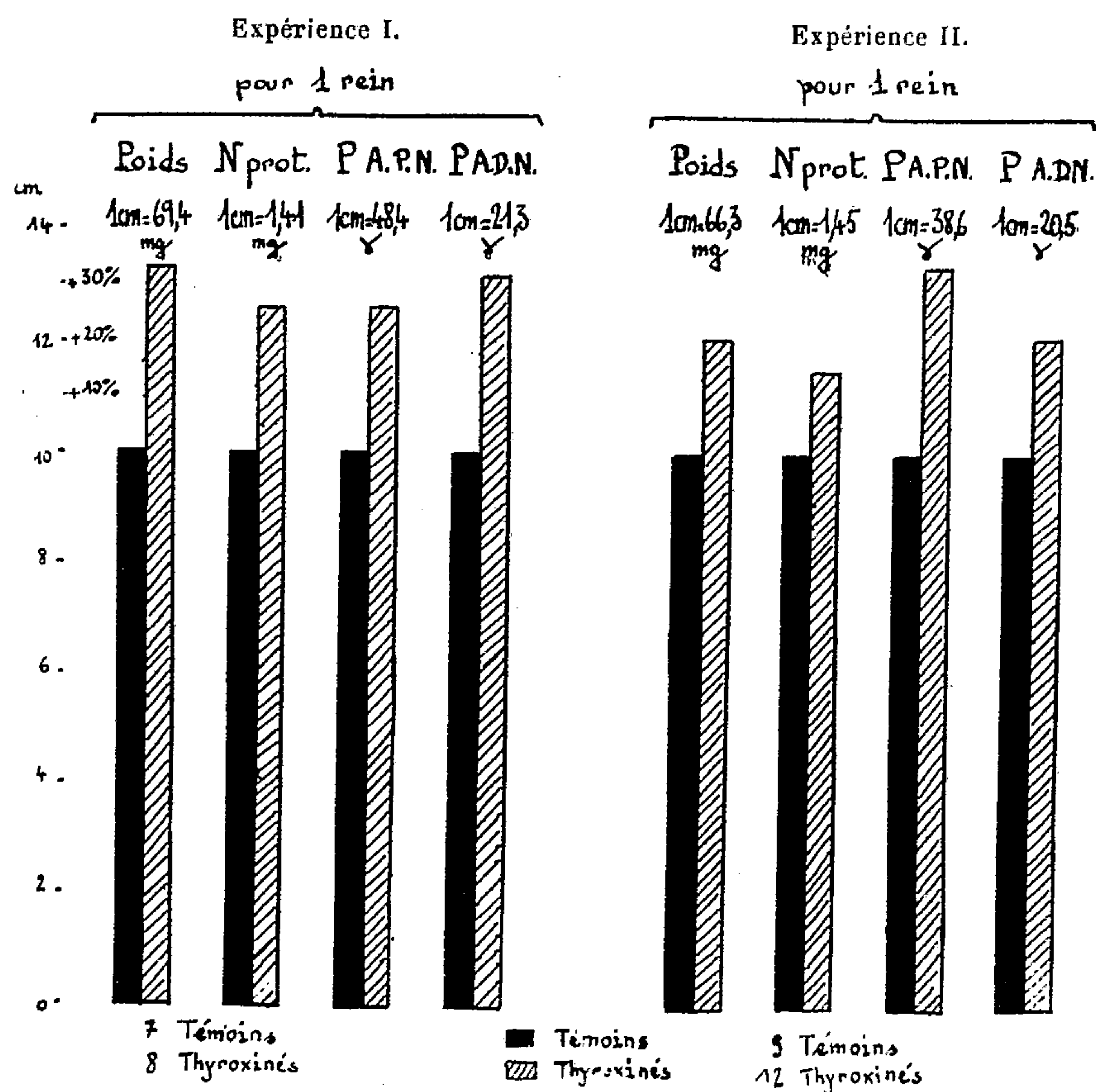
L'examen du tableau nous révèle que sous l'effet de la thyroxine le poids des reins augmente dans des proportions de 21 à 32 %. Cette augmentation de poids traduit un accroissement de l'azote protéique de 15 à 26 %, de l'acide pentosenucléique de 26 à 33 % et de l'acide désoxypentosenucléique de 22 à 32 %. En vertu de la conception que nous avons exposée au cours de l'étude sur l' « hypertrophie rénale compensatrice » ([11]), la majoration de l'azote protéique et de l'acide pentosenucléique que nous avons constatée reflète un accroissement du cytoplasme, c'est-à-dire une hypertrophie, et l'augmentation de l'acide désoxypentosenucléique prouve l'existence d'une prolifération nucléaire, c'est-à-dire une hyperplasie.

*En résumé*, la thyroxine déclenche au niveau du rein un accroissement de l'azote protéique, de l'acide pentosenucléique et de l'acide désoxypentosenu-

---

([6]) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 83.
([7]) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 293.
([8]) *Bull. Biol. Pharm.*, **42**, 1938, p. 372.
([9]) H. von Euler et L. Hahn, *Svensk. Kem. Tid.*, **58**, 1946, p. 251.
([10]) *Mikrochem.*, 8, 1930, p. 4.
([11]) P. Mandel, L. Mandel, M. Jacob, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 786.

cléique qui traduit à la fois une hypertrophie et une hyperplasie. Ces manifestations sont-elles définitives et s'accompagnent-elles d'une modification paral-




lèle de l'état fonctionnel? Ce sont là des problèmes qui intéressent à la fois le biochimiste, le physiologiste et le médecin et qui font l'objet de nos recherches actuelles.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *La compétition entre les ions hydrogène et sodium dans l'activation de la* β-D-*galactosidase d'*Escherichia coli *et la notion d'antagonisme ionique* (¹). Note de Mme **Germaine Cohen-Bazire** et M. **Jacques Monod**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'effet du pH sur l'affinité apparente des ions $Na^+$ pour la β-galactosidase indique l'existence de relations compétitives entre $Na^+$ et $H^+$ et justifie l'hypothèse selon quoi tous les cations monovalents seraient des activateurs de cet enzyme.

Pour expliquer les effets antagonistes d'ions voisins on peut supposer,

(¹) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

soit que ces ions agissent électivement en des points différents de la structure ou du système considéré, soit, au contraire, qu'ils entrent en compétition les uns avec les autres en raison même de la similitude de leurs propriétés. Les observations de Mc Leod et Snell (2) et celles de Hinshelwood (3) sur le rôle des ions alcalins dans la croissance des bactéries indiquent l'existence d'antagonismes compétitifs entre cations monovalents.

L'activité de la β-D-galactosidase ou lactase (4) d'*E. coli* est très fortement influencée par les ions alcalins (5). L'étude de l'hydrolyse du lactose par la β-galactosidase purifiée a montré que si certains ions semblaient exercer toujours une action activatrice ($K^+$), d'autres une action inhibitrice ($Li^+$), certains ($Na^+$) pouvaient jouer le rôle d'activateurs ou d'inhibiteurs suivant qu'ils agissent en présence ou en absence d'autres ions. Pour interpréter ces observations, Cohn et Monod (6) ont envisagé des hypothèses que l'on peut exprimer de la façon suivante :

*a.* L'activité de l'enzyme serait liée à la saturation de certains groupes actifs (que nous appellerons groupes A) par des cations monovalents. L'activité sur un substrat donné, à saturation par un ion donné, définit une constante appelée l' « activance », caractéristique de l'ion. L'affinité de chaque ion pour le groupe A fournit une seconde constante caractéristique.

*b.* L'activance ne pourrait prendre que des valeurs positives; autrement dit, *tous les cations monovalents seraient potentiellement des activateurs de la galactosidase.*

Ces hypothèses entraînent nécessairement que les ions $H^+$ soient doués, comme les autres cations monovalents, d'activance et d'affinité pour les groupes A. On ne peut pas vérifier directement cette proposition puisqu'on ne saurait distinguer entre l'effet « spécifique » des ions $H^+$ (combinaison avec le groupe A) et l'effet non spécifique du pH. En revanche, on peut, indépendamment des variations d'*activité* liées au pH, étudier l'action des ions $H^+$ sur l'*affinité apparente* d'un autre ion : on doit s'attendre à ce que l'affinité apparente augmente lorsque la concentration en $H^+$ diminue. Cette prévision est vérifiée par l'expérience. Le tableau suivant indique l'activité à différents pH d'une préparation purifiée de β-D-galactosidase en présence de concentrations croissantes

(2) *J. Biol. Chem.*, **176**, 1948, p. 39-52; *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1950 (sous presse).

(3) A. A. Eddy et C. Hinshelwood, *Proc. Roy. Soc.*, B, **136**, 1949-1950, p. 544-562.

(4) J. Monod, A. M. Torriani et J. Gribetz, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 315-316; J. Monod, *Unités biologiques douées de continuité génétique*, C. N. R. S., édit., Paris, 1949, p. 181-200.

(5) J. Lederberg, *J. Bact.*, **60**, 1950, p. 381.

(6) M. Cohn et J. Monod, *Biochim. Biophys. Acta*, 1951 (sous presse).

de $Na^+$, avec l'*o*-nitrophényl β-D-galactoside comme substrat. L'activité varie beaucoup en fonction du pH. Déduction faite de l'activité en l'absence de $Na^+$ et compte tenu de l'activité maximum (saturation) pour chaque pH, on peut cependant calculer le pourcentage de saturation en $Na^+$ pour chaque concentration et à chaque pH. On voit alors clairement que la saturation est atteinte d'autant plus tôt que le pH est plus élevé. Il ne peut être question de calculer des affinités absolues, mais il est évident que celle de $H^+$ doit être considérée comme excessivement élevée. L'essentiel est que l'affinité apparente de $Na^+$ varie dans le sens prévu en fonction du pH : tout se passe comme s'il y avait compétition entre $H^+$ et $Na^+$ pour les groupes A.

*Activité de la* β-D-*galactosidase à divers* pH *en présence de concentrations croissantes d'ions* $Na^+$.

| Concentration moléculaire $Na^+$. | pH 5,88. | | pH 7. | | pH 8. | | pH 9. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Activité. | % de saturation. | Activité. | % de saturation. | Activité. | % de saturation. | Activité. | % de saturation. |
| 0...... | 11 | 0 | 35 | 0 | 78 | 0 | 40 | 0 |
| $10^{-4}$.... | 14 | 10 | 76 | 16 | 142 | 38 | 72 | 44 |
| $10^{-3}$.... | 35 | 20 | 208 | 70 | 215 | 81 | 105 | 89 |
| $2.10^{-3}$.... | 54 | 37 | 248 | 86 | – | – | 109 | 95 |
| $4.10^{-3}$.... | 91 | 68 | 268 | 94 | 236 | 94 | 113 | 100 |
| $10^{-2}$.... | 128 | 100 | 280 | 99 | 240 | 96 | 112 | 99 |
| $2.10^{-2}$.... | 118 | 91 | 284 | 100 | 246 | 100 | 112 | 99 |

Réactions effectuées à 28° en tampon au cacodylate de triéthanolamine avec une dilution au 6000ᵉ de la préparation purifiée (*cf.* Cohn et Monod, *loc. cit.*) en présence d'*o*-nitrophényl-β-D-galactoside. Durée : 20 mn. Arrêt de la réaction par addition de $CO_3NaH$ (*cf.* Lederberg, *loc. cit.*). Titrage de l'*o*-nitrophénol libéré par mesure de l'absorption à 420 mμ. Activités exprimées en millimicro-molécules de substrat hydrolysé par centimètre cube.

Ces observations montrent que malgré leur concentration excessivement faible aux pH « physiologiques », les ions $H^+$ peuvent jouer un rôle important dans les équilibres compétitifs entre cations monovalents. Elles justifient l'introduction de la notion d'activance et l'attribution d'une activance aux ions $H^+$.

La séance est levée à 15 h 25 m.

R. C.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1951.

*Construction des abaques*, par Maurice Dulaey. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 22cm,5.

*Cours de cinématique*, par René Garnier. T. III. *Géométrie et cinématique cayleyennes*. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 25cm,5.

*Les grands problèmes de l'astronomie*, par Junior Gauzit, in *Les heures scientifiques*. Paris, Dunod, 1951; 1 vol. 21cm,5.

*Répertoire des organisations scientifiques internationales*. Paris, U.N.E.S.C.O., 1951; 1 vol. 24cm.

*La nouvelle carte de France au* 1/20000e, par L. Hurault. Extrait de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an* 1951. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. 19cm.

*Nedbøren i Norge* 1895-1943. I. *Middelverdier og Maksima*. II. *Nedbørhøyder for måneder, årstider og år*. Oslo, Utgitt av det Norske meteorologiske Institut, 1950; 2 vol. 31cm,5.

*Le radar*, par Robert Leprêtre. Préface de Maurice de Broglie. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 25cm.

*Travaux du laboratoire de botanique appliquée et de géobotanique armoricaine de la Faculté des sciences de Rennes*. Fasc. 1 et 2, 1947 à 1949; 2 fasc. 25cm.

Extraits du *Bulletin de l'Institut français d'Afrique noire*. T. XII, n° 3, 1950 : *Lichens récoltés en Guinée française et en Côte d'Ivoire* (*Mission H. Des Abbayes*), par Henry Des Abbayes et J. Motyka. T. XIII, n° 1, 1951 : *Contribution à la flore des Ptéridophytes d'A. O. F.* (*Guinée et Côte d'Ivoire*), par Henry Des Abbayes, A. H. G. Alston, et Mme L. Tardieu-Blot; 2 fasc. 24cm.

Extraits du *Bulletin de la Société scientifique de Bretagne*. T. XVII. Fasc. 1 et 2, 1940 : *Le docteur Ch.-A. Picquenard* (1872-1940), par Henry Des Abbayes. *De Cladoniis* (Lichenibus) *in insula Tristan d'Acunha ab expeditione Norvegica, annis* 1937-1938 *collectis, commentatis* quam concripsit Henry Des Abbayes. T. XVIII. Fasc. 1 et 2, 1941; *Lichens des hautes montagnes de l'Afrique équatoriale récoltés, en* 1929, *au Congo belge, par la mission H. Humbert*, par Henry Des Abbayes. T. XX. Fasc. 1, 2, 3 et 4, 1945; *L'élément atlantique de la flore vasculaire armoricaine*, par Henry Des Abbayes. T. XXI. Fasc. 1, 2, 3 et 4, 1946 : *L'association à* Bulliarda Vaillantii DC. *et* Ranunculus nodiflorus L (Bulliardeto-Ranunculetum nodiflori *des Abb.*) *dans le Massif armoricain*, par Henry Des Abbayes. Equisetum hiemale L *dans le Massif armoricain*, par Henry Des Abbayes. T. XXII. Fasc. 1, 2, 3 et 4, 1947 : *Constant Houlbert* (1857-1947), par Henry Des Abbayes. T. XXIV, 1949 : *La vigne en Bretagne*. I. *Essai de divers hybrides à Rennes*, par Henry Des Abbayes; 6 fasc. et 2 feuillets 24cm,5.

Extraits des *Comptes rendus somm., séances Soc. biogéographie*. 1943 : *Sur la répartition géographique de* Cladonia signata wain. (*Lichens*), par Henry Des Abbayes. 1949 : *Sur la répartition d'*Ulex gallii *planch. et d'*Ulex nanus *SM. dans le Massif armoricain*,

par HENRY DES ABBAYES et R. CORILLION. Nos 194, 195 et 196 : *Répartition et comportement de* Myrica gale L. *dans le Massif armoricain*, par HENRY DES ABBAYES et C. HAMANT; 3 feuillets 24cm,5.

Extraits du *Bulletin de la Société botanique de France*, 1943, 90, nos 10 et 12, Pirola rotundifolia L *est-il indigène en Basse-Bretagne?*, par HENRY DES ABBAYES. T. XCIV, 1947; *Compte rendu de la 75e session extraordinaire de la Société botanique de France dans le Finistère en* 1947, par HENRY DES ABBAYES. T. XCVI, nos 7 et 9, 1949 : *Un Belmontia* (Gentianacées) *nouveau de Guinée française*, par HENRY DES ABBAYES et RAYMOND SCHNELL; 2 feuillets et 1 fasc. 24cm,5.

Extraits de la *Revue bryologique et lichénologique*. T. XV. Fasc. 1 et 2, 1945 : *Lichens d'Espagne récoltés de* 1926 *à* 1935, *par M. et Mme Pierre Allorge*, par HENRY DES ABBAYES, T. XVI. Fasc. 1 et 2, 1947 : *Cladonia* (*Lichens*) *nouveaux de la région malgache*, par HENRY DES ABBAYES. *Lichen des îles Açores récoltés en* 1937 *par V. et Pierre Allorge*, par HENRY DES ABBAYES. *Un nouveau lichen méditerranéo-atlantique :* Cladonia mediterranea *Duvign. et des Abb.*, par HENRY DES ABBAYES et P. DUVIGNEAUD suivi de *sa distribution au Portugal*, par C. N. TAVARES. T. XVIII, Fasc. 3 et 4, 1949. *La limite de répartition de* Cladonia Nylanderi *A. Z. P. Couth.* (*Lichens*) *dans l'Ouest de la France*, par HENRY DES ABBAYES; 4 fasc. et 1 feuillet 24cm,5.

Extrait du Bulletin du Muséum, 2e série. T. XIX, no 1, 1947. *Contributions à l'étude des lichens des îles Hawaï :* Cladonia *récoltés en* 1909-1910, *par l'abbé Faurie*, par HENRY DES ABBAYES; 1 fasc. 24cm,5.

*Les* Cladonia (*Lichens*) *des îles Açores*, par HENRY DES ABBAYES. Extrait de *Portugaliae Acta biologica*. Vol. I. Fasc. 3 et 4, 1946; 1 fasc. 24cm,5.

*Caractères et affinités de la flore des Cladonia* (*Lichens*) *de la région malgache*, par HENRY DES ABBAYES. Extrait des *Mémoires de l'Institut scientifique de Madagascar*. Série B. T. I. Fasc. 2, 1948; 1 fasc. 24cm,5.

*Some new cladoniae* (Lichens) *from Panama*, by HENRY DES ABBAYES. Extrait de *The Bryologist*. Vol. LII, no 2, 1949; 1 feuillet 24cm,5.

*Gespräch mit der Erde; Geologische Welt-und Lebensfahrt*, von HANS CLOOS. München, R. Ripper, 1947; 1 vol. 25cm,5.

Eesti NSV teaduste akademia. *Nõukogude teaduse arengust eesti* NSV-S. (Le développement de la science soviétique en Esthonie), 1940-1950. Tallinn, Eesti riiklik kirjastus, 1950; 1 vol. 23cm,5.

*Pneumonie et pneumopathie aiguës de l'enfant. Étude clinique et radiologique*, par GEORGES MOURIQUAND et JACQUES SAVOYE. Première édition. Paris, Vigot frères, 1950; 1 vol. 2,cm.

*Pédiatrie*, no 7, 1950. Lyon, Imprimerie Mazel et Polge ; 1 fasc. 24cm.

Extraits de *La semaine des hôpitaux de Paris*, no 90, 1949 : *Vitamines, avitaminoses et problèmes stomatologiques*. No 65, 1950 : *Précarences vitaminiques dystrophies inapparentes et paravitaminoses*, par GEORGES MOURIQUAND; 2 fasc. 27cm.

Extraits du *Journal de médecine de Lyon*. *Les réactions du tube digestif dans les avitaminoses, en particulier l'avitaminose* A *et l'avitaminose* C. *Recherches biocliniques*, par GEORGES MOURIQUAND et Mme V. EDEL. *Les inadaptés urbains* et *Remarques biologiques et cliniques sur le pain de guerre*, par GEORGES MOURIQUAND. *La chronaxie vestibulaire chez l'enfant « maladie chronaxique » d'origine médicamenteuse*, par GEORGES MOURIQUAND et J. COISNARD. *Les âges devant les régimes déséquilibrés et carencés. Clinique, expérimentation*, par GEORGES MOURIQUAND, J. ROLLET, et Mme V. EDEL. *L'indice chronolo-*

*gique vestibulaire chez les enfants irréguliers*, par GEORGES MOURIQUAND, CL. KOHLER, Mme L. THÉVENIN et Mlle CHIGHIZOLA. *Sur la toxoplasmose*, par GEORGES MOURIQUAND, N. BOULEZ, C. FAYARD et R. COMBE. *Action de divers médicaments sur la chronaxie vestibulaire. Sujets au repos ou en état d'activité sportive*, par GEORGES MOURIQUAND et J. COISNARD; 8 fasc. 27cm.

Extraits de *Pédiatrie*. Nos 1 et 2, 1947 : *Introduction à la vitaminothérapie*. N° 2, 1950 : *Les vitamines du lait. Le point de vue pédiatrique et biologique*. N° 6, 1950 : *Dystrophies infantiles et appareil bucco-dentaire*, par GEORGES MOURIQUAND ; 3 fasc. 24cm.

Extraits du *Bulletin de l'Académie de médecine*, n° 17, 1929 : *Résultats de l'inoculation du bacille BCG à des animaux soumis à un régime carencé*, par GEORGES MOURIQUAND et PAUL BERTOYE. N° 33, 1933 : *Épidémies pseudo-infectieuses et dystrophies inapparentes*. N° 12, 1935 : *Recherches sur les dystrophies alimentaires, dystrophies « spécifiques » et dystrophies générales*. N° 30, 1935 : *Carence maternelle et carence fœtale et infantile*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 15, 1937 : *Carences eutrophiques*, par GEORGES MOURIQUAND, H. TÊTE, G. WENGER et P. VIENNOIS. N° 23, 1938 : *Les paravitaminoses*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 8, 1939 : *Thérapeutique des avitaminoses. Guérison des symptômes et guérison du « terrain »*, par GEORGES MOURIQUAND et J. ROLLET. Nos 9, 10 et 11, 1946 : *Action de divers médicaments sur la chronaxie vestibulaire*, par GEORGES MOURIQUAND et J. COISNARD. Nos 17 et 18, 1949 : *Remarques sur les embryopathies nutritionnelles*, par GEORGES MOURIQUAND ; 9 fasc 24cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AVRIL 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

*Notice nécrologique sur* AIMÉ COTTON (1869-1951),
par M. **MAURICE JAVILLIER.**

MES CHERS CONFRÈRES.

En novembre 1923, l'Académie des Sciences accueillait en son sein **AIMÉ COTTON**, un physicien dont l'œuvre, dans le domaine de l'optique physique et de la magnéto-optique était de tout premier plan. Lundi dernier 16 avril, au jour naissant, Aimé Cotton est mort, après une vie toute droite, uniquement consacrée à la recherche scientifique et à l'enseignement. Nous avons appris son décès peu d'instants avant l'ouverture de notre séance du 16 et il nous faut aujourd'hui nous recueillir dans le souvenir de ce grand savant, qui fut aussi un grand citoyen, apporter à sa mémoire l'hommage des sentiments d'admiration que nous ressentons pour sa personne et pour son œuvre.

Aimé-Auguste Cotton est né le 9 octobre 1869 à Bourg, où son Père était Professeur de Mathématiques. La famille Cotton, était d'ailleurs et est demeurée presque exclusivement une famille d'universitaires et de savants. Un frère cadet d'Aimé Cotton, Émile, appartenait encore à notre compagnie il y a un peu plus d'un an. Aimé Cotton, admis à l'École Normale Supérieure en 1890, est agrégé des Sciences physiques en 1893, docteur ès Sciences en 1896. Durant cinq années à la Faculté des Sciences de Toulouse, il enseigne la physique aux étudiants du P.C.N. Professeur adjoint en 1900, il est, cette même année, chargé de suppléer Jules Violle à l'École Normale Supérieure. Chargé de cours (1904), puis professeur adjoint (1910) à la Sorbonne, tout en restant délégué à l'École Normale, il est nommé titulaire de la Chaire de Physique théorique et Physique céleste en 1920, de la Chaire de Physique générale en 1922.

Ce qu'il y a d'essentiel dans son œuvre (et comment, en ces courts instants, ne nous en tiendrions-nous pas aux grandes lignes ?) se groupe autour de la question de la symétrie moléculaire.

Aimé Cotton inaugure sa carrière par une découverte importante. Dans bien des cristaux, la tourmaline par exemple, le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire sont inégalement absorbés. Ceci se conçoit, puisque les deux rayons vibrent suivant des directions différentes, pour lesquelles le cristal n'a pas les mêmes propriétés. C'est un peu comme si l'on avait affaire à deux matières distinctes, dont les pouvoirs absorbants seraient inégaux. Mais le raisonnement, applicable à deux rayons polarisés rectilignement, ne saurait l'être à deux rayons circulaires droit et gauche, car il ne peut plus être question de direction de vibrations. Cependant, si ces rayons se propagent dans un milieu doué de pouvoir rotatoire, leurs vitesses ne sont pas égales, d'où une certaine analogie avec le cas de la tourmaline. Cotton en déduit que, si le milieu est coloré, les deux rayons doivent être inégalement absorbés. L'expérience, réalisée avec diverses solutions colorées de tartrates (et d'abord avec la liqueur dite de Fehling), confirme la prévision : *L'absorption d'un rayon circulaire n'est pas la même suivant qu'il est droit ou gauche.* Un faisceau de lumière naturelle qui a traversé de tels liquides donne à la sortie, dans un analyseur circulaire, deux plages d'intensités différentes et dont la coloration n'est pas la même si l'expérience est faite en lumière blanche. Ces corps absorbants pourraient constituer des polariseurs circulaires analogues aux polariseurs rectilignes du type de la tourmaline.

Cette découverte est suivie de celle de la *dispersion rotatoire anomale.* Dans un liquide coloré doué de pouvoir rotatoire, la rotation du plan de polarisation varie avec la longueur d'onde tout autrement que dans les liquides incolores et peut même changer de signe quand on passe d'une couleur à une autre, anomalie qui se rattache, comme le dichroïsme circulaire, aux propriétés des corps au voisinage des bandes d'absorption.

Ces deux découvertes, *dichroïsme circulaire* et *dispersion rotatoire anomale,* apportent de précieux moyens d'investigation des configurations des molécules. M. Cotton les complète en montrant qu'un liquide coloré *inactif,* auquel on communique le pouvoir rotatoire à l'aide d'un champ magnétique, présente, près des bandes d'absorption, *des déformations systématiques de la courbe de dispersion rotatoire.* Plus tard, il observe, dans de tels liquides, le *dichroïsme circulaire* comme dans les liquides naturellement actifs.

Après cet important effort expérimental, les travaux de Cotton prennent une autre direction. Zeeman venait de découvrir les changements que subissent les raies d'émission dans un champ magnétique. Cotton réalise une expérience analogue en agissant sur l'absorption. Il trouve qu'une

flamme sodée placée entre les pôles d'un électro-aimant en activité ne renverse plus les raies $D_1 D_2$ émises par une flamme semblable placée hors du champ : *les raies d'absorption sont, comme les raies d'émission, modifiées par un champ magnétique.* Il trouve en outre que, dans un faisceau de lumière blanche, la flamme soumise au champ absorbe seulement les vibrations parallèles à celles qu'elle émet, se comportant, pour ces vibrations, comme une tourmaline parallèle à l'axe. Une étude plus poussée le conduit à reconnaître, qu'au changement magnétique des raies d'absorption d'une flamme colorée, s'ajoute une biréfringence magnétique au voisinage des raies d'absorption.

La grandeur des *variations que subissent les longueurs d'onde sous l'influence du champ* était très mal connue. Cotton entreprend des mesures précises, pour lesquelles il utilise une balance magnétique créée par lui, mesures sur les raies d'émission, puis sur les raies renversées par une flamme, à diverses températures. Il est alors en mesure d'affirmer notamment que *la température est sans influence sur l'effet Zeeman.*

Cette série de recherches est complétée par la détermination, dont la précision est d'un si haut intérêt, *du rapport de la charge de l'électron à sa masse.* Avec Pierre Weiss, il effectue cette mesure au moyen des raies bleues du zinc dans des champs très intenses exactement connus. Le résultat se trouve sensiblement différent de celui qui était admis; mais il est établi que les expériences antérieures avaient été faussées par une erreur systématique. Le nombre de Cotton et Weiss ($e/m = 1{,}767 . 10^7$) est exact à moins de 2/1000 près.

Et voici que notre Confrère, après avoir incliné son labeur vers l'électronique, revient à la Physique moléculaire. Il y revient par des recherches sur les particules ultra-microscopiques poursuivies en collaboration avec Henri Mouton. Les auteurs créent un ultramicroscope à réflexion totale d'un maniement facile, à l'aide duquel ils accumulent les observations sur les mouvements des granules des pseudosolutions, leur signe électrique, les déplacements qu'ils subissent dans un champ électrique, ou continu, ou alternatif (de fréquence même très élevée), ou triphasé.

Pour apprendre à mieux connaître ces particules brillantes, perpétuellement agitées, sans forme ni structure, ils ont l'idée de placer les solutions colloïdales dans un champ magnétique. Après Majorana, ils observent la *biréfringence magnétique des colloïdes* et ils reconnaissent en outre que les colloïdes possèdent aussi le *pouvoir rotatoire et le dichroïsme circulaire magnétiques.*

Cotton et Mouton concluent que *les granules sont anisotropes et s'orientent dans le champ comme le feraient des particules cristallines* en suspension dans un liquide. Par une méthode tout à fait ingénieuse, ils fixent les granules orientés au moyen de gélatine et réalisent ainsi de véritables *aimants*

*permanents transparents.* L'aimantation résiduelle de ces curieux aimants présente un caractère remarquable : elle est beaucoup plus stable que celle d'un aimant d'acier.

Cette étude était une instructive préface à celle des *problèmes moléculaires.* Il devait tout naturellement venir à l'esprit de rechercher si d'authentiques molécules se comportent comme les granules colloïdaux. Et c'est ainsi que nos auteurs sont conduits à la découverte de la *biréfringence magnétique des corps liquides purs*, sans particules en suspension, dans lesquels s'effectue un grouillement de molécules cent mille fois plus petites que les grains sur lesquels portaient les expériences précédentes. Ils la découvrent dans le nitrobenzène d'abord, puis dans d'autres liquides; c'est, en fait, une propriété générale des liquides. Ils l'expliquent par *l'anisotropie des molécules. L'orientation est la conséquence de l'anisotropie.*

La biréfringence magnétique est proportionnelle à l'épaisseur du liquide et au carré du champ. Elle est, avec le nitrobenzène et le monobromonaphtalène, assez grande pour être observable par projection; elle se prête à des mesures directes précises; elle offre une méthode optique de mesure des champs magnétiques.

La biréfringence magnétique varie beaucoup avec la constitution chimique des liquides. Les différences que présentent à cet égard les corps liquides de la série aromatique avec ceux de la série grasse sont particulièrement marquées. Les derniers parurent même d'abord tout à fait inactifs. Il en fut de même, à l'exception du sulfure de carbone, de toutes les substances minérales. Mais c'est seulement *par l'ordre de grandeur des biréfringences* que diffèrent les divers groupes de substances chimiques.

L'ensemble des résultats recueillis par Cotton et Mouton met en évidence l'influence de certains groupes d'atomes ou même de certains atomes. Il appuie fortement la théorie de l'orientation moléculaire et conduit, d'après les auteurs, à admettre que *les atomes eux-mêmes comme les groupes d'atomes, possèdent une anisotropie caractéristique.* Est-il besoin de dire combien les chimistes et biochimistes se sont intéressés à de telles notions ?

Cotton et son collaborateur ont, par tout cela, ouvert un vaste champ de recherches. Longtemps les physiciens n'avaient eu, sur la symétrie moléculaire, que les renseignements peu évocateurs que donne le pouvoir rotatoire. Cotton et Mouton donnent un moyen nouveau d'en aborder l'étude par action simultanée sur les molécules d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

Mais j'en viens à l'une des plus belles réussites d'Aimé Cotton : *le gros électro-aimant de Bellevue.* Cotton avait reconnu que les études sur le magnétisme exigeaient une augmentation non seulement de l'intensité du champ, mais aussi du volume dans lequel il est utilisable. Après avoir examiné

diverses solutions du problème, Cotton présente à l'Université de Paris et à l'Académie des Sciences un projet pour la réalisation duquel un certain capital avait été mis en réserve. A dater de cet instant, Cotton met tout en œuvre pour aboutir. Il aboutit effectivement et chacun sait combien de travailleurs ont pu, depuis 20 ans, recourir à l'installation de Bellevue pour le plus grand avantage de la connaissance scientifique.

Si l'on obtient facilement des champs intenses dans un électro-aimant, il faut, pour maintenir le courant dans les bobines et l'aimantation du fer doux, consentir à une grande dépense d'énergie; d'autre part, l'intensité du champ dont il faudrait assurer la constance pour des mesures précises, suit les variations inévitables du courant inducteur. C'est pourquoi Cotton projette, et réalise, un *gros aimant permanent*. Le laboratoire de Bellevue est, dès lors, doté de deux puissants instruments qui en font un centre de recherches unique au monde.

Ces réalisations sont postérieures à la première grande guerre et cette remarque me rappelle que je n'ai pas encore souligné le rôle joué par Aimé Cotton en 1914-1918. Ce rôle fut pourtant éminent; ce fut, magnifiquement, celui d'un homme de science, doublé d'un homme d'action.

Dès le début des hostilités, Cotton s'est mis au service de la Défense Nationale. Or, les laboratoires étaient vidés par la mobilisation générale. Il installe de nouvelles équipes et se met au travail. Il s'occupe notamment de *repérage par le son*. Dès les premiers mois de 1915, une méthode Cotton-Weiss est employée sur le front. Plusieurs des élèves de Cotton sont partis aux Armées avec des appareils de repérage. De ceux-ci, voici ce que dit l'un d'eux (notre Confrère M. Cabannes) : « Ces appareils sont des chefs-d'œuvre. La possibilité de mesurer de très courtes durées avec un fluxmètre permet l'emploi de bases courtes pour déterminer la direction d'une onde sonore; le matériel est léger, facile à déplacer, c'est un véritable matériel de campagne. »

Et Cotton n'abandonne pas à eux-mêmes ses collaborateurs, il va les visiter sur place, dans les tranchées, apportant ses informations et ses encouragements.

Notre Confrère s'occupe encore de la mesure de la *vitesse initiale des projectiles*, problème qu'il résout par une modification du fluxmètre.

Il s'attache à la connaissance de *l'influence des conditions atmosphériques sur le tir* et à *l'établissement des tables de correction*, dont le capitaine d'artillerie Jolibois lui avait signalé l'importance. Tables et graphiques appropriés sont mis au point avec le concours de M. Vessiot et de M. Buisson.

Après avoir écrit ces quelques pages sur l'œuvre scientifique de A. Cotton, j'ai parcouru à nouveau l'exposé de titres qu'il a rédigé en 1923 et pris conscience de tout ce que je ne pourrai dire en ces courts instants, toutes les recherches entreprises et menées à bien en d'autres domaines de la

Physique, recherches auxquelles il appliquait comme toujours sa curiosité, sa richesse d'idées, son habileté expérimentale.

Comment ne noterais-je pas son talent d'inventeur et de constructeur ? Il n'est presque pas d'étude pour laquelle il n'ait inspiré quelque dispositif nouveau : amélioration des sources de lumière, perfectionnement des mesures polarimétriques, construction de lames cristallines, interféromètre, réseaux, balance pour la mesure des champs magnétiques, ultramicroscope déjà cité, etc.

Je prends conscience aussi du talent avec lequel il sait exposer. Tout est clairement ordonné, exprimé; l'idée neuve jaillit, comme naturellement, des prémices et, loin de s'arrêter à la vue première et au fait observé, l'auteur va au delà, laisse pressentir tout ce qu'il y a de richesse dans les points de vue nouveaux. Ce Physicien est un grand Philosophe de la Nature.

Il a rédigé des livres, des revues, des conférences sur des sujets où il fut un novateur, ainsi : « *Le Phénomène de Zeeman* » dans la collection Scientia; « *Ultramicroscopes et Objets ultramicroscopiques* », avec Henri Mouton; « *Symétrie des cristaux et Symétrie moléculaire* », conférence de la Société Française de Physique, etc.

Comment s'étonner, dès lors, qu'il fut un professeur éminent ? Ses élèves — à Toulouse, à l'École Normale, à la Sorbonne, à Bellevue, il en eut beaucoup et de brillants — l'ont dit en cette séance de 1948 qui fut sa fête jubilaire. L'un d'eux se plait à évoquer ses belles leçons, particulièrement ses conférences préparatoires à l'agrégation, « la logique et la clarté de ses exposés, l'élégance de ses démonstrations ». Tous proclament lui devoir « leur solide formation intellectuelle et morale, leur goût pour la recherche, leur culte pour la vérité scientifique ».

Cotton avait été trois fois lauréat de l'Académie (Prix Pierson-Perrin en 1907, La Caze en 1918, Albert Ier de Monaco en 1928). En 1938, A. Cotton avait présidé notre Compagnie.

Dans les temps douloureux que nous avons vécus de 1940 à 1944, cette âme noble et généreuse, ce citoyen épris de justice, hostile à toute oppression, devait, en compagnie de quelques confrères, concentrer sur lui l'attention des occupants. Ravir sa liberté à un si pur Français était bien tendant, et c'est ainsi que, sans motif avouable, Cotton fut astreint à vivre quelques semaines à la prison de Fresnes. Celui qui, à tant de titres, — Savant, éducateur de bien des Maîtres de ce temps, serviteur ardent de la Patrie en paix et en guerre, conscience droite et rigide — méritait déjà pleinement d'être considéré comme un grand Citoyen, reçut, par cette odieuse persécution, une auréole de plus.

En votre nom, mes chers Confrères, je renouvelle à Mme Cotton, sa compagne si profondément dévouée, si capable de comprendre et d'assister

un homme d'un tel mérite, l'expression que, dès la première heure, je lui ai transmise, de notre chagrin et de notre respect. Je prie ses enfants, M. et M^me^ Eugène Cotton, M. et M^me^ Manigaux, de croire à notre bien vive sympathie.

PHYSIOLOGIE. — *Effets de l'inhalation d'oxygène pur, à la pression atmosphérique, sur les facultés intellectuelles de l'Homme normal.* Note (*) de MM. **Léon Binet**, **Maurice-V. Strumza** et **Jacques Lévy**.

Les animaux soumis à l'inhalation continue d'oxygène pur présentent une tendance à la léthargie, un état de torpeur et de frilosité entrecoupé de courtes périodes d'activité. Chez l'Homme en état d'hypoxémie, il a été observé quelquefois, à la suite d'une brusque suroxygénation, de la confusion mentale, de la stupeur et même une perte de conscience. Mais en l'absence d'anoxémie, les fonctions psychiques de l'Homme normal réagissent-elles à l'inhalation d'oxygène pur ?

Nous avons pensé pouvoir répondre à cette question à l'aide de la méthode des tests écrits d'intelligence et nous nous sommes adressés à 42 élèves en médecine dont 16 du sexe féminin. Ces étudiants et étudiantes furent soumis préalablement au test n° 2 de M^me^ H. Piéron pour adultes cultivés [1], exécuté en 90 mn. Nous avons pu ainsi, pour chaque sujet, évaluer la compréhension, le sens critique, l'invention, le bon-sens, l'intelligence logique, l'intelligence numérique et enfin l'efficience totale. D'après le résultat de ce test, jeunes gens et jeunes filles ont été groupés deux par deux, réalisant des couples de même type d'intelligence et de valeur quantitative équivalente.

Dans un second temps, chaque couple exécutait deux autres tests pendant l'inhalation d'air ordinaire par un des élèves et d'oxygène pur à la pression atmosphérique par l'autre élève. La gêne minime provoquée par le port du masque à soupapes était identique pour les deux sujets, et rien ne différenciait les deux obus fournissant le gaz dont étaient remplis les spiromètres de Tissot. La nature du gaz respiré ainsi que le but de l'expérience étaient ignorés des candidats.

Après 5 mn de respiration à l'aide du masque, le test de Spearman [1] était commencé. La durée de cette épreuve était limitée à 6 mn. Après un repos de 5 mn pendant lesquelles l'inhalation des gaz contenus dans les

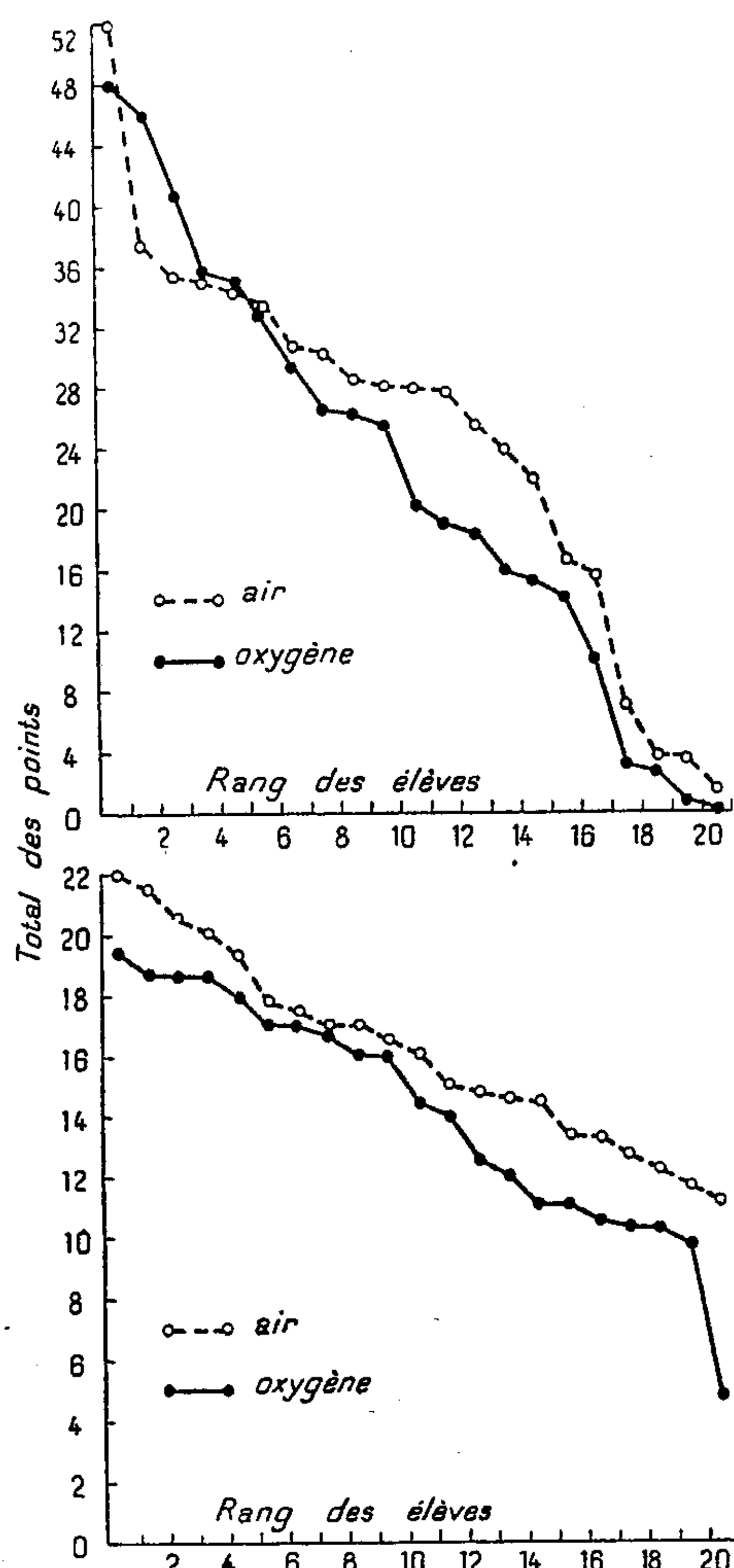
---

(*) Séance du 9 avril 1951.

(1) Ces différents tests sont appliqués : le test de M^me^ H. Piéron et le test de Spearman, au centre d'orientation professionnelle, le test de Faverges au centre de psychotechnie de l'Armée de l'air à Versailles.

spiromètres n'était pas interrompue, le test de Faverges [1], d'une durée de 25 mn, était commencé.

Les résultats, qui portent sur la valeur intellectuelle totale et les erreurs, sont groupés en deux figures.




Le test de Spearman, terminé, après les 11 premières minutes de l'inhalation, ne permet pas de mettre en évidence une influence certaine liée à la suroxygénation. La moyenne du nombre des points obtenus au total par les 21 étudiants respirant de l'air normal est de $24,85 \pm 2,84$, tandis que la moyenne obtenue par les 21 étudiants respirant de l'oxygène pur est de $22,19 \pm 3,1$. Les résultats sont un peu moins bons pendant la suroxygénation, mais l'écart n'est pas statistiquement significatif.

La valeur moyenne des erreurs s'est élevée légèrement : $1,05 \pm 0,25$ à l'air et $1,18 \pm 0,24$ à l'oxygène, sans que cet accroissement soit significatif.

De la 16$^e$ à la 41$^e$ minute de l'inhalation d'oxygène, un effet perturbateur sur les fonctions intellectuelles se fait nettement sentir. Le total des points du test de Faverges est, en moyenne, de $16,01 \pm 0,72$ avec de l'air normal et il est de $14,03 \pm 0,85$ seulement chez les 21 sujets respirant de l'oxygène. Statistiquement, ces différences sont significatives.

C'est particulièrement l'importance des erreurs qui augmente pendant la suroxygénation prolongée. La valeur moyenne des erreurs est de $1,08 \pm 0,20$ à l'air et de $1,78 \pm 0,28$ à l'oxygène, les différences étant significatives.

Le nombre des réponses justes est diminué pendant la suroxygénation : $15,86 \pm 0,65$ contre $17,09 \pm 0,51$ à l'air en moyenne, mais l'effet dépresseur est toutefois moindre que l'effet perturbateur se traduisant par l'augmentation des erreurs.

La rigueur de l'expérimentation que nous avons poursuivie permet d'éliminer toute influence psychique liée aux conditions mêmes de l'épreuve. Aucun test n'est utilisé deux fois de suite sur le même sujet.

L'inhalation d'oxygène pur, à la pression atmosphérique, a donc une action défavorable sur les fonctions intellectuelles, augmentant les erreurs. Dans la limite de temps que nous avons explorée, cet effet perturbateur est néanmoins assez faible.

M. **Paul Fourmarier** fait hommage du *Compte rendu de la Session extraordinaire de la Société géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie tenue à Liége, Theux et Spa du* 15 *au* 18 *septembre* 1950.

## PLIS CACHETÉS.

Les Héritiers de **Conrad Kilian** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 22 novembre 1948 et enregistré sous le n° 12494.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Pétrole et cuivre dans le Sahara Central.*

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Vladimir Frolow. *L'eau des continents et ses mécanismes.*

2° Comité interministériel de l'Alimentation et de l'Agriculture. *Rapport annuel sur l'état de l'alimentation et de l'agriculture en* 1949-1950.

3° *Mémoires de l'Institut d'études centrafricaines.* N° 1. *Les Légumineuses du Gabon*, par FRANÇOIS PELLEGRIN.

4° *Boletin del Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros*, Ano I, nos 1, 2 (Lima).

5° Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts du Maroc. *Esquisse préliminaire de la Carte des sols du Maroc, au* 1/1500000, dressée par WLADIMIR CAVALLAR (KAVALERIDZÉ).

Il signale également un volume polycopié : Union géodésique et géophysique internationale. Huitième Assemblée générale, Oslo, Norvège, août 1948. *Procès-verbaux des Séances de l'Association de Météorologie.* III. *Rapports nationaux.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Supports de produits de composition.* Note de M. **JACQUES-LOUIS LIONS**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La présente Note résout un problème posé par M. L. Schwartz. On utilise le

THÉORÈME A ([1]). — *Soit* $F(z)=\int_a^b \exp(-izt)f(t)\,dt$, $f(t)$ *étant une fonction continue à support compact, à valeurs réelles ou complexes;* $(a, b)$ *étant le plus petit intervalle contenant le support de* $f$. *Si* $n(r)$ *est le nombre de zéros de* $F(z)$ *dans le disque* $|z|\leqq r$ : $\lim_{r\to\infty} r^{-1}.n(r)=\pi^{-1}(b-a)$.

COROLLAIRE 1. — *Soit* $f$ *et* $\varphi$ *deux fonctions continues à support compact:* $(a, b)$ *et* $(\alpha, \beta)$ *les plus petits intervalles fermés contenant les supports de* $f$ *et* $\varphi$. *Alors le plus petit intervalle fermé contenant le support de* $f\star\varphi$ *est* $(a+\alpha, b+\beta)$ ([2]). *On généralise ce résultat aux distributions par régularisation* ([3]). *On va étendre ce résultat à* $R^n$.

*Soit* $f(t_1, t_2)$ *une fonction continue à support compact;* $K_f$ *le plus petit convexe fermé contenant le support de* $f$; *a et b les abscisses des droites d'appui de* $K_f$, *parallèles à* $ot_2 (a < b)$. *On introduit*

$$F(z_1, z_2)=\iint \exp[-i(z_1 t_1+z_2 t_2)]f(t_1, t_2)\,dt_1\,dt_2=\int_a^b \exp(-iz_1 t_1)\,g(t_1, z_2)\,dt_1$$

---

([1]) TITCHMARSH, *Proceedings of the London Math. Soc.*, 25, 1926, p. 283; CARTWRIGHT, *Proceedings of the London Math. Soc.*, 38, 1935, p. 164.

([2]) TITCHMARSH, *Theorie of Fourier intégral*, Oxford, 1937, p. 327; CRUM, *Quarterly Journal of Math.*, 12, 1941, p. 107-111; DUFRESNOY, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 857.

([3]) SCHWARTZ, *Théorie des distributions*, 2, Hermann, 1950-1951, Paris.

où

$$g(t_1, z_2) = \int \exp(-iz_2t_2) f(t_1, t_2)\, dt_2.$$

Proposition 1. — *a et b sont limites effectives d'intégration pour les $z_2$ qui n'appartiennent pas à un ensemble dénombrable du plan $H_{z_2}$ des $z_2$.*

*Démonstration.* — *a*. Soit K un compact fixé quelconque de $H_{z_2}$; $n(t_1, K) = n(t_1)$ le nombre de zéros $\in K$ de la fonction de $z_2$ : $g(t_1, z_2)$. $n(t_1)$ est semi-continue supérieurement en $t_1$. Soit $(a, a+1/n)$ un voisinage de $a$. Il existe un ouvert non vide $U_n \subset (a, a+1/n)$ avec $n(t_1) \leqq M$ pour $t_1 \in U_n$ (M indépendant de $t_1$).

*b*. Introduisons $ot_1$ perpendiculaire à $H_{z_2}$ en $o$. $\Delta_{z_t}$ désignera la parallèle à $ot_1$ par $z_t \in H_{z_2}$. $g(t_1, z_t) = 0$ sur $e'_t \subset \Delta_{z_t}$, $e'_t$ étant un ensemble mesurable, de mesure $|e'_t|$. Soit $e''_t$ la projection, parallèlement à $H_{z_2}$ de $e'_t$ sur $ot_1$ et $e_t = e''_t \cap U_n$. On a : $|e_t| = 0$ sauf pour un ensemble dénombrable de $z_t : D_n \subset K$ (ce qui démontre la proposition). En effet, supposons $|e_t| > 0$ pour un ensemble $z_t \in I$, non dénombrable; comme $n(t_1) \leqq M$ pour $t_1 \in U_n$ les $e_t$ recouvrent M fois au plus $U_n$. Donc : $\sum_t |e_t| \leqq M |U_n|$ ce qui est absurde. Le théorème A et la proposition 1 entraînent la

Proposition 2. — *Soit $n(r, z_2)$ le nombre de zéros de $F(z_1, z_2)$ considérée comme fonction en $z_2$, situés dans $|z_1| \leqq r$. On a $\lim r^{-1} . n(r; z_2) \pi^{-1}(b-a)$ pour tout $z_2 \in D$. (D, ensemble dénombrable du plan $H_{z_2}$). Si $z_2 \in D$, la limite existe et est inférieure. Même chose pour $n(z_1, r)$. On généralise facilement à $R^n . n \geqq 3$.*

Théorème 1. — *Soit $\mathcal{E}'(R^n)$: espace des distributions à support compact* ([3]). *Si $U \in \mathcal{E}'(R^n)$ on désigne par $K_U$ le plus petit convexe contenant le support de U. On a $K_{S \star T} = K_S + K_T$. S, $T \in \mathcal{E}'(R^n)$.*

*Démonstration.* — On le démontre pour les fonctions continues en se ramenant aux droites d'appui des convexes, donc à ce qui précède. Pour passer aux distributions, on régularise ([3]).

Corollaire 1. — *Soit U une distribution à support limité à gauche par rapport à un cône convexe $\Gamma$* ([4]). *Si $U \in (\mathcal{D}'_{+\Gamma})$ soit $\Gamma_U$ le cône de sommet $\omega_U$ déduit de $\Gamma$ par translation, et circonscrit ou asymptote à $K_U$. On a $\omega_{S \star T} = \omega_S + \omega_T$ S, $T \in (\mathcal{D}'_{+\Gamma})$. En particulier il n'y a pas de diviseurs de zéro dans l'algèbre $(\mathcal{D}'_{+\Gamma})$, ce qui généralise un résultat connu pour $R^1$.*

Corollaire. — *Soit $F(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ une fonction entière de type exponentiel à croissance polynomiale sur $R^n$. Alors $\lim r^{-1} n(r; z_2, z_3, \ldots, z_n)$ existe et est indépendant de $\zeta = (z_2, z_3, \ldots, z_n) \in C^{n-1}$, sauf pour $\zeta \in D$ = ensemble dénombrable $\subset C^{n-1}$. Pour $\zeta \in D$ la limite existe et est inférieure.*

---

([4]) Schwartz, 2, p. 32-33.

Utilisant alors les résultats de ([5]), on obtient une formule reliant la croissance de F et son « nombre de zéros » : $n(r; z_2, z_3, \ldots, z_n)$([6]).

On peut aussi généraliser à $R^n$ un résultat de ([7]).

On généralisera dans une Note ultérieure le théorème 1 à certaines distributions à supports non compacts.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme de deux domaines complémentaires.* Note de M. **Zeev Nehari**, présentée par M. Paul Montel.

Le but de la présente Note est de démontrer le théorème suivant :

*Soit* C *une courbe de Jordan analytique dans le plan complexe. Pour que les fonctions*

$$f(z) = a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \quad \text{et} \quad g(z) = b_{-1} z^{-1} + b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + \ldots \; [g(z) \neq 0]$$

*représentent le cercle-unité conformément sur l'intérieur et l'extérieur, respectivement, de la même courbe* C, *il faut et il suffit que*

$$(1) \qquad \sum_{m=1}^{\infty} m\left[\,|a_m^{(n)}|^2 + |b_m^{(n)}|^2\right] = -\sum_{m=-n}^{-1} m\,|b_m^{(n)}|^2 \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

*où* $a_m^{(n)}$ et $b_m^{(n)}$ *sont donnés par les développements*

$$(2) \qquad P_n[f(z)] = \sum_{m=0}^{\infty} a_m^{(n)} z^m, \qquad P_n[g(z)] = \sum_{m=-n}^{\infty} b_m^{(n)} z^m,$$

*où* $P_n(w)$ *est un polynome arbitraire de degré* $n$.

*Démonstration.* — Pour démontrer la nécessité de la condition, nous observons que les points $w = f(e^{i\theta})$ et $w = g(e^{i\theta})$ parcourent la même courbe analytique C si $\theta$ croît de 0 à $2\pi$. Par conséquent, si $P_n(w)$ est un polynome de degré $n$, les points $W = P_n[f(e^{i\theta})]$ et $W = P_n[g(e^{i\theta})]$ décrivent une

---

([5]) C'est le théorème de Paley-Wiener (voir, Paley-Wiener, *Amer. Math. Colloquium*, XIX, 1934). On peut donner des résultats plus précis : théorème de Plancherel-Polya. Voir : *Commentarii Mathematici Helvetici*, 9, 1936-1937. Tous ces résultats sont étendus par Schwartz aux distributions, 2, p. 128-130.

([6]) Pour 2 variables on a :

$$\sup_{\alpha} \limsup_{r \to \infty} r^{-1} \operatorname{Log} |F(\alpha_1 - i\lambda_1 r, \alpha_2 - i\lambda_2 r)| + \sup_{\alpha} \limsup_{r \to \infty} r \operatorname{Log} |F(\alpha_1 + i\alpha_1 r, \alpha_2 + i\lambda_2 r)$$
$$= \lim_{r \to \infty, z_2 \in D_2} r^{-1} n(r, z_2) = \lim_{r \to \infty, z_1 \in D_1} r\, n(r, z_1),$$

où $n(r, z_2)$ par exemple est le nombre de zéros de la fonction de $z_1$ : $F(\lambda_1 z_1 - \lambda_2 z_2, \lambda_2 z_1 + \lambda_1 z_2)$ et où $D_2$ par exemple est dénombrable.

([7]) Agmon, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 540. On peut alors généraliser un des résultats de Dixmier, *Portugaliæ Mathematica*, 8, 1949, p. 73-84.

certaine courbe analytique qui sera désignée par $C_n$. Considérons l'intégrale

$$I_n = \frac{1}{2}\int_{C_n} |W|^2 d(\arg W) = \frac{1}{2}\int |P_n(w)|^2 d[\arg P(w)] = \iint_D |P'_n(w)|^2 du\, dv,$$

où $w = u + iv$ et D désignent l'intérieur de C. Si $W = Re^{i\varphi}$ et $z = re^{i\theta}$, il suit des équations de Cauchy-Riemann que

$$I_n = \frac{1}{2}\int_{C_n} R^2 d\Phi = \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} R^2 \Phi_\theta\, d\theta = \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} RR_r\, dr = \frac{1}{4}\frac{\partial}{\partial r}\int_0^{2\pi} R^2\, dr$$
$$= \left[\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial r}\int_0^{2\pi} |P_n[f(re^{i\theta})]|^2 d\theta\right]_{r=1} = -\left[\frac{1}{4}\frac{\partial}{\partial r}\int_0^{2\pi} |P_n[g(re^{i\theta})]|^2 d\theta\right]_{r=1},$$

où le signe négatif au dernier membre est dû au fait que C est parcouru par $g(re^{i\theta})$ dans le sens négatif lorsque $\theta$ croît de 0 à $2\pi$. Substituant pour $f(z)$ et $g(z)$ leurs développements, nous obtenons (1).

Pour montrer que la condition est suffisante, nous supposons que $w = f(z)$ représente $|z| < 1$ sur un domaine $D_1$ et que $w = g(z)$ représente $|z| < 1$ sur l'extérieur d'un domaine $D_2$ qui ne coïncide pas avec $D_1$. Nous venons de démontrer que la condition (1) est équivalente à

$$\iint_{D_1} |P'_n(w)|^2 du\, dv = \iint_{D_2} |P'_n(w)|^2 du\, dv,$$

où $P_n(w)$ est un polynome quelconque de degré $n$. En vertu de l'égalité

$$2\,\mathcal{R}\{e^{i\tau}\overline{P'_m(w)}\,P'_n(w)\} = |P'_n(w) + e^{i\tau}P'_n(w)|^2 - |P'_m(w)|^2 - |P'_n(w)|^2,$$

il s'ensuit que

$$(3)\qquad \iint_{D_1} \overline{P'_m(w)}\,P'_n(w)\, du\, dv = \iint_{D_2} \overline{P'_m(w)}\,P'_n(w)\, du\, dv.$$

Donc, si nous orthonormalisons les polynomes $P_n(w)$ par les conditions

$$(4)\qquad \iint_{D_1} P'_n(w)\,\overline{P'_m(w)}\, du\, dv = \delta_{nm},$$

nous concluons de (3) que cette suite de polynomes est aussi orthonormalisée par rapport au domaine $D_2$.

Maintenant, nous formons la fonction-noyau

$$K(w, \eta) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n(w)\,\overline{P_n(\eta)},$$

où les $P_n(w)$ satisfont à (4) et $\eta$ est un point commun à $D_1$ et $D_2$. [L'existence d'un tel point résulte des conditions $f(0) = 0$ et $g(z) \neq 0$.]

D'après un résultat de M. S. Bergman ([1]), $\pi^{-\frac{1}{2}}[K(\eta, \eta)]^{-\frac{1}{2}}K(w, \eta)$ est la dérivée de la fonction $w_1 = F(w)$ qui représente $D_1$ conformément sur $|w_1| < 1$, et pour laquelle $F(\eta) = 0$. Puisque $K(w, \eta)$ est aussi la fonction-noyau de $D_2$, $w_1 = F(w)$ représente également $D_2$ sur $|w_1| < 1$, et l'identité de $D_1$ et $D_2$ est établie. La condition (1) est donc suffisante.

Nous ajoutons que les polynomes $P_n(w)$ peuvent être choisis arbitrairement, la seule condition étant qu'il y ait des polynomes de tous les degrés. La condition (1) prend une forme particulièrement élégante si nous identifions les $P_n(w)$ avec les polynomes de Faber associés à $g(z)$, c'est-à-dire les polynomes $P_n(w)$ tels que $P_n[g(z)] - z^{-n}$ soit régulier en $z = 0$. Dans ce cas, on obtient la condition

$$\sum_{m=1}^{\infty} m\left[|a_m^{(n)}|^2 + |b_m^{(n)}|^2\right] = n \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un critère de normalité d'une famille de fonctions algébroides.* Note de M. **Nicolas Baganas**, présentée par M. Paul Montel.

1. Définition de la distance et de la convergence dans l'espace projectif complexe.

Dans l'espace projectif complexe à $n$ dimensions, on peut définir de plusieurs façons une « distance »; la définition que nous donnons, ici, nous a été très utile pour la brièveté et la simplicité des démonstrations des théorèmes qui suivent.

Soient $P_1(\alpha_0^{(1)}, \alpha_1^{(1)}, \ldots, \alpha_n^{(1)})$ et $P_2(\alpha_0^{(2)}, \alpha_1^{(2)}, \ldots, \alpha_n^{(2)})$, avec

$$N_1 = \sqrt{\sum_{j=0}^{n} |\alpha_j^{(1)}|^2} \neq 0, \qquad N_2 = \sqrt{\sum_{j=0}^{n} |\alpha_j^{(2)}|^2} \neq 0,$$

deux points de cet espace; nous adoptons comme définition de la distance $|P_1P_2|$ de ces points l'expression

$$|P_1P_2| = \text{minimum de} \sum_{j=0}^{n} \left| \frac{\alpha_j^{(1)}}{N_1} - \frac{\alpha_j^{(2)}}{N_2} e^{i\theta} \right|$$

quand $\theta$ réel varie de 0 à $2\pi$; il est presque évident que $|P_1P_2|$ a les propriétés d'une distance

$$|P_1P_2| \geqq 0, \qquad |P_1P_2| = |P_2P_1|, \qquad |P_1P_2| + |P_2P_3| \geqq |P_1P_3|.$$

Nous dirons qu'une suite infinie de points distincts $P_1, P_2, \ldots, P_n, \ldots$ tend

([1]) *Mém. Sc. math.*, nos 106, 108, Gauthiers-Villars, Paris.

vers le point limite P si $\lim_{n \to \infty} |P_n P| = 0$; il est clair que : 1° si une suite a pour limite un point P, elle ne peut pas avoir pour limite un autre point P'; 2° le critère de Cauchy subsiste.

2. Considérons une suite infinie $u_j(z)$

$$u_1(z), \quad u_2(z), \quad \ldots, \quad u_j(z), \ldots$$

de fonctions algébroïdes à $n$ branches définies respectivement, dans un même domaine D, par les équations

$$\text{(A)} \quad F_j(u, z) \equiv f_0^j(z) u^n + f_1^j(z) u^{n-1} + \ldots + f_n^j(z) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, n, \ldots),$$

où $f_0^j(z)$, $f_1^j(z)$, $\ldots$, $f_n^j(z)$ sont des fonctions holomorphes dans D ne s'annulant pas simultanément pour une même valeur $z$.

A chaque équation $F_j(u, z) = 0$, et pour chaque $z$ dans D, nous faisons correspondre dans l'espace projectif complexe à $n$ dimensions le point $P_j[f_0^j(z), f_1^j(z), \ldots, f_n^j(z)]$; nous dirons que la suite des équations (A) « converge » uniformément dans D si, $\varepsilon > 0$ étant donné, on a $|P_j P_i| < \varepsilon$ pour $j, i > N(\varepsilon)$ où N est un entier fixe ne dépendant pas de $z$.

Lemme. — *Si la suite des équations*

$$F_j(u, z) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots)$$

« *converge* » *uniformément dans* D, *la suite*

$$u_1(z), \quad u_2(z), \quad \ldots, \quad u_j(z), \quad \ldots,$$

*formée par les algébroïdes que ces équations définissent, converge, aussi, uniformément dans* D [*au sens ordinaire du mot* (1)] *vers une fonction algébroide à* $n$ *branches. Réciproquement, si la suite*

$$u_1(z), \quad u_2(z), \quad \ldots, \quad u_j(z), \quad \ldots$$

*converge uniformément dans* D, *la suite correspondante*

$$F_1(u, z) = 0, \qquad \ldots, \qquad F_j(u, z) = 0, \qquad \ldots$$

« *converge* », *aussi, uniformément dans* D.

La démonstration de ce lemme est extrêmement simple.

3. On dit, suivant M. P. Montel, qu'une famille $(u)$ de fonctions algébroïdes à $n$ branches définies dans un domaine D est normale dans ce domaine si, de toute suite infinie de fonctions de la famille, on peut extraire une suite partielle convergeant uniformément dans l'intérieur de D.

Le lemme précédent nous permet de donner une autre définition (équiva-

---

(1) Une première définition de la convergence d'une suite de fonctions algébroïdes a été donnée par G. Remoundos (*Acta mathematica*, 37, 1914, p. 241-300); elle a été depuis précisée.

lente) : Soit $[F(u, z) = 0]$, la famille des équations définissant les fonctions de la famille $(u)$; la famille $(u)$ est dite normale si, de toute suite infinie d'équations de la famille $[F(u, z) = 0]$, on peut extraire une suite partielle « convergeant » uniformément dans l'intérieur de D.

Théorème (critère de normalité). — *Les fonctions algébroïdes à n branches, définies dans un domaine* D, *qui ne prennent jamais, au même point z, aucune des valeurs d'une fonction algébrique donnée ayant au moins* $2n+1$ *branches distinctes, forment une famille normale.*

Ce théorème a été pressenti par M. Montel et, pour $n=1$, nous retrouvons un de ses théorèmes : les fonctions méromorphes, définies dans un domaine D, qui ne sont jamais égales à une fonction algébrique admettant au moins trois déterminations, forment une famille normale [2]. En supposant que $2n+1$ des branches de la fonction algébrique soient des constantes distinctes, on obtient ce théorème de M. J. Dufresnoy : les algébroïdes à $n$ branches, définies dans un domaine D et y présentant $2n+1$ mêmes valeurs exceptionnelles, constituent une famille normale dans ce domaine [3].

4. Il est connu qu'à tout critère de famille normale de fonctions analytiques correspond un groupe de théorèmes formant ce qu'on appelle un « cycle » et comportant, en particulier, des généralisations des théorèmes de Landau et de Schottky; on peut facilement donner, dans le cas présent, une extension du théorème de Schottky, mais l'extension du théorème de Landau exige une étude préalable des fonctions algébriques exceptionnelles pour une algébrique donnée. Nous reviendrons sur cette question.

## TOPOLOGIE. — *Espaces majorés.*

Note de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous introduisons le concept d'un espace généralisant à la fois les divers espaces à écart abstrait [2] et les divers espaces uniformes [1], [4].

Ce concept aura, comme celui d'écart abstrait, l'avantage de ne pas faire appel à la notion de produit combinatoire de l'espace P par lui-même, et de permettre des modes de raisonnement analogues à ceux employés dans les espaces distanciés. D'autre part les définitions que nous allons introduire seront aussi simples que celles concernant l'écart abstrait [2].

Nous adoptons la terminologie de plusieurs Notes précédentes [1], [2], [3], [4]

---

(2) *J. Math. pures et appliquées*, **20**, 1941, p. 305-324.
(3) *Ann. Sc. Éc. Norm. Sup.*, **61**, 1944, p. 1-44.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 986.
(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 442.
(3) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 865.
(4) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 753; voir *Errata*, p. 1355 pour les *tableaux* **1**, **3**, **5** et **6**.

où sont étudiées les notions de topologie généralisée $\mathfrak{T}$ et de famille uniformisante généralisée $\mathfrak{U}$. Dans ce qui suit l'introduction de la famille $\mathfrak{U}$ et donc de $m_0$, autrement dit la considération du produit combinatoire $P \times P$, n'a rien d'essentiel, et n'est faite que pour les comparaisons avec des espaces antérieurement définis (*loc. cit.*).

Soit P un espace, c'est-à-dire un ensemble d'éléments appelés points. Supposons que l'on ait associé à P un certain ensemble $M_P$ (*qui n'a nullement besoin d'être partiellement ordonné*), et que l'on ait défini une relation $(a, b) \prec \lambda$, que nous écrirons aussi $(a, b)\, \mathfrak{M}\, \lambda$, où $(a, b)$ est *majoré par* $\lambda$, ou $\lambda$ *majore* $(a, b)$, relation qui a lieu ou non pour tout couple ordonné $(a, b)$ de points $a \in P$ et $b \in P$ et pour tout élément $\lambda \in M_P$. Alors nous disons que l'on a défini une *majoration généralisée* $\mathfrak{M}$ *dans* P; l'ensemble $M_P$ se nommera *échelle majorante dans* P.

Nous appelons *espace* $(P, \mathfrak{M})$ tout espace P auquel on associe une majoration généralisée $\mathfrak{M}$ dans P. Les termes d'*espace* $(P, \mathfrak{T}, \mathfrak{M})$, d'espace $(P, \mathfrak{T}, \mathfrak{U}, \mathfrak{M})$, ..., s'entendent d'eux-mêmes. Nous envisageons les axiomes suivants :

$m_0$. *$\mathfrak{U}$ est la famille de tous les sous-ensembles de* $P \times P$ *dont chacun contient au moins un ensemble de la forme* $W_\lambda$ = *ensemble des couples* $(a, b)$ *tels que* $a \in P$, $b \in P$, $(a, b) \prec \lambda$, *avec* $\lambda \in M_P$.

$m_1$. *Pour tout point* $a \in P$ *et pour tout ensemble* $E \subset P$, *on a* $[a\,\mathfrak{T}\,E] \rightleftharpoons$ [*pour tout* $\lambda \in M_P$, *il existe* $b \in E$ *tel que* $(a, b) \prec \lambda$].

$m_2^*$. *On a* $M_P \neq 0$.

$m_2^{**}$. *Pour tous* $\lambda \in M_P$ *et* $\mu \in M_P$, *il existe* $\nu \in M_P$ *tel que, pour tous points* $a \in P$ *et* $b \in P$, *on ait* $[(a, b) \prec \nu] \rightarrow [(a, b) \prec \lambda \,\&\, (a, b) \prec \mu]$.

$m_3^*$. *Pour tous points* $a \in P$ *et* $b \in P$, *on a* $[a = b] \rightarrow$ [*pour tout* $\lambda \in M_P$, *on a* $(a, b) \prec \lambda$].

$m_3^{**}$. *Pour tous points* $a \in P$ *et* $b \in P$, *on a* [*pour tout* $\lambda \in M_P$, *on a* $(a, b) \prec \lambda] \rightarrow [a = b]$.

$m_4$. *Pour tout* $\lambda \in M_P$, *il existe* $\mu \in M_P$ *tel que pour tous points* $a \in P$ *et* $b \in P$ *on ait* $[(a, b) \prec \mu] \rightarrow [(b, a) \prec \lambda]$.

$m_5^*$. *Pour tout* $\lambda \in M_P$, *il existe* $\mu \in M_P$ *et* $\nu \in M_P$ *tels que pour tous points* $a \in P$, $b \in P$ *et* $c \in P$ *on ait* $[(a, c) \prec \mu \,\&\, (c, b) \prec \nu] \rightarrow [(a, b) \prec \lambda]$.

$m_5$. *Pour tout* $\lambda \in M_P$, *il existe* $\mu \in M_P$ *tel que pour tous points* $a \in P$, $b \in P$ *et* $c \in P$ *on ait* $[(a, c) \prec \mu \,\&\, (c, b) \prec \mu] \rightarrow [(a, b) \prec \lambda]$.

Nous appelons *espace majoré généralisé* tout espace $(P, \mathfrak{T}, \mathfrak{U}, \mathfrak{M})$ vérifiant les *axiomes de compatibilité* $m_0$ et $m_1$. Un tel espace est univoquement déterminé par la donnée tout à fait arbitraire de P et de $\mathfrak{M}$ (alors $m_0$ et $m_1$ peuvent être considérés comme les définitions de $\mathfrak{U}$ et de $\mathfrak{T}$).

Nous appelons *espace majoré* tout espace majoré généralisé vérifiant $m_2^*$, $m_2^{**}$, $m_3^*$, $m_3^{**}$, $m_4$ et $m_5^*$. Un tel espace vérifie nécessairement $m_5$, car on a toujours : $[m_2^{**} \,\&\, m_5^*] \rightarrow m_5 \rightarrow m_5^*$. Nous avons établi les théorèmes suivants :

1. *Tout espace majoré généralisé vérifie $u_1$ et $u_2^{***}$ et est donc un espace uniforme généralisé* ([1]). *Réciproquement tout espace uniforme généralisé est topologiquement et uniformément identique à au moins un espace majoré généralisé* (que l'on obtient en posant $M_P = \mathfrak{U}$, et que le signe $\prec$ signifie $\in$).

2. *Tout espace majoré est un espace uniforme de* [*A. Weil* ([1])] *et est donc complètement régulier. Réciproquement tout espace uniforme est topologiquement et uniformément identique à au moins un espace majoré* (que l'on obtient comme dans le théorème 1). *Par conséquent tout espace complètement régulier est topologiquement identique à au moins un espace majoré.*

En n'imposant à un espace majoré généralisé qu'une partie des axiomes $m$, on obtient une gamme d'espaces intermédiaires entre les espaces majorés généralisés et les espaces majorés. Ces espaces intermédiaires correspondent biunivoquement et *sont même topologiquement et uniformément identiques* aux divers espaces uniformes généralisés définis dans notre Note ([1]). Ce résultat s'obtient en utilisant *le tableau 7 suivant qui est valable dans tout espace* ($P$, $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{M}$) *vérifiant $m_0$, et par conséquent dans tout espace majoré généralisé :*

TABLEAU 7.

$$m_0,\ u_2^{***} \text{ sont vérifiés}; \quad m_2^{*} \rightleftharpoons u_2^{****} \rightleftharpoons u_2^{*}; \quad m_2^{**} \rightleftharpoons u_2^{**};$$
$$m_3^{*} \rightleftharpoons u_3^{*}; \quad m_3^{**} \rightleftharpoons u_3^{**}; \quad m_4 \rightleftharpoons u_4; \quad m_5^{*} \rightleftharpoons u_5^{*}.$$

*Dans tout espace* ($P$, $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{M}$) *vérifiant $m_1$, et donc dans tout espace majoré généralisé, le tableau* 8 *suivant est valable :*

TABLEAU 8.

$$m_1,\ \text{III sont vérifiés}; \quad m_2^{*} \rightleftharpoons \text{II}; \quad m_2^{**} \rightarrow \text{D}; \quad m_3^{*} \rightleftharpoons \text{I};$$
$$m_3^{**} \rightleftharpoons \text{T}_1; \quad m_5^{*} \rightarrow \text{T}; \quad [m_3^{*}\ \&\ m_5^{*}] \rightarrow \text{C}^{**}; \quad [m_3^{*}\ \&\ m_4\ \&\ m_5^{*}] \rightarrow \text{C}^{*}.$$

Les divers espaces écartés (généralisés) ([2]) deviennent des *cas particuliers* des divers espaces majorés (généralisés) en posant $M_P = s_P$ et que $(a, b) \prec \lambda$ signifie $\delta(a, b) < \lambda$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la dérivation variationnelle des équations générales décrivant les corpuscules de spin quelconque à masses multiples.* Note de M. **Robert Potier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans nos Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]) dont nous conserverons les notations, nous avons défini les équations d'onde les plus générales, décrivant les

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 638.
([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 855, et p. 1076.
([3]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1146, et **228**, 1949, p. 656.

corpuscules à masses multiples et introduit les formes de vecteur-courant permettant de construire le formalisme quantique qui leur est associé. L'objet de la présente Note est de montrer que ces équations et ce formalisme peuvent se déduire d'un principe variationnel.

Soit donc

$$(1)\qquad \mathcal{L}(\Psi, \Phi) \equiv \sum_{p,q,k,h} (-1)^{k+h} C_p^k C_q^h \left[ \Psi_{k,h}^{p,q} \Phi_{p-k,q-h}^{p,q} + \varepsilon \Psi_{h,k}^{q,p} \Phi_{q-h,p-k}^{q,p} \right],$$

$$0 \leqq k \leqq p, \qquad 0 \leqq h \leqq q, \qquad \varepsilon = \pm 1, \qquad C_a^b = \frac{a!}{b!(a-b)!};$$

$p$ et $q$ sont des nombres entiers positifs ou nuls qui sont assujettis à $p \geqq q$;

$\varepsilon$ doit être pris égal à $+1$ si l'on envisage une théorie des corpuscules à spin entier ($p+q$ pair) et à $-1$ s'il s'agit de corpuscules à spin $1/2$ entier ($p+q$ impair).

Dans ces conditions $\mathcal{L}(\Psi, \Phi)$ est invariant relativiste. Soient $\psi^{p,q}$ les fonctions d'onde du corpuscule. On pose

$$(2)\qquad \Psi = \alpha(p,q)\psi^{p,q} + \alpha(p-1,q-1;p,q)\partial^{++}\psi^{p-1,q-1} + \alpha(p+1,q+1;p,q)\partial^{--}\psi^{p+1,q+1}$$
$$+ \alpha(p+1,q-1;p,q)\partial^{-+}\psi^{p+1,q-1} + \alpha(p-1,q+1;p,q)\partial^{+-}\psi^{p-1,q+1}.$$

On définit $\Phi$ à partir de fonctions $\varphi$ par des formules analogues à (2), où les $\alpha$ sont remplacés par des $\alpha'$ et les $\psi$ par des $\varphi$. Les $\alpha$ et $\alpha'$ sont des nombres complexes quelconques. Les $\varphi$ se définissent à partir des $\psi$ selon

$$(3)\qquad \varphi_{rs}^{pq} = \psi^{*}{}_{sr}^{pq}; \qquad \varphi_{rs}^{qp} = \psi^{*}{}_{sr}^{pq}.$$

Si on lie les $\alpha$ et $\alpha'$ par les relations :

$$(4)\qquad \begin{cases} \alpha'(p,\ q;\ p+1,\ q+1) = \alpha^{*}(p,\ q;\ p+1,\ q+1) \\ \alpha'(p+1,\ q+1;\ p,\ q) = \alpha^{*}(p+1,\ q+1;\ p,\ q) \\ \alpha'(p,\ q;\ p+1;\ q-1) = -\alpha^{*}(p,\ q;\ p+1,\ q-1) \\ \alpha'(p+1,\ q-1;\ p,\ q) = -\alpha^{*}(p+1,\ q-1,\ p,\ q) \end{cases}$$

l'expression

$$(5)\qquad \mathcal{L}(\Psi, \varphi) + \mathcal{L}(\psi, \Phi) = \mathcal{L}$$

est réelle, quelles que soient les $\psi$. Elle peut donc convenir comme lagrangien.

La condition habituelle

$$(6)\qquad \delta \int \mathcal{L}\, dx\, dy\, dz\, dt = 0$$

pour toute variation convenable des $\psi$ et des $\varphi$ s'exprime par les équations d'onde

$$(7)\qquad [\alpha(p,q) + \alpha^{*}(p,q)]\psi^{p,q}$$
$$+ [\alpha(p-1,\ q-1;\ p,\ q) - \alpha^{*}(p,\ q;\ p-1,\ q-1)]\,\partial^{++}\psi^{p-1,q-1}$$
$$+ [\alpha(p+1,\ q+1;\ p,\ q) - \alpha^{*}(p,\ q;\ p+1,\ q+1)]\,\partial^{--}\psi^{p+1,q+1}$$
$$- [\alpha^{*}(p+1,\ q-1;\ p,\ q) + \alpha(p,\ q;\ p+1,\ q-1)]\,\partial^{-+}\psi^{p+1,q-1}$$
$$- [\alpha(p-1,\ q+1;\ p,\ q) + \alpha^{*}(p,\ q;\ p-1,\ q+1)]\,\partial^{+-}\psi^{p-1,q+1} = 0.$$

On peut constater que les coefficients des équations (7) sont insensibles à certaines modifications des coefficients $\alpha$. Cela conduit à poser

$$(8)\quad \begin{cases} a(p, q) = \alpha(p+1, q+1; p, q) - \alpha^*(p, q; p+1, q+1), \\ b(p, q) = \alpha(p+1, q-1; p, q) + \alpha^*(p, q; p+1, q-1), \\ c(p, q) = \alpha(p, q) + \alpha^*(p, q). \end{cases}$$

Les $a$, $b$, $c$, ainsi introduits, sont les coefficients des équations (7). Le lagrangien défini par équations (1), (2), (3), (4) et (5) est le plus général qui puisse être écrit, compte tenu des conditions de linéarité de la théorie et d'invariance relativiste. Il représente à la fois les corpuscules de spin entier et de spin 1/2 entier.

Si l'on veut introduire l'interaction avec le champ électromagnétique, il suffit, dans les équations (2) d'ajouter au quadrivecteur $\partial(\partial x\, \partial y\, \partial z\, \partial t)$ le quadrivecteur $ie\mathrm{U}$ (U, ensemble du potentiel scalaire et du potentiel vecteur). Si l'on veut obtenir des passages des états de spin demi entier aux états de spin entier, il faut ajouter un terme d'interaction avec le champ de neutrinos. Ce terme est l'invariant relativiste obtenu par produit du spineur représentant les neutrinos avec les $\psi^{(p,q)}$ et les $\varphi^{(p'q')}$, $p$, $q$, $p'$, $q'$ étant convenablement choisis ([4]). On doit avoir

$$p' = p + \varepsilon_1, \qquad q' = q + \varepsilon_2,$$

avec

$$\varepsilon_1 = 0 \quad \text{ou} \quad \mp 1, \qquad \varepsilon_2 = \mp 1 \quad \text{ou} \quad 0, \qquad \varepsilon_1 \varepsilon_2 = 0.$$

Il convient de remarquer que, si l'on désire construire une théorie où n'intervienne qu'un nombre fini de fonctions d'onde, les coefficients $\alpha$ différant de 0 doivent être en nombre fini.

Dans le cas général, il y aura un nombre infini de fonctions d'onde, et un nombre infini d'équations.

PYROTECHNIE. — *Diminution des effets des charges creuses en rotation rapide, et remarque sur une Note de MM. H. Muraour et J. Fauveau* ([1]). Note ([*]) de MM. **James Basset** et **Jacques Basset**, transmise par M. Maurice de Broglie.

La disparition des effets des charges creuses en rotation s'explique par la création d'un mouvement tourbillonnaire à très grande vitesse du projectile axial qu'elles émettent. Cette cause, qui peut être la plus importante, s'ajoute à la diminution probable de la brisance de l'explosif sous l'effet de la pression développée dans sa masse par la force centrifuge.

Dans une Note précédente ([2]) nous avons signalé une cause qui nous

---

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 651.

([*]) Séance du 16 avril 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 942.

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1440.

semblait pouvoir expliquer partiellement la disparition des effets des charges creuses mises en rotation rapide.

Cette disparition est attribuée également à l'action de la force centrifuge sur les émissions de la charge.

Or, si l'on calcule l'effet de la force centrifuge qui s'exerce pendant un temps très court sur le projectile axial de très petit diamètre émis par une charge creuse, le phénomène semble surprenant eu égard à la petitesse de cet effet.

La raison que nous exposons ici nous paraît expliquer ce phénomène, et montre qu'en effet, une partie, peut-être la plus importante, de la diminution des effets d'une charge creuse en rotation rapide, peut être attribuée à l'action de la force centrifuge; mais cela, parce que le projectile axial émis par une charge tournante, peut prendre un mouvement tourbillonnaire très rapide, sa vitesse de rotation pouvant atteindre une valeur considérable sans aucun rapport avec la vitesse de rotation de la charge elle-même.

Considérons une section transversale de charge creuse détonant (*fig.* 1), la charge étant immobile. Les émissions intérieures énergétiques et matérielles sont dirigées radialement vers le centre de figure de la section avec une inclinaison dépendant de l'angle du cône de la charge. Si tout est parfaitement symétrique, il y aura au centre du cercle une résultante de toutes ces émissions perpendiculaire au plan de figure, mais aucun couple ne sollicitera ce centre à tourner dans un sens ou dans l'autre.

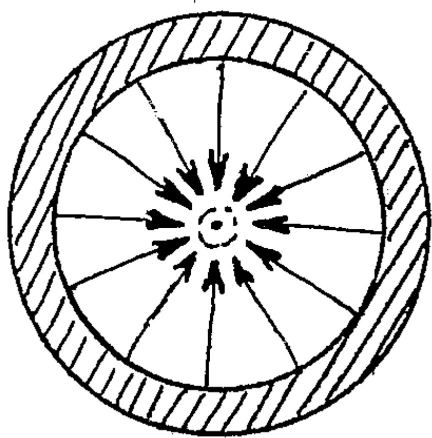


Fig. 1.

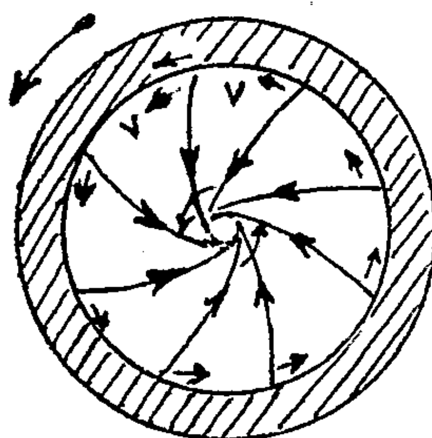



Fig. 2.

Considérons cette même section animée d'un mouvement de rotation rapide, 500 tours par seconde par exemple (*fig.* 2).

Les émissions en direction du centre sont alors animées d'une vitesse tangentielle V, leurs trajectoires ne sont plus dirigées vers le centre de figure, mais légèrement déviées par rapport à ce centre, et cela de la même façon pour toutes les émissions. La résultante de toutes ces actions comporte une composante dans le sens de l'axe de la charge, et un couple tendant à imprimer au noyau central un mouvement tourbillonnaire de même sens que la rotation de la charge.

En raison de la faible masse du noyau et de l'importance des forces qui le sollicitent, sa vitesse de rotation peut atteindre des valeurs considérables à la

sortie de la charge tournante, n'ayant aucun rapport avec la vitesse de rotation propre de la charge.

A vitesses de rotation et diamètres égaux, l'effet sera d'autant plus marqué que la charge creuse sera plus allongée, il sera minimum pour une charge creuse sphérique.

Un tourbillonnement désordonné du noyau peut être également provoqué par une dissymétrie de la charge ou une hétérogénéité de l'explosif et expliquer les dispersions et anomalies de malformation du noyau constatées dans l'emploi statique des charges.

Dans notre Note précédente sur le même sujet nous avons implicitement supposé que le phénomène de la diminution de brisance existait également pour les explosifs secondaires amorcés sous pression.

Dans une Note récente MM. **H. Muraour** et **J. Fauveau** ([1]) ont très justement fait remarquer que ceci n'était pas établi et que la vérification expérimentale restait à faire. Par contre ces auteurs réfutent l'explication proposée par deux arguments qui ne semblent pas probants :

1° Si le phénomène subsiste pour les explosifs secondaires, il n'est pas sous la dépendance de la densité de l'explosif; nous supposons que sa densité reste sensiblement la même au repos ou dans le projectile en mouvement. Ceci étant pratiquement réalisé, étant donné les méthodes de chargement ou de confection des charges creuses ou non.

2° Les pressions développées dans un projectile par la force centrifuge dans la masse de l'explosif en rotation, ne sont pas telles qu'elles puissent détruire complètement sa brisance. Nos travaux en collaboration avec H. Muraour ([3]) montrent que même pour l'azoture de plomb une pression ambiante de plusieurs milliers de kilogrammes par centimètre carré laisse encore subsister une partie de la brisance. *A fortiori* des pressions décroissantes de la périphérie vers le centre et atteignant au maximum 100 ou 200 kg : cm² ne peuvent avoir pour résultat que de diminuer la brisance dans une certaine proportion (20 % par exemple) sans empêcher le projectile de détoner sur sa trajectoire.

Nous avons toujours supposé que l'action de la pression ambiante sur un explosif influe sur sa vitesse de détonation, cette action s'ajoutant à celle de la contre-pression exercée par le milieu sur la détente des gaz.

Or la vitesse de détonation est un des plus importants éléments du fonctionnement des charges creuses.

C'est la sommation des deux actions que nous exposons qui nous semble devoir expliquer principalement les phénomènes constatés. Les hypothèses formulées devant servir de base à des vérifications expérimentales que nous nous proposons d'effectuer.

---

([3]) *Chimie et Industrie*, **45**, n° 3 *bis*, 1941, p. 218; *V<sup></sup>e Congrès de Chimie industrielle* et *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 809.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'Analyseur de Paul Langevin pour l'étude des mobilités des ions gazeux.* Note de M^me **Eliane Montel** et M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La présente Note donne les premiers résultats expérimentaux obtenus avec l'Analyseur de mobilités conçu par Paul Langevin et dont le principe, exposé et discuté en détail dans son dernier Mémoire, a fait l'objet d'une publication posthume (1).

Ce principe utilise, sous une forme nouvelle et particulièrement élégante, la méthode classique des courants gazeux : soient deux cylindres fixes concentriques de rayons respectifs $a$ et $c$, portant, l'un, une fente fine F derrière laquelle des ions sont produits par un procédé quelconque (rayons $\alpha$ p. ex.), l'autre, une électrode collectrice étroite E, de même hauteur que F; entre eux, un manchon cylindrique mince, de rayon $b$, percé de fentes horizontales qui permettent le passage d'une partie des ions captés par un champ électrique au niveau de la fente, est maintenu en rotation uniforme de faible vitesse angulaire $\omega$ autour de l'axe vertical de l'appareil : la vitesse de circulation laminaire ainsi communiquée au gaz et entraînant les ions, est maximum au contact du manchon et décroît de part et d'autre de celui-ci pour s'annuler sur la surface des cylindres fixes. Si l'on réalise la condition $c/b = b/a = \alpha$ et que l'on partage en deux fractions égales par le manchon la différence de potentiel U établie entre les cylindres extrêmes, le champ radial auquel sont soumis les ions est continu dans tout l'espace où ils se meuvent. Le calcul montre que, si le régime de circulation du gaz est bien laminaire, la déviation en azimut, $\theta$, qui en résulte pour un ion dans sa trajectoire entre F et E, a pour expression

$$\theta = \frac{2\omega b^2}{k\mathrm{U}}(\mathrm{L}\alpha)^2,$$

où $k$ est la mobilité des ions considérés. La mesure de $k$ se déduit donc de celle de l'une des variables $\theta$, U et $\omega$, les deux autres étant fixées : chaque catégorie d'ions doit donner lieu, pour une valeur déterminée de la variable, à un maximum de courant d'autant plus aigu que la sensibilité du procédé de mesure est plus grande; le pouvoir séparateur de l'appareil dépend essentiellement de cette sensibilité, à laquelle est directement liée la finesse de la fente-source.

Dans la construction de l'appareil, on a respecté strictement les dimensions indiquées par l'auteur et les conditions essentielles de fonctionnement; toutefois, pour des raisons d'ordre pratique, on a apporté quelques modifications de détail : le manchon, au lieu de pivoter sur la base, repose sur une bille portée par l'axe en son sommet, et l'entraînement se fait, non par un champ

(1) P. Langevin, *Journ. Phys.*, 8e série, 10, nos 6, 7, 8, 9, 10, 1949.

tournant, mais au moyen d'un moteur à régulateur de vitesse; pour éviter l'emploi d'une source de polonium très intense, on a ajouté un cylindre intérieur coaxial permettant, grâce à un champ supplémentaire, de diriger les ions vers la fente.

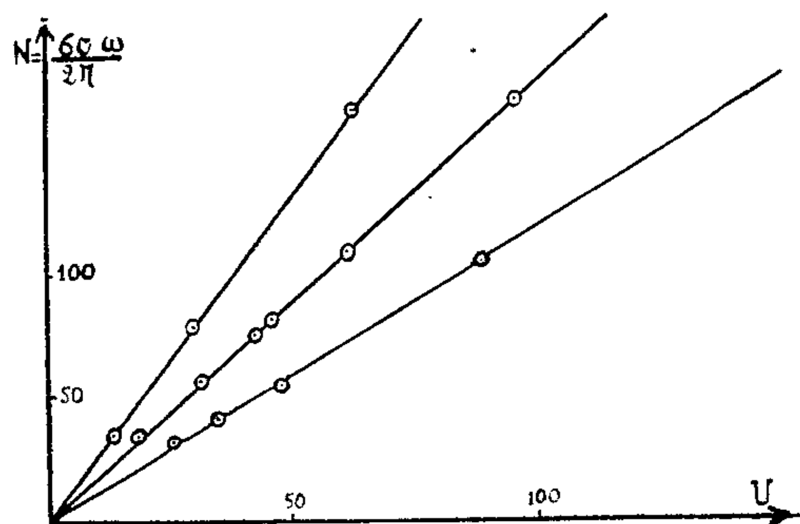
Les deux cylindres portant F et E sont mobiles l'un par rapport à l'autre de manière qu'on puisse faire varier l'azimut de E à partir de celui de F. Le courant recueilli est mesuré par un électromètre Compton.

Les premières observations ont montré :

1° que le courant recueilli lorsque l'azimut de E coïncide avec celui de F s'annule dès que le tambour est mis en rotation;

2° que pour une valeur donnée de $\omega$, on retrouve bien un courant maximum lorsqu'on place l'électrode dans un azimut correspondant aux prévisions de la théorie d'après la formule (1).

Le principe de la mesure reposant sur la condition fondamentale de l'existence, dans la circulation du gaz, d'un régime rigoureusement laminaire, il est essentiel de vérifier tout d'abord que cette condition est bien réalisée : la théorie prévoit que dans l'air, et avec les données géométriques adoptées, le régime doit être stable si la vitesse angulaire ne dépasse pas 3 t : sec environ.




On donnera ici le résultat des observations effectuées en faisant varier la vitesse $\omega$ et la différence de potentiel U, l'angle $\theta$ étant maintenu constant. Pour chaque valeur de $\omega$ l'étude de la variation du courant en fonction de la différence de potentiel appliquée a permis de déterminer la valeur $U_0$ pour laquelle le courant est maximum. Les valeurs correspondantes de $U_0$ et de la quantité $N = (60/2\pi)\omega$ sont données dans le tableau suivant :

| | $\theta = 25°,5$ | | | | $\theta = 38°,7$ | | | | | | $\theta = 58°$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N(t : mn)... | 31 | 40 | 54 | 104 | 34 | 56 | 75 | 80 | 108 | 170 | 34 | 78 | 165 |
| $U_0$(V)...... | 27 | 34 | 47 | 87,5 | 18 | 31 | 42 | 45 | 60,5 | 95 | 13 | 29,5 | 62 |

En portant en abscisses la différence de potentiel $U_0$ et en ordonnées le nombre de tours par minute, on obtient, pour chacun des angles indiqués, une courbe rectiligne passant par l'origine.

Ce résultat montre que le rapport $\omega/U_0$ est bien une constante dans le domaine des vitesses angulaires utilisées, c'est-à-dire que le régime laminaire de circulation est bien stable dans les conditions prévues par la théorie : on peut donc appliquer la formule (1) à l'analyse des mobilités des ions produits dans un gaz par un rayonnement, analyse qui, en raison du grand pouvoir séparateur de l'appareil, doit permettre de résoudre la question encore controversée de l'unicité des formes stables pour les ions d'un même signe.

MAGNÉTISME. — *Sur le ferromagnétisme de l'alliage* $FeBe_2$. Note de MM. **André J.-P. Meyer** et **Pierre Taglang**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L. Misch [1] a étudié la structure de l'alliage $FeBe_2$ et signalé son ferromagnétisme. Cette propriété paraissant surprenante à première vue à cause de la forte concentration électronique due au beryllium, nous avons étudié ce composé.

$FeBe_2$ cristallise suivant sa composition stœchiométrique en une phase de Laves dans le réseau du type C14 d'Ewald de symétrie hexagonale. Les atomes de fer et de beryllium s'y trouvent sous forme de deux réseaux imbriqués l'un dans l'autre. Celui des atomes de fer est caractérisé par un nombre de coordination égal à 4 : chaque atome de fer y possède 1 voisin dans la direction de l'axe sénaire à 2,56 Å et 3 dans un plan perpendiculaire à cet axe à 2,58 Å. Les atomes de beryllium forment un réseau où un atome de beryllium possède six voisins de même espèce à 2,20 Å.

L'alliage étudié a été préparé à partir de fer du carbonyle et de beryllium cristallisé pur réduit. La fusion a été faite au four à haute fréquence sous vide poussé. La composition de l'alliage obtenu, vérifiée par analyse chimique, est correcte à 0,2 % près.

L'échantillon étudié ne présente qu'une seule phase et est ferromagnétique. Son point de Curie se situe à 643° C. L'analyse thermomagnétique a en outre révélé l'existence d'une température d'isotropie magnétique à 468° C. Comme L. Misch avait constaté sur des monocristaux l'existence d'une direction de facile aimantation située à température ambiante dans un plan perpendiculaire à l'axe sénaire, nous en concluons qu'aux températures supérieures à 468° C, l'axe sénaire devient à son tour direction de facile aimantation. Le moment à saturation ($T = 0°$ K, $H = \infty$) de l'alliage a été mesuré par la méthode d'extraction antérieurement décrite [2]. L'aimantation à saturation par molécule de $FeBe_2$ est $\sigma_{0,\infty} = 169,3$ C. G. S., ce qui correspond à un moment $M_{mol} = 2,24\,\mu_B$. Comme tous les ferro-

(1) *Zeitschr. für. Phys. Chemie*, B. 29, 1935, p. 42.
(2) P. Taglang, *Thèse*, Strasbourg, 1950.

magnétiques à structure hexagonale, $FeBe_2$ présente une grande dureté magnétique caractérisée par un coefficient de dureté $a = 415$. Au-dessus de son point de Curie l'alliage présente un paramagnétisme normal; le point de Curie paramagnétique se situe à 666° C, la constante de Curie moléculaire est $C_{mol} = 0{,}660$.

Le moment magnétique observé par molécule de $FeBe_2$ ne peut être attribué qu'au seul atome de fer dont le moment atomique est donc $M_{at} = 2{,}24\,\mu_B$. Ce moment peut être comparé à celui d'un atome de fer dans $Fe(\alpha)$ et $Fe_4N(\gamma')$, moment qui est de $2{,}20\,\mu_B$. On constate donc que malgré la grande différence de ces trois réseaux à 12, 8 et 4 voisins magnétiques directs la configuration électronique du fer reste sensiblement la même.

De plus on remarque que dans $FeBe_2$ l'atome de fer garde son moment habituel malgré la présence d'un grand excès d'électrons *s* fournis par le beryllium; on peut donc en conclure que dans cet alliage les deux sous-réseaux en présence gardent une autonomie électronique complète.

Les distances entre atomes de fer dans cet alliage sont d'autre part particulièrement courtes pour l'apparition du ferromagnétisme. Suivant Laves cependant les orbites des atomes subiraient dans ce type de réseau une contraction importante (jusqu'à 15 %), si bien que les distances entre couches magnétiques pourraient se situer dans leurs limites normales. Le ferromagnétisme de $FeBe_2$ pourrait donc être considéré comme argument supplémentaire en faveur d'une hypothèse de contraction orbitale dans ce type d'alliage.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les ouvertures diffringentes dans les guides électriques*. Note de M. **Maurice Jessel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude systématique de l'onde diffractée à l'intérieur du guide d'après le schéma du quadripole.

On possède sur la question plusieurs travaux importants ([1]), ([2]), ([3]) et ([4]), mais seules les théories du trou circulaire et de la fente rectiligne étroite de longueur voisine de $\lambda/2$ (fente résonnante) sont utilisables en pratique.

Nous avons étudié systématiquement plusieurs familles de fentes rectilignes et polygonales ouvertes, situées dans le grand côté d'un guide rectangulaire.

---

([1]) Stevenson, *Journal of Applied Physics*, **19**, n° **1**, 1948, p. 24-38.
([2]) Bethe, *Physical Review*, (**2**), **66**, 1944, p. 163-182.
([3]) Feld, *Journal de Physique Technique U. R. S. S.*, **17**, n° **9**, 1947, p. 1051-1065.
([4]) Lévin, *Isvestia Acad. des Sciences U. R. S. S.*, **12**, n° **3**, 1948, p. 311-321.

A une fréquence telle qu'un seul mode de propagation soit possible à l'intérieur du guide, on peut assimiler le tronçon contenant l'ouverture à un quadripole (Q). Nous faisons également au départ l'hypothèse d'un conducteur parfait. Nous considérons un guide infini dans les deux sens, suivant l'axe $z'oz$, qui sera aussi l'axe de symétrie du côté large du guide. La source est à $z = -\infty$. Le plan $z = z_0$ qui contiendra un point remarquable de l'ouverture (centre, milieu ou sommet) sera pris comme plan de référence du quadripole, et l'intervalle $(z_0 - \zeta_1, z_0 + \zeta_2)$ constituera un tronçon de garde hors duquel les ondes guidées de modes supérieurs au fondamental auront été complètement amorties.

Nous appellerons espace I et noterons (EI) la partie du guide où $z < z_0 - \zeta_1$ et espace II (EII), la partie où $z > z_0 + \zeta_2$.

L'amplitude d'une onde progressive guidée sera définie par l'amplitude A de sa fonction génératrice ([5]), et sera notée : onde (A).

Considérons une onde $(A_1^+)$ située dans EI et progressant dans le sens positif. En tombant sur (Q) elle se transforme en une onde réfléchie $(B_1^-)$ et une onde transmise $(C_2^+)$.

Nous noterons

$$(A_1^+) \rightarrow (B_1^-) + (C_2^+).$$

De même

$$(A_2^-) \rightarrow (B_2^+) + (C_1^-).$$

En superposant, nous trouvons dans (EI), $A_1^+ + B_1^- + C_1^-$ et dans (EII), $A_2^- + B_2^+ + C_2^+$.

Ce qu'on peut écrire en langage de matrices en vertu de la linéarité et omettant l'indice 1 ou 2.

$$(1) \qquad \begin{pmatrix} C^+ + B^+ \\ B^- + C^- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tau_2 & \rho_2 \\ \rho_1 & \tau_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A^+ \\ A^- \end{pmatrix} \equiv M \begin{pmatrix} A^+ \\ A^- \end{pmatrix}$$

en posant

$$(2) \qquad \frac{B^-}{A^+} = \rho_1, \qquad \frac{B^+}{A^-} = \rho_2, \qquad \frac{C^+}{A^+} = \tau_2, \qquad \frac{C^-}{A^-} = \tau_1.$$

Les coefficients de réflection $\rho_1$, $\rho_2$ et de transmission $\tau_1$, $\tau_2$ sont, pour un (Q) donné, fonction seulement de la fréquence.

Propriétés de la matrice M.

1° M tend vers la matrice unité quand l'ouverture devient négligeable.

2° Par un principe de réciprocité déduit directement des équations de

---

([5]) Dite fonction U ou U' de Borgnis dans L. DE BROGLIE, *Problèmes de propagations guidées des ondes électromagnétiques*, Gauthier-Villars, Paris, 1941, p. 13.

([6]) GOUDET, *Onde électrique*, 1950, p. 182.

Maxwell [6] on a

$$\tau_1 = \tau_2 = \tau.$$

3° Il existe la relation

$$(3) \qquad \rho_1 \rho_2 = (1 - \tau)^2,$$

c'est-à-dire M a la valeur propre 1.

L'origine de cette relation (3) se trouve dans les calculs généraux de diffraction. On peut écrire [7] ici :

$$(4) \qquad \begin{cases} B^- = E^+ \varepsilon_1, & B^+ = E^- \varepsilon_2, \\ C^- - A^- = E^- \varepsilon_1, & C^+ - A^+ = E^+ \varepsilon_2, \end{cases}$$

où $\varepsilon_1$ et $\varepsilon_2$ sont les valeurs que prend une même expression (notée en abrégé $\varepsilon$) calculée dans (E I) et (E II) respectivement.

(3) résulte immédiatement de (4) et de (2) et doit être très générale. Voici parmi plusieurs, deux cas marquants où nous avons vérifié [3] avec une restriction toutefois.

*Premier cas.* — Fente rectiligne de longueur 1,65 cm ($\simeq \lambda/2$), située entièrement dans le plan $z = z_0$, son milieu au point $z = z_0$.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda$ | 3,115. | 3,17. | 3,215. | 3,275. | 3,323. | 3,368. | 3,414. | 3,499. |
| $\|t\|_{calc}$ par (3) | 0,77 | 0,71 | 0,67 | 0,64 | 0,65 | 0,68 | 0,72 | 0,77 |
| $\|t\|_{mes}$ | 0,77 | 0,70 | 0,65 | 0,61 | 0,62 | 0,66 | 0,71 | 0,77 |
| Écarts | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0 |

*Deuxième cas.* — Fente en forme de V d'ouverture $2\theta = 30°$, symétrique par rapport à $Oz$, sommet en $z_0$ (fente $V_{15}$).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda$ | 3,123. | 3,194. | 3,267. | 3,270. | 3,369. | 3,447. | 3,513. |
| $\|t\|_{calc}$ par (3) | 0,97 | 0,89 | 0,59 | 0,59 | 0,94 | 0,97 | 0,98 |
| $\|t\|_{mes}$ | 0,92 | 0,82 | 0,54 | 0,53 | 0,90 | 0,92 | 0,91 |
| Écarts | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |

Les erreurs expérimentales sont de l'ordre de 0,01. Nous reviendrons sur la méthode de mesure de $t$.

Il paraît légitime d'attribuer l'écart observé à l'atténuation par effet Joule au voisinage des fentes, dans une région de champ intense et d'arêtes vives. Le fait pourra être confirmé par des calculs énergétiques. La relation (3) reste commode et satisfaisante, mais nécessitera parfois une correction tenant compte, sur les bords des fentes, de la conductivité finie du métal.

---

(7) STEVENSON (1), p. 25-27, où l'auteur calcule par la méthode de Green le champ créé dans un guide quelconque par un champ électrique tangentiel imposé (E) qui par la suite est créé par une onde (A).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Recherche de coïncidences entre rayons β et γ dans le spectre de désintégration du bore 12.* Note de M. **Georges Vendryes**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le spectre de rayons β du bore 12, tel qu'il a été obtenu par Hornyak et Lauritsen [1] présente, pour des énergies inférieures à 13 $mC^2$ environ, un excès de particules sur ce que prévoit la théorie de Fermi. Ces auteurs ont proposé de l'attribuer à une composante plus molle, superposée au spectre connu de 13,4 MeV d'énergie maximum et conduisant à un état excité du carbone 12. Nous avons recherché les coïncidences entre rayons β du spectre mou et rayons γ de désexcitation du carbone 12 et observé des coïncidences qui sont conformes à ce schéma.

Le bore 12, que nous formons en bombardant une cible épaisse de l'élément par des deutons de 600 kV, a une période radioactive de 0,025 s [2]. Pour l'étudier, nous avons réalisé un bombardement intermittent de la cible, en agissant sur le faisceau d'ions au moyen d'un déflecteur électrostatique; les irradiations élémentaires durent chacune 1/100 de seconde; elles sont séparées par des intervalles de 1/100 de seconde également, réservés aux observations.

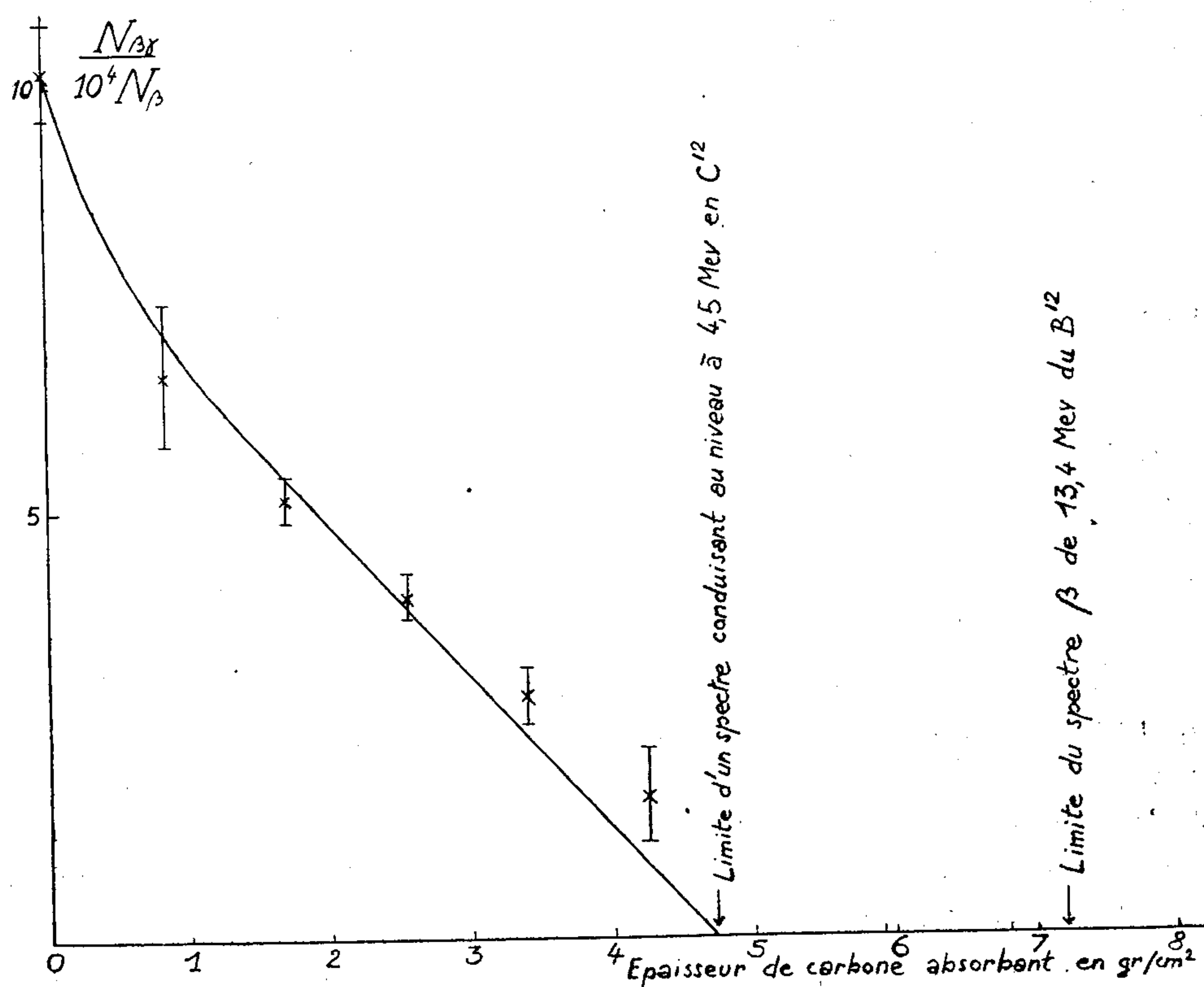
Les rayons β sont détectés par un compteur Geiger-Muller en forme de cloche, placé sous la cible; les rayons γ sont détectés par une couronne de 12 compteurs cylindriques montés en parallèle autour de la cible et entourés de cuivre pour augmenter leur efficacité. Les impulsions des compteurs sont envoyées dans un amplificateur de coïncidences dont le temps de résolution est de $5.10^{-7}$ s. Nous avons ramené au taux moyen de une pour quatre minutes les coïncidences dues à la radiation cosmique, par l'emploi d'une couronne de 28 compteurs montés en anticoïncidences. Nous avons notablement réduit l'effet du rayonnement de freinage des rayons β en entourant de graphite le compteur-cloche et en utilisant des écrans de graphite pour le tracé des courbes d'absorption. Des essais effectués en modifiant la position du compteur-cloche et en remplaçant par du plomb le cuivre entourant les compteurs de rayons γ nous ont montré que les coïncidences résiduelles imputables au rayonnement de freinage étaient au plus de l'ordre de une pour $10^4$ rayons β comptés.

La courbe d'absorption des rayons β du bore 12, que nous avons tracée, présente une limite à $7,2 \pm 0,4$ g : cm² de carbone. La figure représente, en fonction de l'épaisseur de carbone placé devant la fenêtre du compteur-cloche,

(1) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 160.

(2) Becker et Gaerttner, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 854; Jelley et Paul, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 44, 1948, p. 133.

le nombre des coïncidences enregistrées rapporté au nombre de rayons β simultanément comptés. Déduction a été faite des coïncidences parasites, en y comprenant les coïncidences fortuites et celles, attribuables aux radioactivités à plus longue période, qui apparaissent lentement au cours du bombardement. Nous avons tenu compte de ces dernières en encadrant toutes nos mesures d'observations faites en interrompant de façon permanente l'irradiation de la cible, tout en laissant le générateur de deutons fonctionner dans les mêmes conditions. L'ensemble des coïncidences parasites représente, pour zéro absorbant, 10 % du nombre total des coïncidences et 50 % pour 3 g : cm² de carbone absorbant.




La courbe issue des mesures faites (*figure*) s'accorde avec l'existence, dans le spectre des rayons β du bore 12, d'une composante plus molle, conduisant à un niveau excité du carbone 12 émetteur de rayons γ. Les erreurs statistiques de comptage, importantes lorsque le nombre de coïncidences devient faible, ne permettent pas de fixer avec précision la limite de cette composante. D'après nos connaissances sur les états excités du noyau du carbone 12, il semble cependant que la transition de moindre énergie s'achève sur le niveau connu dans ce noyau à 4,5 MeV du fondamental.

Nous estimons à 5 % le pourcentage des désintégrations du bore 12 accompagnées de rayons $\gamma$; nous essayerons ultérieurement de préciser ce chiffre qui constitue une valeur préliminaire.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Mesure du temps de relaxation* $T_2$ *en présence d'une inhomogénéité de champ magnétique supérieure à la largeur de raie*. Note (*) de M. **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Théorie du rôle de l'inhomogénéité du champ magnétique sur la forme des signaux de résonance nucléaire. On en tire deux procédés nouveaux de mesure du temps de relaxation $T_2$, affranchis des limitations dues à l'inhomogénéité du champ magnétique. Vérification expérimentale de la validité de ce procédé au moyen de solutions de nitrate ferrique.

1. *Théorie de l'inhomogénéité du champ directeur.* — Nous avons explicité dans une Note antérieure (1) la solution des équations de Bloch en champ magnétique homogène.

Pour tenir compte de l'inhomogénéité dans un petit élément de volume il suffit de remplacer dans les équations de Bloch, relatives à cet élément de volume $T_2$ par $T_2^*$ défini par $1/T_2^* = 1/T_2 + i\delta(x, y, z)$.

Pour obtenir l'effet de l'inhomogénéité dans l'ensemble de l'échantillon, il faut faire la somme des solutions pour toutes les valeurs de $\delta$, comprises dans l'échantillon. On peut heureusement prendre $\delta$ comme variable d'intégration et l'on a, dans le cas du passage rapide à travers l'intervalle de résonance,

$$v^* = -\gamma H_1 M_z I^* e^{-t/T_2} \sin\left(\frac{\Delta\omega\Omega t^2}{2}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\delta)\, e^{-i\delta t}\, d\delta = vF,$$

$\varphi(\delta)$, nombre de noyaux soumis au champ magnétique $H_z + \delta \pm d\delta/2$, F apparaît comme la transformée de Fourier de la fonction de répartition de l'inhomogénéité $\varphi(\delta)$.

2. *Premier procédé.* — Il correspond au cas où un gradient de champ magnétique constant règne dans le volume de l'échantillon. $\varphi(\delta) = 0$ pour $|\delta| > \Delta$ et $\varphi(\delta) = 1/2\Delta$ pour $|\delta| < \Delta$. Nous aurons $F = \sin \Delta t/\Delta t$ et le signal de résonance obtenu présentera des battements (*fig.* 1 A) (2). Ce cas est très souvent observé et ces conditions permettent alors de mesurer $T_2$ même lorsque $T_2 \gg T_2^*$.

Appelons $l_1$ et $l_2$ les amplitudes du signal au premier et au second maxima et $t_0$ l'intervalle de temps qui les sépare. Nous aurons $T_2 = t_0/\text{Log}(l_1/\pi l_2)$.

Ce procédé de mesure de $T_2$ ne dépend pas de l'inhomogénéité du champ magnétique dans le cas où la fonction $\varphi(\delta)$ est bien conforme à nos hypothèses, ce que la forme du signal observé permet de vérifier sans ambiguïté.

---

(*) Séance du 16 avril 1951.

(1) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1477.

(2) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 324-326.

3. *Deuxième procédé*. — Lorsque $T_2$ est inférieur à la demi-période $T_0/2$ du balayage, le signal de résonance obtenu présente des oscillations uniquement après le passage du champ magnétique à travers l'intervalle de résonance (*fig.* 1 A).

Mais lorsque $T_2$ est plus grand que $T_0/2$, le signal obtenu présente des oscillations avant et après le passage par la résonance [1] (*fig.* 1 B).

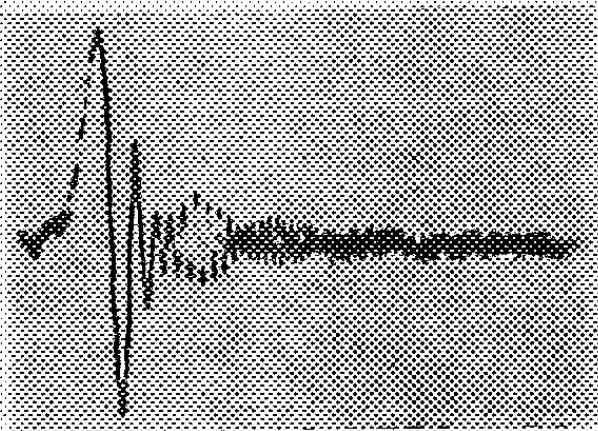


Fig. 1 A.

Fig. 1 B.

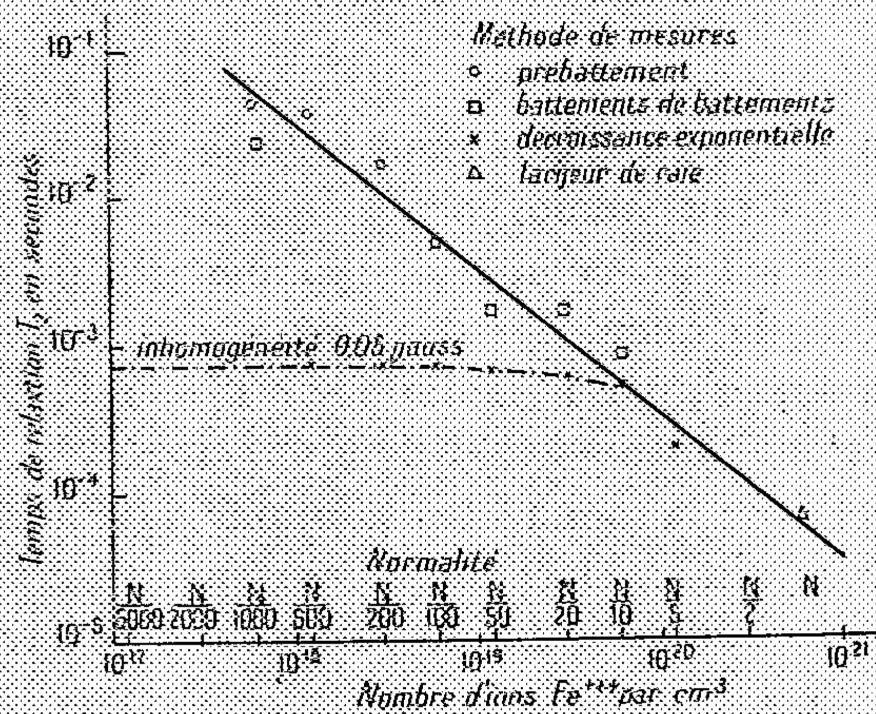



Fig. 2.

Dans le cas d'un champ homogène les oscillations possèdent une amplitude constante dans tout l'intervalle du balayage. Une inhomogénéité du champ directeur a pour effet de créer au bout d'un temps $\Theta = 1/\gamma\langle|\Delta H|\rangle$ ($\langle|\Delta H|\rangle$, valeur moyenne de l'inhomogénéité) une répartition régulière des phases des moments magnétiques de chaque élément de volume. Le signal est donc observable seulement pendant le temps $\Theta$. Mais chacun des moments magnétiques élémentaires continue à précessionner durant le temps $T_2$ et si $T_2 > T_0/2$, lorsque le balayage s'approchera à nouveau de la zone de résonance il y aura passage progressif du régime de précession libre au régime de précession forcée et une remise en phase progressive des moments magnétiques élémentaires. Il en résultera une réapparition du signal un peu avant le passage par la résonance (*fig.* 1 B).

Si nous appelons $l_1$ et $l_2$ les amplitudes du signal après et avant la résonance, nous aurons $T_2 = T_0/\mathrm{Log}(l_1/l_2)$; cette mesure de $T_2$ est :

1° Indépendante de l'existence d'une inhomogénéité du champ magnétique;

2° Indépendante de la loi de répartition spatiale de l'inhomogénéité.

4. *Vérification expérimentale.* — Nous avons mesuré les temps de relaxation $T_2$ d'une série de solutions de nitrate ferrique de concentration décroissante au moyen de procédés classiques (largeur de raie et décroissance exponentielle de l'amplitude des oscillations) et au moyen des deux procédés précédemment décrits (*fig.* 2) en présence d'une inhomogénéité du champ. Nous avons ainsi vérifié que les deux procédés proposés donnent des résultats indépendants de l'inhomogénéité du champ magnétique (courbe en trait plein) qui limite l'utilisation des procédés classiques (courbe ponctuée).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diffusion du* $^{32}P$ *et du* $^{35}S$ *dans le chlorure de sodium.* Note (*) de M. **Marius Chemla**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le $^{32}P$ et le $^{35}S$ formés à partir du $^{35}Cl$ par réactions $(n, \alpha)$ et $(n, p)$ dans du chlorure de sodium, diffusent vers la surface du cristal à des températures voisines de 650°.

Le chlorure de sodium irradié en neutrons rapides, contient du soufre et du phosphore radioactifs produits par les réactions nucléaires : $^{35}Cl(n, p)^{35}S$, $^{35}Cl(n, \alpha)^{32}P$, mais rien ne permet de prévoir l'état des ions P et S ainsi formés. Il serait possible de déterminer la charge Z de ces ions en mesurant leur coefficient de diffusion thermique D, et leur mobilité V dans un champ électrique. Ces grandeurs étant reliées par la formule d'Einstein : $(D/V) = (KT/Ze)$.

Nous avons observé un phénomène qui nous permettra de mesurer facilement le coefficient de diffusion du $^{35}S$ et du $^{32}P$ dans le chlorure de sodium : ces deux ions migrent à chaud vers la surface du cristal. Leur répartition est déterminée en découpant le cristal et en mesurant l'activité des tranches ainsi obtenues.

Des lames monocristallines de chlorure de sodium (fourni par l'O.N.E.R.A.) de $0,25 \times 1,2 \times 1,2$ cm ont été irradiées trois jours à la pile de Châtillon dans un conteneur en uranium, puis elles ont été abandonnées pendant 15 jours, afin que l'activité due au radiosodium ait complètement disparu. Ces cristaux sont chauffés dans un four électrique, en atmosphère d'azote, à 660° pendant des temps égaux à 4 et 7 h. Puis afin d'éviter les effets de bords, on élimine par clivage sur la périphérie de la lame cristalline des bandes de 1 mm de large. La partie centrale conservée est alors découpée parallèlement à ses faces principales à l'aide d'un microtome de biologiste. A chacun de ses passages le rasoir détache une poudre très fine correspondant à une épaisseur du cristal de $4,5\,\mu$. Ces tranches ont été groupées par trente afin que la quantité de poudre soit suffisante pour être étalée en couche régulière. De tels échantillons pèsent alors environ 15 mg.

(*) Séance du 16 avril 1951.

Leur activité est mesurée à l'aide d'un compteur cloche à fenêtre mince (1,72 mg : cm²). La séparation des rayonnements du S et du P est réalisée à l'aide d'un écran d'argent de 5/100 de millimètre d'épaisseur, qui absorbe la totalité du rayonnement du $^{35}S$ et dont le coefficient d'absorption pour les $\beta^-$ du $^{32}P$, déterminé dans les conditions de nos mesures, a été trouvé égal à 26,3 %. Les activités mesurées sont alors de l'ordre de 500 à 1000 coups : mn pour le P, 5000 coups : mn pour le S. Les courbes construites représentent en fonction de la profondeur $x$ de la tranche, le rapport activité spécifique de l'échantillon/activité spécifique du cristal non chauffé pour différents temps de chauffage (*fig.* 1 et 2). Elles montrent que le soufre est plus mobile que le phosphore :

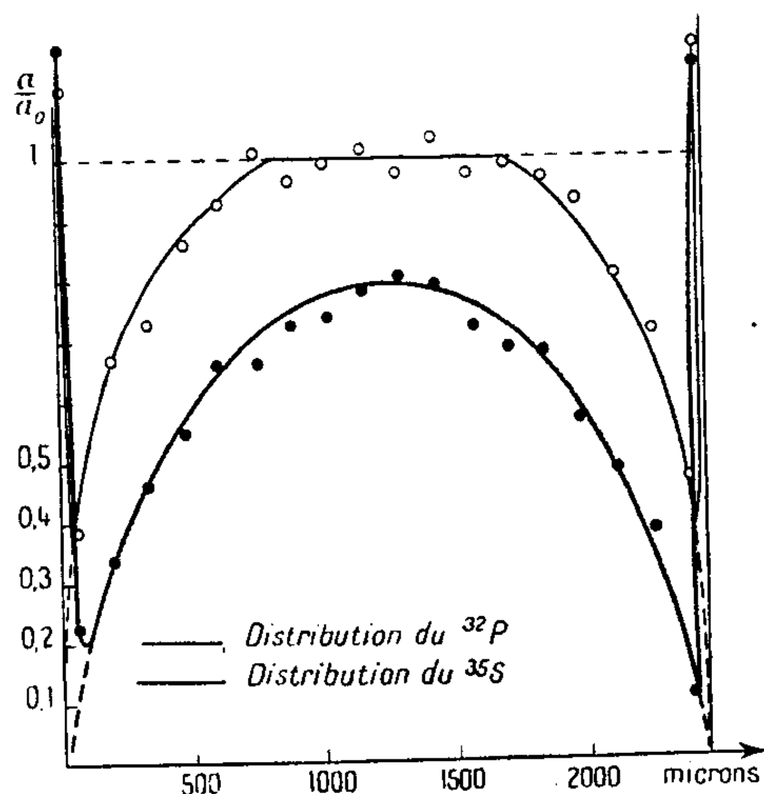



Fig. 1. — Diffusion 4 h 10 mn à 660° en atmosphère d'azote.

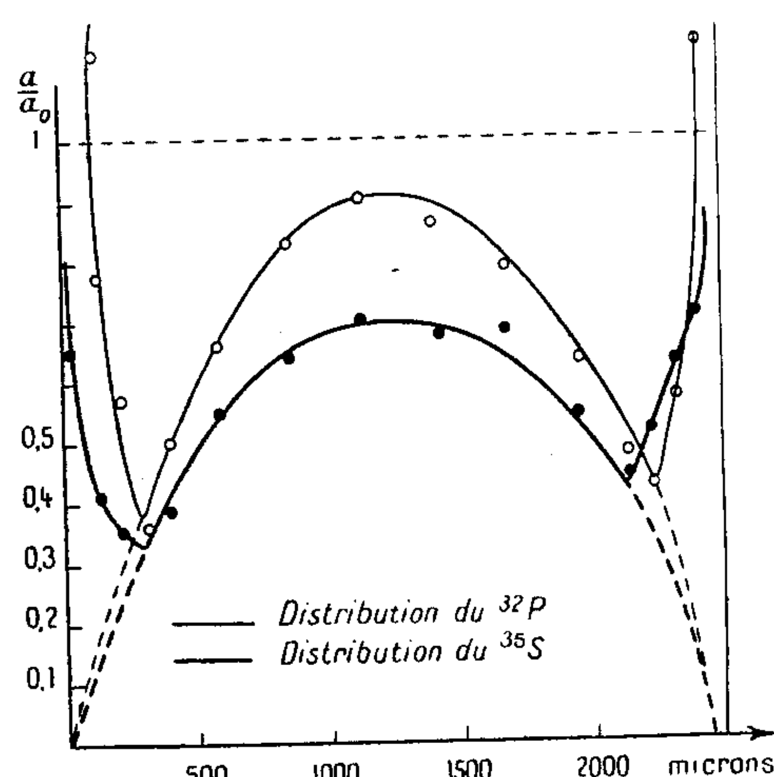



Fig. 2. — Diffusion 7 h à 660° en atmosphère d'azote.

Pour nous assurer de la validité de la méthode nous avons d'une part vérifié que la répartition de l'activité dans le cristal non traité était bien uniforme et d'autre part nous avons réalisé une expérience de diffusion de 4 h 10 mn dans le vide en tube de silice scellé : les courbes obtenues étaient en tous points identiques à celle de la figure 1.

La partie centrale de ces courbes est continue et correspond à un phénomène de diffusion. La brusque discontinuité qui apparaît aux deux extrémités des courbes montre que le transfert d'un ion S ou P de l'intérieur du cristal vers la surface est irréversible. Ces expériences semblent donc confirmer la théorie de Libby (¹) selon laquelle l'énergie libre du cristal devient minimum quand les ions S et P sont expulsés vers la surface. En tous cas elles infirment les expériences de Croatto et Maddock (²) : ces derniers n'ont pas pu observer la

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2523.

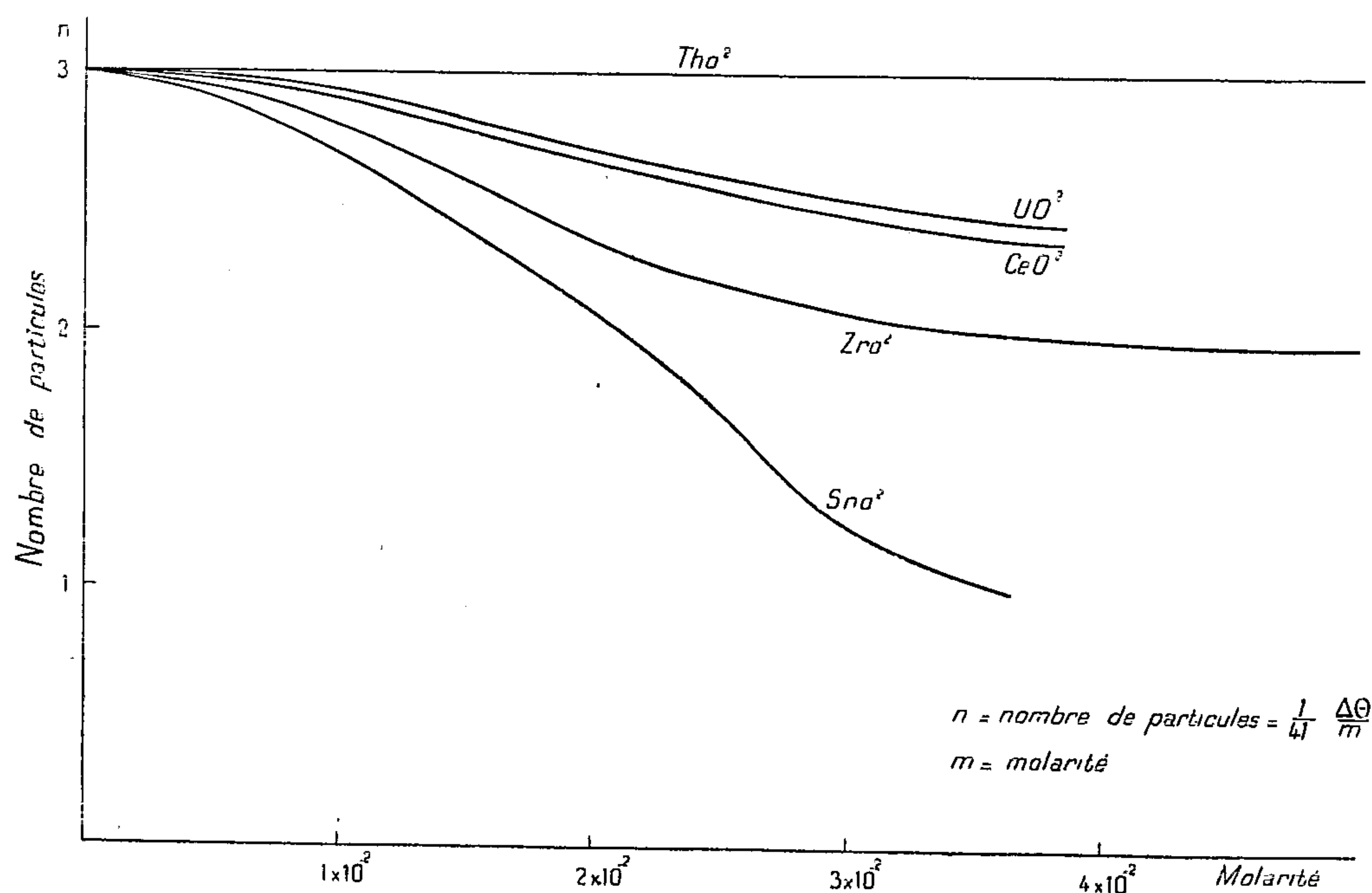
(²) *J. Chem. Soc.* (Supplementary issue), 1949, p. 351.

diffusion de $^{35}S$ en examinant le noircissement produit sur une plaque photographique par des cristaux actifs ayant subi un traitement thermique convenable, leur procédé étant sans doute trop peu sensible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie de quelques oxydes dans la cryolithe fondue.* Note (*) de MM. **Eugène Darmois** et **Georges Petit**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans un travail récent [1], M. Rolin a montré que les oxydes $SiO_2$ et $TiO_2$ sont solubles dans la cryolithe fondue et ne sont pas dissociés électrolytiquement. On aurait pu penser que les oxydes du type $MO_2$ doivent présenter un comportement analogue.

Nous avons étudié l'abaissement cryoscopique produit par $ZrO_2$, $CeO_2$, $SnO_2$, $ThO_2$, $UO_2$. L'abaissement molaire limite est 41, en rapportant les molarités à 1000 g de solvant [2]. Étant donné une solution de molarité $m$,




l'abaissement molaire est $\Delta\theta/m$. Pour les cinq oxydes étudiés, l'abaissement tend vers $3 \times 41$. La figure représente pour les cinq oxydes en fonction de la molarité le rapport de l'abaissement molaire observé à la valeur limite 41.

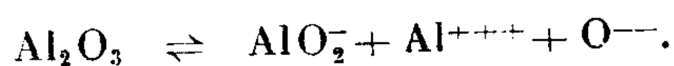
(*) Séance du 9 avril 1951.

(1) *Thèse*, Paris, 1950.

(2) E. Darmois et M. Rolin, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 933.

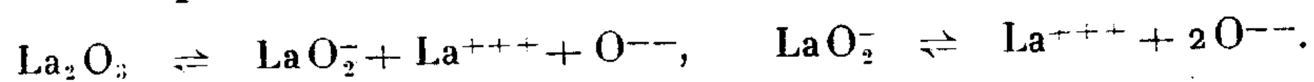
Dans les limites de concentration indiquées, on voit que $ThO_2$ est complètement dissocié en trois ions, les autres oxydes l'étant plus faiblement. Il ne semble pas douteux que les ions sont l'ion métal et deux ions $O^{--}$.

Nous avons également étudié la cryoscopie de $La_2O_3$. En solution très étendue, il donne cinq particules, mais la courbe analogue à celles de la figure tend rapidement vers trois particules. Dans le travail de Rolin, on a montré que $Al_2O_3$ donne trois ions en solution étendue et proposé le schéma de décomposition



$$Al_2O_3 \rightleftharpoons AlO_2^- + Al^{+++} + O^{--}.$$

Il semblerait que $La_2O_3$ est susceptible de se dissocier en deux échelons



$$La_2O_3 \rightleftharpoons LaO_2^- + La^{+++} + O^{--}, \qquad LaO_2^- \rightleftharpoons La^{+++} + 2O^{--}.$$

L'explication de ces diverses dissociations semble assez complexe. Nous ferons seulement remarquer que la dissociation limite de l'oxyde de lanthane montre la forte électropositivité du métal, proche de celle des alcalino-terreux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Application de la diffraction électronique à l'étude des réactions entre deux surfaces au contact.* Note (*) Mme **Lucienne Lecuir**, MM. **Henry Bildé** et **Jean Devaux**, présentée par M. Paul Pascal.

En cherchant à appliquer la diffraction électronique à l'étude des réactions entre composés pulvérulents, nous avons constaté et signalé dans une publication antérieure (1) que cette méthode était limitée par le fait suivant : au moment du mélange des deux constituants, les grains les plus fins enrobent les plus gros et l'on obtient le diagramme de la poudre la plus fine. Il apparaît alors difficile de mettre en évidence l'existence d'une réaction et d'identifier les produits formés lorsque la réaction reste limitée aux points de contact des constituants du mélange (formation de sels insolubles par exemple).

D'autre part, la diffraction des rayons X ne peut être utilisée lorsque la quantité de produits ayant réagi est trop faible, lorsque la température de la réaction est proche du seuil de diffusion, ou lorsque les produits formés sont des cristallites trop fins.

Nous avons constaté qu'il convient dans ce cas d'utiliser la diffraction électronique par réflexion. En voici deux exemples :

1. *Action de l'alumine sur l'oxyde de nickel.* — Nous avons préparé deux agglomérés, l'un d'alumine, l'autre d'oxyde NiO. Ils sont mis en contact puis chauffés à 1400° C pendant 2 h. Après séparation, nous avons fait les diagrammes de diffraction électronique en examinant par réflexion les surfaces des

(*) Séance du 16 avril 1951.

(1) *Congrès de Microscopie électronique*, Paris, 1950.

agglomérés après leur séparation. On constate sur la pastille d'alumine qui était au contact de NiO une belle coloration bleue.

Sur la surface de l'oxyde de nickel, nous n'obtenons que le diagramme de diffraction de NiO.

La surface bleue de l'alumine donne le diagramme du spinelle $Al_2O_4Ni$ avec quelques raies supplémentaires qui coïncident avec les raies les plus intenses d'$Al_2O_3\alpha$. En dehors de la couche bleue, les diagrammes sont ceux d'$Al_2O_3\alpha$.

Le tableau suivant donne le rayon des anneaux R, l'intensité I estimée à l'œil, la distance interréticulaire $d_{hkl}$ (*m*, *f*, F correspondant aux raies d'intensité moyenne, faible et forte).

| Sur les plages bleues. | | | $Al_2NiO_4$ | $Al_2O_3\alpha$ | En dehors des plages bleues. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R (mm). | I. | $d_{hkl}$ (Å). | $d_{hkl}$ (Å). | $d_{hkl}$ (Å). | $d_{hkl}$ (Å). | I. | R (mm). |
| – | – | – | – | 3,47 | 3,49 | f | 5,3 |
| 6,6 | m | 2,85 | 2,85 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 2,68 | m | 6,9 |
| 7,3 | f | 2,57 | – | 2,55 | 2,54 | m | 7,3 |
| 7,8 | m | 2,41 | 2,43 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 2,37 | 2,40 | m | 7,7 |
| 9,1 à 9,5 | F | 2,07 | – | 2,08 | 2,08 | F | 8,9 |
| | | 1,98 | 2,01 | – | – | – | – |
| 10,5 | f | 1,79 | 1,80 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 1,74 | 1,76 | f | 10,5 |
| 11,7 | f | 1,61 | – | 1,59 | 1,58 | m | 11,7 |
| 12 | m | 1,565 | 1,55 | 1,54 | – | – | – |
| – | – | – | – | 1,50 | – | – | – |
| 13 | m | 1,45 | 1,42 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 1,402 | – | – | – |
| 13,5 | f | 1,395 | – | – | 1,39 | m | 13,3 |
| – | – | – | – | 1,370 | – | – | – |
| 14,1 | m | 1,33 | 1,35 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 1,233 | 1,25 | f | 14,8 |
| – | – | – | – | 1,186 | 1,187 | f | 15,6 |

2. *Scellement verre-métal* (*molybdène sur verre de même dilatation*). — Une feuille de molybdène est soudée au chalumeau sur verre, puis séparée par traction.

Les figures suivantes montrent les diagrammes de diffraction obtenus sur les surfaces ainsi séparées.

Ces diagrammes révèlent la formation d'une couche de passage entre le molybdène et le verre; ils correspondent aux meilleures propriétés méca-

niques du scellement, au contact de l'air; ils ne se retrouvent plus lorsque, travaillant dans l'hydrogène, on évite l'oxydation du molybdène.

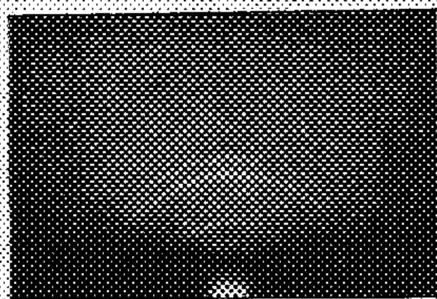


Fig. 1. — Surface du molybdène qui n'adhère pas au verre.

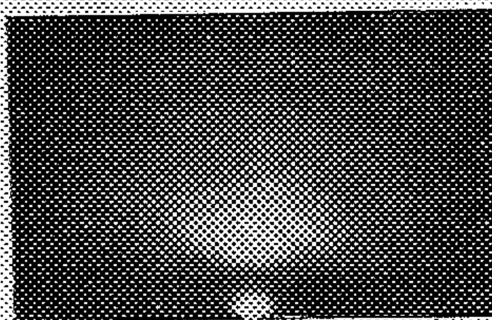


Fig. 2. — Surface du verre décollée du molybdène.

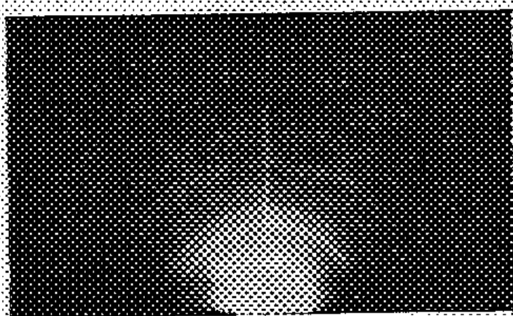
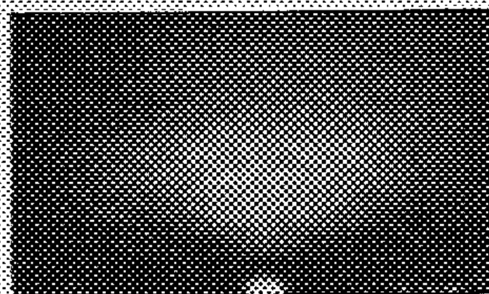



Fig. 3 et 4. — Surfaces du molybdène décollées du verre.

Ces premiers résultats montrent comment la diffraction d'électrons permet d'étudier des réactions entre surfaces solides. Nous poursuivons les recherches dans ce sens en examinant d'autres phénomènes analogues.

CHIMIE MINÉRALE. — *Complexes de l'acide molybdique et de l'acide oxalique.* Note (*) de M[lles] **Marcelle Murgier** et **Micheline Sallé**, présentée par M. Paul Pascal.

Les complexes de l'acide molybdique et de l'acide oxalique ont été étudiés par E. Péchard (1). Nous n'avons jamais pu reproduire avec succès les méthodes indiquées par cet auteur. C'est pourquoi nous avons été amenées à chercher une nouvelle méthode de préparation de ces complexes qui paraissent répondre à une formule déterminée.

Préparation. — Nous avons préparé un sel alcalin, un sel alcalino-terreux et l'acide de ce complexe.

1. *Oxalo-molybdate de sodium.* — On part de soude titrée portée à l'ébullition qu'on laisse se concentrer jusqu'à être deux fois normale avant d'y dissoudre $MoO_3$. Il est indispensable de verser $MoO_3$ lentement et par petites quantités et en agitant afin d'éviter la formation du monohydrate blanc. On

(*) Séance du 16 avril 1951.

(1) *Comptes rendus*, 108, 1889 p. 1052.

ajoute ensuite, toujours à chaud, la quantité correspondante d'acide oxalique ($1\,C_2O_4H_2$ pour $1\,MoO_3$).

2. *Oxalo-molybdate de baryum.* — Plusieurs procédés ont été étudiés. Le meilleur consiste à former le molybdate de baryum tel qu'il a été préparé par M. Murgier ([2]) à partir du chlorure de baryum et du paramolybdate d'ammonium. La dissolution de l'acide oxalique se fait rapidement et complètement dans ce molybdate.

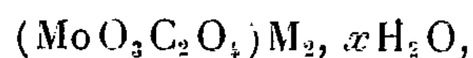
On peut partir du nitrate de baryum au lieu du chlorure et opérer comme précédemment.

3. *Acide oxalomolybdique.* — La méthode la plus simple et qui nous a donné le meilleur rendement est la suivante : on forme l'acide molybdique soluble dont M. Murgier a donné la préparation ([2]) et on lui ajoute la quantité correspondante d'acide oxalique.

Ces diverses solutions, abandonnées à l'air libre, cristallisent au bout d'un temps variant de quelques jours à plusieurs semaines. La cloche à vide n'accélère qu'assez peu la cristallisation.

Le sel de sodium cristallise le plus vite en aigrettes blanches; le sel de baryum et l'acide cristallisent plus lentement sous forme d'aiguilles enchevêtrées, de couleur blanche pour le sel et légèrement jaune pour l'acide.

*Formule des complexes.* — Elle est de la forme générale



$$(MoO_3C_2O_4)M_2,\ xH_2O,$$

M désignant un métal monovalent ou l'hydrogène. Pour la déterminer, nous dosons la quantité de molybdène que renferme un poids déterminé de cristaux desséchés, et suivant le cas, nous contrôlons le résultat obtenu par le dosage du sodium et du baryum.

Le dosage du molybdène utilise le réactif à l'oxine suivant la méthode de R. Schaal et P. Souchay ([3]).

Pour doser le sodium on démolit le complexe en le faisant bouillir avec un grand excès de soude titrée; d'où formation de l'oxalate et du molybdate de sodium. L'excès de soude est neutralisé par un acide titré.

On en tire alors la quantité de sodium renfermé dans le complexe.

Le dosage du baryum est fait par addition d'acide sulfurique en excès; on chauffe jusqu'à ébullition pour détruire le complexe. Du poids du sulfate de baryum (lavé et desséché) on déduit celui du baryum.

Les poids moléculaires obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Oxalo-molybdate de sodium........ | 329 | 340 | 335 |
| Oxalo-molybdate de baryum....... | 372 | 376 | 363 |
| Acide oxalo-molybdique........... | 372 | 290 | 286 |

([2]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 583.

([3]) *Analytica Chimica Acta*, 3, 1949, p. 4.

On peut donc admettre pour ces complexes les formules suivantes :

| | P. M. |
|---|---|
| $(MoO_3C_2O_4)Na_2 3H_2O$ ............ | 332 |
| $(MoO_3C_2O_4)Ba$ .................. | 369,5 |
| $(MoO_3C_2O_4)H_2.3H_2O$ ............ | 288 |

Ces complexes ont été préparés en vue de l'étude de leurs propriétés photochimiques.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence d'un faible taux d'écrouissage sur la cinétique du durcissement des solutions solides d'aluminium.* Note (*) de M. **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans deux Notes précédentes, nous avons, d'une part, montré l'influence nouvelle des traitements de polygonisation ([1]), d'autre part, précisé l'influence de la vitesse de trempe sur la cinétique de décomposition des solutions solides d'aluminium ([2]). Dans cette Note, nous montrerons les conséquences d'un troisième facteur, celui d'un faible écrouissage antérieur au durcissement.

Il est généralement admis que l'écrouissage mécanique accélère la vitesse de durcissement des solutions solides sursaturées. Cependant, le mode et le taux d'écrouissage conduisant à cette conclusion sont rarement précisés par les auteurs. Nous décrirons nos propres résultats obtenus après écrouissage par traction simple exécutée aussitôt après trempe. Dans ce but, des microéprouvettes brutes de trempe furent tractionnées de 3, 6 et 10 %, puis soumises à un vieillissement prolongé à différentes températures entre 20° et 150° avant d'en déterminer leurs caractéristiques avec la micromachine Chevenard.

La figure 1 montre que, contrairement à la croissance rapide de E et R observable sur les alliages vieillis normalement à 20° après trempe, les alliages faiblement écrouis par traction voient leur durcissement ultérieur fortement ralenti ou même bloqué dans certains cas. Ce résultat est encore confirmé par les mesures de microdureté et par la persistance du phénomène Portevin-Le Chatelier ([3]) sur les échantillons écrouis et vieillis, persistance qui n'a pas lieu sur les échantillons vieillis normalement (*fig.* 2). Cette inhibition du durcissement peut être aussi obtenue par simple courbure

(*) Séance du 9 avril 1951.

([1]) P. Lacombe et A. Berghezan, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1733; *Alluminio*, **18**, 1949, p. 365.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 974.

([3]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 507.

effectuée à froid aussitôt après trempe ou à chaud juste avant celle-ci. Dans ce dernier cas, l'effet est encore plus marqué.

Si la température de vieillissement est supérieure à l'ambiante, on constate un arrêt, un ralentissement ou une chute du durcissement, suivant la température du revenu et la nature de la solution solide.

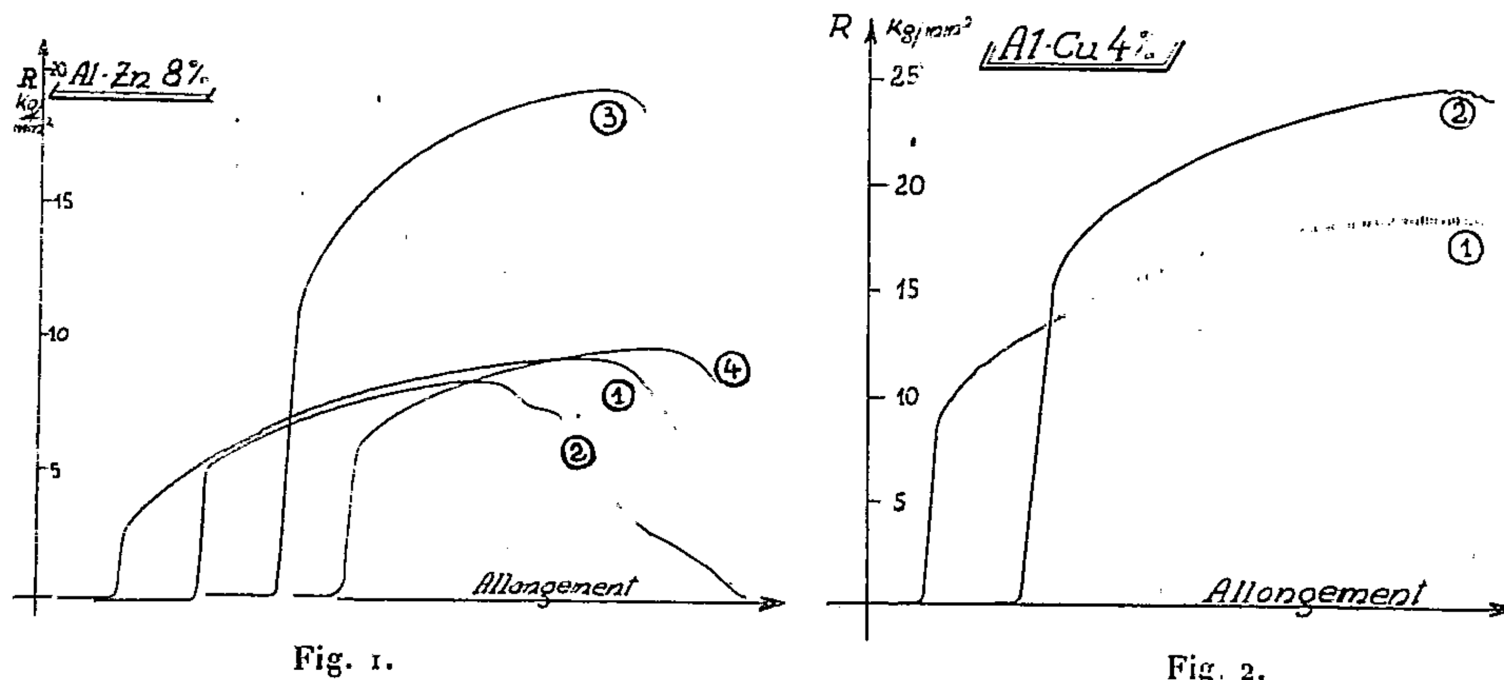



Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes effort-allongement d'alliages Al-Zn. 1° brut de trempe; 2° tractionné aussitôt après trempe de 3 % déchargé et tractionné jusqu'à rupture; 3° vieilli normalement 24 heures à 20°; 4° tractionné de 3 % aussitôt après trempe et vieilli 24 heures à 20°.

Fig. 2. — Courbes effort-allongement d'alliages Al-Cu 4 % vieillis le même temps à l'ambiante. 1° après écrouissage de 4 % aussitôt après trempe; 2° sans écrouissage après trempe.

L'effet du faible écrouissage avant vieillissement peut paraître à première vue contradictoire par rapport à l'accélération du durcissement provoqué par trempe brutale à l'eau. Cependant, l'examen micrographique montre qu'il existe probablement une grande différence dans le mode de déformation provoqué par les tensions de trempe et par la traction simple. Dans le cas de la trempe à l'eau, on observe par micrographie aussitôt après trempe des lignes de déformation, soit rectilignes, soit plus ou moins curvilignes. Les premières correspondent aux traces des plans (111) sur la surface micrographique comme nous avons pu le déterminer par rayons X. Les secondes suggèrent que la déformation procède davantage d'un mécanisme de déformation à chaud par multiplication des glissements sur des plans cristallographiques autres que (111). De plus, il est important d'observer qu'au fur et à mesure que le vieillissement d'un alliage trempé à l'eau se poursuit, un nouveau polissage électrolytique au lieu de niveler la surface et d'effacer ainsi les lignes de déformation dues à la trempe, les fait apparaître avec plus de contraste encore, toutefois avec un aspect strié, différent de l'aspect continu original. Ceci semble indiquer un enrichissement local en zinc ou en cuivre de la solution solide dans les régions du cristal déformées par la trempe.

Au contraire, dans le cas d'un faible écrouissage par traction simple, les lignes de glissement sont effacées entièrement par le polissage électrolytique, même après un vieillissement prolongé bien au delà du temps nécessaire à un alliage normalement trempé et vieilli pour atteindre son durcissement maximum (*fig.* 3 *a* et *b*).

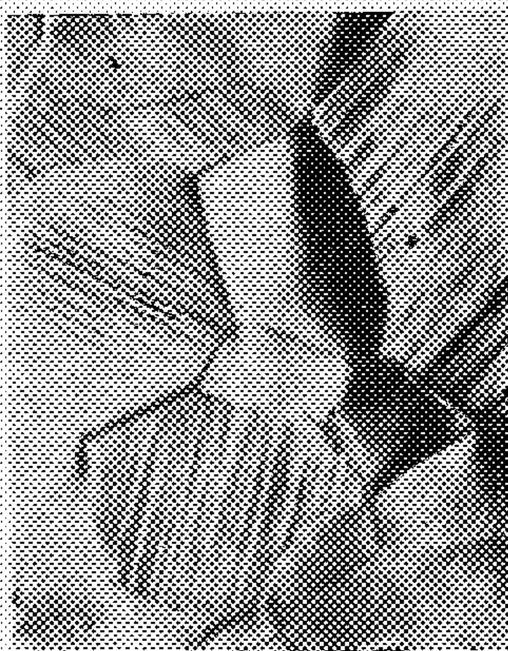


Fig. 3 *a*. — Al-Zn 12 % tractionné de 5 % aussitôt après trempe. C = 200.

Fig. 3 *b*. — Même plage de l'alliage repolie après vieillissement de plusieurs jours à 20°. C = 200.

En conclusion, des faibles taux d'écrouissage provoqués par traction ou courbure simple sur trempe fraîche peuvent détruire partiellement l'aptitude des solutions solides d'aluminium sursaturées à durcir spontanément par vieillissement à l'ambiante. Ce fait, en contradiction avec l'idée généralement admise que l'écrouissage accélère le durcissement, attire l'attention sur le fait qu'il y a vraisemblablement un seuil d'écrouissage à partir duquel cette accélération peut se produire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveaux résultats dans l'étude de la déshalogénation des cyclanones α-halogénées (Réaction de Faworsky).* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **André Fontaine**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur la réaction de Faworsky ([1]), nous avons étudié la déshalogénation par le méthylate de sodium de quelques cétones α-halogénées extranucléaires et de deux dibromocyclohexanones.

*Chlorométhylcyclohexylcétone* (I). — Elle est obtenue avec un rendement

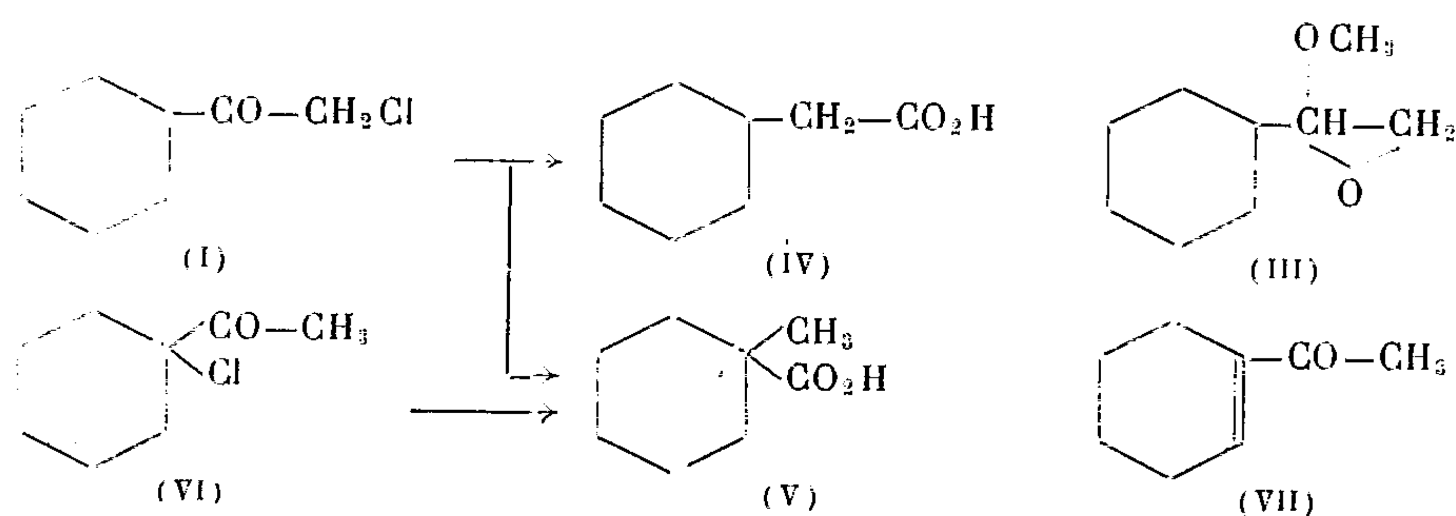
(*) Séance du 16 avril 1951.

([1]) Mousseron et Jacquier, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 374; Mousseron, Jacquier et Fontaine, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 864.

de 70 % par action de ClH sur la diazocétone isolée en traitant par le diazométhane le chlorure de l'acide cyclohexanecarboxylique (réaction d'Arndt-Eistert) : $É_{20}$ 114-5°; $d_{25}^{25}$ 1,072; $n_D^{25}$ 1,4773 (Cl % trouvé 22,0). Semicarbazone F 175° ($C_6H_6$). Dinitro-2.4 phénylhydrazone F 131-2° ($C_6H_6$-éther de pétrole).

Par addition à 0° d'une solution méthanolique de (I) (1 mole) dans un excès de $CH_3ONa$ (2,5 moles) dans $CH_3OH$, on isole 50 % d'ester (II) $É_{15}$ 90-5° et 20-5 % de l'époxyde (III) $É_{25}$ 122-5°; $d_{25}^{25}$ 1,031; $n_D^{25}$ 1,4732. Par saponification de (II) et passage à l'amide, on caractérise l'acide cyclohexaneacétique (IV) (amide F 168-9°) à côté d'environ 10 % d'acide méthyl-1 cyclohexanecarboxylique (V) (amide F 65°).

Peu de temps après que ces résultats aient été présentés au Colloque International de Chimie Organique de Montpellier (avril 1950), Wagner et Moore ([2]) signalent n'avoir isolé que des dérivés de (III) en traitant la bromométhylcyclohexylcétone par $CH_3ONa$ en suspension dans l'éther anhydre.




*Éthylone-1 chloro-1 cyclohexane* (VI). — L'action du chlorure de sulfuryle sur l'éthylonecyclohexane ([3]) donne (VI) ([4]) : $É_{20}$ 92-5°; $d_{25}^{25}$ 1,070; $n_D^{25}$ 1,4775 à côté de 10-5 % de (I) $É_{20}$ 115-8°.

Par action du chlorhydrate de semicarbazide et de l'acétate de sodium sur (VI), on isole la semicarbazone F 220° de l'éthylone-1 cyclohexène (VII).

La déshalogénation de (VI) par un excès de $CH_3ONa$ dans $CH_3OH$ donne après saponification 30 % d'acide méthyl-1 cyclohexanecarboxylique (V) (amide F 65°, anilide F 112°) et 55-60 % de (VII).

Une réaction identique est observée dans la déshalogénation de (VI) par HOK ou $CH_3ONa$ dans l'éther anhydre ([2]), ([4]).

*Chlorométhylcyclopentylcétone*. — Elle est synthétisée comme son homo-

---

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 2884.

([3]) NENITZESCU et CIORANESCU, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, **69**, 1935, p. 1820.

([4]) M^lle TCHOUBAR et SACKUR, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1020; M^lle TCHOUBAR, *ibid.*, **228**, 1949, p. 580.

logue supérieur à partir du chlorure de l'acide cyclopentanecarboxylique (Rend. 70 %) : $É_{20}$ 103-105°, $d_{25}^{25}$ 1,068, $n_D^{25}$ 1,4605 (Cl % tr. 24,4). Semicarbazone F 145-146° ($CH_3OH$). Dinitro-2.4 phénylhydrazone F 135° ($C_6H_6$-éther de pétrole).

L'action de $CH_3ONa$ dans $CH_3OH$ donne 50 % d'ester $É_{20}$ : 85-88°, saponifié en acide méthyl-1 cyclopentanecarboxylique (amide F 124-125°, anilide F 105°), et 10-15 % de l'époxyde cyclopentanique, homologue inférieur de (III), $É_{15}$ : 90-98°, qui n'a pu être isolé à l'état pur.

(*Chlorométhylcyclohexène-1*)*yl cétone*. — Obtenue avec un rendement de 40 % à partir du chlorure de l'acide cyclohexène-1 carboxylique : $É_{25}$ 110-115°; $d_{25}^{25}$ 1,135; $n_D^{25}$ 1,5092 (Cl % trouvé 22,1). Dinitro-2.4 phénylhydrazone F 179-180° ($C_6H_6$-éther de pétrole).

La déshalogénation par $CH_3ONa$ dans $CH_3OH$ donne après saponification 20 % d'acide cyclohexène-1 acétique (amide F 152-153°) à côté de goudrons.

Dans le cas du chlorure de l'acide cyclopentène-1 carboxylique, la réaction de Arndt-Eistert ne conduit qu'à des goudrons.

*Déshalogénation de dibromocyclohexanones*, (avec Mlle M. Canet). — Le produit instable résultant de l'addition du brome sur la cyclohexène-1 one-2 en solution chloroformique est traité brut par $CH_3ONa$; il y a uniquement formation de phénol.

La dibromocétone obtenue par action de $Br_2$ sur la cyclohexanone ([5]), traitée par $CH_3ONa$ dans $CH_3OH$, donne 5 % d'acide cyclopentène-1 carboxylique F 120°, à côté de cyclohexanedione-1.2 et de goudrons.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur quelques nouveaux groupements épitaxiques obtenus avec des cristaux d'anthraquinone*. Note de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les groupements épitaxiques nouveaux entre cristaux d'anthraquinone d'une part et clivages de dolomie, calcite, nitrate de sodium d'autre part sont décrits et commentés.

1° Willems ([1]) a montré qu'une solution d'anthraquinone dans le benzène abandonne sur une face de clivage $p(001$ de sel gemme des cristaux d'anthraquinone orientés de telle manière que leur direction d'allongement est parallèle à l'une ou l'autre diagonale (rangées $[110]$ ou $[1\bar{1}0]$) de la face du cube de NaCl qui leur sert de support. De mon côté, j'ai signalé l'épitaxie des cristaux de NaCl sur un clivage de spath d'Islande ([2]). D'où

([5]) Wallach, *Ann. Chem.*, **414**, 1918, p. 296; **437**, 1924, p. 148.

([1]) *Die Naturwissenschaften*, **44-52**, 1944, p. 324-332.

([2]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1418.

l'idée d'essayer si les cristaux d'anthraquinone subissent une orientation quand ils se déposent au contact d'un clivage de calcite. C'est ce que confirme l'expérience que j'ai été amené par la suite à étendre en employant comme cristal support des faces de clivage de dolomie et de nitrate de sodium.

2° Si l'on étale une solution d'anthraquinone dans le benzène sur un clivage frais de spath d'Islande et que l'on évapore le solvant, on constate que les cristaux d'anthraquinoe qui se sont déposés sont orientés dans leur immense majorité. Cette orientation se fait suivant deux lois différentes : les cristaux d'anthraquinone ont leur direction d'allongement parallèle tantôt à la courte diagonale (position I), tantôt à la grande diagonale (position II) de la face *p*(001) du rhomboèdre de spath d'Islande. Il en résulte deux orientations à angle droit; dans les deux cas les positions d'extinction entre nicols croisés des cristaux d'anthraquinone coïncident avec les directions d'extinction de la face *p*(001) du rhomboèdre de spath d'Islande.

Ces *deux* orientations de cristaux d'une même substance par la même face de calcite peuvent surprendre, car elles sont indépendantes l'une de l'autre et se font suivant deux directions qui ne sont ni identiques, ni symétriques l'une de l'autre.

La moyenne statistique d'un assez grand nombre d'essais montre que chacune de ces deux orientations se réalise sensiblement avec une fréquence égale.

3° Les mêmes essais entrepris non plus sur une face de clivage de spath d'Islande, mais sur un clivage de dolomie et de rhomboèdre de nitrate de sodium ne sont pas moins instructifs.

Les cristaux d'anthraquinone sont encore orientés par ces deux cristaux. Mais l'orientation des cristaux d'anthraquinone est unique.

Dans le cas de la dolomie, les cristaux orientés d'anthraquinone ont tous sans exception leur direction d'allongement parallèle à la grande diagonale de la face *p*(001) du rhomboèdre ils sont donc en position II.

Sur le clivage du rhomboèdre de nitrate de sodium, l'orientation des cristaux d'anthraquinone est également unique, mais leur direction d'allongement est cette fois parallèle à la petite diagonale de la face (001) du rhomboèdre de nitrate de sodium; ils sont donc tous en position I.

4° On met ces conditions en évidence d'une manière particulièrement frappante, en faisant cristalliser côte à côte sur la même face de ces différents clivages à la fois de l'α-hydroquinone et de l'anthraquinone. On sait en effet que l'α-hydroquinone s'oriente sur la calcite, la dolomie et le nitrate de sodium cristallisé en position II ([3]).

---

([3]) WILLEMS J., *Zeitschr. f. Kristallogr.* A, 105, 1943, p, 53-68.

On observe dans ces conditions que sur la dolomie, l'α-hydroquinone et l'anthraquinone sont orientés suivant la même loi : tous deux en position II, tandis que sur le clivage d'un rhomboèdre de nitrate de sodium, les cristaux d'α-hydroquinone et les cristaux d'anthraquinone sont orientés à angle droit : l'α-hydroquinone en position II, l'anthraquinone en position I.

Tels sont les faits expérimentaux. Comment les expliquer ?

5° En admettant, ce qui me semble fort probable, mais non déterminé d'une manière certaine à cause de la petite taille des cristaux, que le plan d'accolement du cristal d'anthraquinone lors de l'épitaxie sur ces différents clivages de cristaux rhomboédriques, est $g^1(010)$, la maille plane peut être définie comme un rectangle de côtés 3,98 Å et 19,9 Å.

Or, pour toutes les positions observées, il y a un paramètre au moins de l'anthraquinone qui est très voisin du paramètre de la rangée de même direction dans le cristal-support.

Ainsi dans le cas du plan $p(001)$ du nitrate de sodium et du cristal d'anthraquinone en position I, on constate que le paramètre 3,98 Å de l'anthraquinone dans la direction d'allongement du cristal est très voisin de celui de la courte diagonale du losange de $NaNO_3$ : 4,04 Å.

Pour la dolomie et l'anthraquinone en position II, il y a coïncidence du paramètre 19,9 Å de l'anthraquinone avec le paramètre $5 \times 3,84$ Å $= 19,2$ Å de la dolomie.

Dans la position I de l'anthraquinone sur la calcite, les paramètres qui ont sensiblement mêmes valeurs et mêmes directions dans les deux espèces sont 3,98 Å pour l'anthraquinone et 4,04 Å pour la calcite. Dans la position II, ce sont les paramètres $4 \times 4,98$ Å $= 19,92$ Å de la calcite et $5 \times 3,98$ Å $= 19,90$ Å de l'anthraquinone qui ont même direction.

Aussi bien la courte diagonale que la grande diagonale de la face $p(001)$ de ces cristaux-supports rhomboédriques sont des rangées ne portant des ions que d'un seul signe.

Ces conditions permettent de comprendre ces groupements épitaxiques. Une explication plus détaillée me paraît prématurée dans l'état actuel de nos observations.

CRISTALLOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Orientations cristallines dans les cémentations*. Note de MM. **Félix Bertaut** et **Pierre Blum**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans cette Note nous décrivons des orientations obtenues par des réactions de cémentations ([1]) et dues, non pas à l'épitaxie, mais à l'anisotropie des

([1]) La plupart des observations faites se rapportent à des dépôts à l'état d'éléments ou

vitesses de croissance, donc à la structure du corps auquel la réaction donne lieu. Ces réactions ont été réalisées par *électrolyse ignée*, sur des surfaces planes ou des fils cylindriques métalliques plongeant dans des bains de cémentation appropriés (²).

Les orientations observées (*voir* tableau) ne dépendent pas de celles du support (³), ce qui élimine l'hypothèse d'une épitaxie. Les directions privilégiées ont toujours des indices simples, donc une signification simple par rapport à la structure (⁴). D'accord avec Glocker et Kaupp (⁵) nous dirons que lorsque l'axe de fibre est normal à la surface cémentée, il est confondu avec la direction de la vitesse de croissance maxima. Le critère d'une telle direction, absence des plans réticulaires conjugués comme faces cristallines, a été vérifié dans la mesure où nous avons pu disposer de monocristaux ($Ni_2B$, $Fe_2P$, $Co_2P$).

Dans certaines structures un axe cristallographique se place selon l'axe du fil cémenté. Or, la densité de courant, plus forte vers l'extrémité du fil, dirigée vers l'anode, produit un gradient de concentration d'apport de matière, décroissant de l'extrémité vers la base du fil. Nous pensons que l'axe cristallographique se plaçant suivant le gradient de concentration d'apport de matière, donc suivant l'axe du fil est la direction de vitesse de croissance minima. Cette hypothèse, que le parallélisme existant entre les directions d'apport de matière et celles de vitesse de croissance rend plausible, implique un développement préférentiel des plans conjugués aux directions de vitesse de croissance minima. C'est ce qui a été vérifié sur des monocristaux préparés synthétiquement [$Fe_2As$ cristallise en plaquettes de plan (001); $Fe_2P$ forme des aiguilles hexagonales, limitées par des plans (100)].

Les orientations signalées ici correspondent à des structures fortement anisotropes, contenant donc des directions de vitesse de croissance à maximums ou minimums prononcés. Aucune orientation par contre n'a été décelée : *a*. dans les structures à symétrie élevée (quasi-isotropes) telles que $Fe_3Si$, FeSi (cubiques) et $Mo_2B_5$ (hexagonal); *b*. dans les structures anisotropes précédées d'une structure cubique ($FeSi_2$, NiAs) et *c*. dans les structures anisotropes précédées de structures orientées (FeP, CoP, FeAs). Quant à *b* et *c* il y a lieu de penser que les atomes (métalliques et métalloïdiques)

---

de combinaisons préexistantes. Les quelques orientations obtenues par réaction signalées jusqu'ici, sont des épitaxies [Exemples : croissance de FeO et $Fe_3O_4$ sur Fe (R. F. MEHL, E. L. Mc CANDLES et F. N. RHINES, *Nature*, **134**, 1934, p. 1009); dissociation de $CO_3Zn$ en ZnO orienté (J. A. ROSE, *Thèse* Paris, 1948)],

(²) Thèse de P. Blum, soutenue à Grenoble le 11 janvier 1951.

(³) Fils tréfilés; frittés; taillés dans la masse; surfaces polies; frittées.

(⁴) Ainsi par exemple les atomes de métalloïde dans $Fe_2B$, FeB, NiB, $Co_2Si$ forment des chaînes suivant l'axe *c* qui se place suivant la normale à la surface cémentée.

(⁵) *Z. f. Phys.* **24**, 1924, p. 121.

sont déjà en « place » en quelque sorte et qu'un réarrangement ne peut avoir lieu que si les atomes de métalloïde sont assez petits pour diffuser facilement. Effectivement FeB qui se forme sur $Fe_2B$ orienté est orienté, le rayon de B étant faible devant celui de Fe, tandis que FeP ne s'oriente pas sur $Fe_2P$, les rayons de Fe et P étant comparables.

Les orientations perpendiculaires à la surface ne sont pas spécifiques de l'électrolyse ignée, tout en y étant particulièrement marquées. On constate encore une orientation préférentielle dans les réactions par contact entre solides, par exemple en borurant une surface plane de fer par contact avec du bore amorphe, de sorte qu'aux résultats obtenus il conviendrait d'attribuer plus de généralité.

| Composés. | Groupe d'espace. | | Axe cristallographique ⊥ à la surface. | Axe cristallographique ‖ à l'axe du fil. |
|---|---|---|---|---|
| $Fe_2B$, $CO_2B$, $Ni_2B$...... | $D_{4h}^{18}$ — I4/*mcm* | quadr. | [001] | – |
| MoB................. | $D_{4h}^{19}$ — I4/*amd* | » | [110] | – |
| $Fe_2As$................ | $D_{4h}^{7}$ — P4/*nmm* | » | – | [001] |
| $Fe_2P$, $Ni_2P$............ | $D_{3}^{2}$ — C32 | hex. | [0001] | [11$\bar{2}$0] |
| FeB, CoB............. | $D_{2h}^{16}$ — P*bnm* | orthorh. | [001] | [100] |
| $Co_2Si$................ | $D_{2h}^{16}$ — P*bnm* | » | [001] | – |
| $Co_2P$ ................ | $D_{2h}^{16}$ — P*nma* | » | [001] | – |
| NiB ................. | $D_{2h}^{17}$ — C*mcm* | » | [001] | – |

PÉTROGRAPHIE. — *Fusion de roches acides au four solaire et recristallisation par recuit.* Note de MM. **Marcel Roubault** et **Joseph Bolfa** présentée par M. Charles Jacob.

De nombreux expérimentateurs ont essayé de reproduire, par recuit de roches fondues, la plupart des *roches basiques* telles qu'on les trouve dans les laves volcaniques et même les diabases, les dolérites à structure ophitique ou les lherzolites (James Hall, Gregory Watt, Daubrée, Fouqué et Aug. Michel-Lévy) (1).

M. Portevin (2) a étudié depuis le phénomène de fusion du basalte. Il a constaté, en particulier, que l'élévation de température à l'état liquide, de même que la prolongation de chauffage à cet état, *en détruisant les germes de cristallisation*, réduisent l'aptitude à la cristallisation; inversement, on peut l'accroître par l'introduction d'éléments cristallisants dans la masse fondue. En particulier, les cristaux non fondus agissent comme centre de cristallisation.

---

(1) *Synthèse des minéraux et des roches*, 1882, Masson, éditeur, Paris.

(2) *Mém. Soc. Ing. Civils de France*, 1928.

Nous avons repris les mêmes expériences, mais *avec des roches acides*. A cet effet, nous avons soumis à la fusion trois types de roches provenant de la Kabylie de Collo (Province de Constantine-Algérie) et étudiées par l'un de nous : rhyolite, granulite gneissique, granite monzonitique (3). Ces roches ont une teneur en silice de l'ordre de 75 % et ont à peu près les mêmes paramètres magmatiques. Afin d'avoir la certitude de la destruction de tous les germes de cristallisation, nous avons fondu ces roches au four solaire du C. N. R. S. à Mont-Louis (Pyrénées-Orientales). On sait (4) que grâce à la concentration de l'énergie solaire par miroirs, on peut atteindre des températures au moins de l'ordre de 3 000° C.

Un fragment de la roche soutenu par un dispositif approprié est progressivement monté vers le foyer du miroir (5); après quelques secondes, il se produit la fusion à l'impact en même temps qu'un important dégagement de fumées.

Après refroidissement à la température ambiante, la masse fondue reste sous la forme d'un verre transparent, incolore dans le cas de la rhyolite et de la granulite gneissique, noir dans le cas du granite monzonitique étudié.

L'examen au microscope polarisant en lames minces de ces « verres » non recuits, entre nicols croisés, révèle l'existence dans la masse de quelques très fins sphérolites anisotropes. Au refroidissement, il s'est donc produit un léger début de dévitrification.

Nous avons soumis ces « verres » à des recuits pendant deux mois à la température de 850° C et à la pression ordinaire. Nous avons constaté un accroissement très net de la cristallisation avec apparition d'un véritable treillissage constitué par des bandes anisotropes de faible biréfringence (inférieure au quartz), ces bandes ayant une extinction droite. Les critères microscopiques sont ceux de la *cristobalite*; l'identification a été confirmée par un spectre de poudre aux rayons X (raie $K\alpha$ du cuivre).

Ces premières expériences seront suivies de nouveaux essais au cours du prochain été; dès maintenant, on remarquera que la forme de silice obtenue, la cristobalite, n'est pas normalement stable à la température de recuit du verre (850° C).

Ce résultat, obtenu par simple recuit d'un verre à température inférieure de plusieurs centaines de degré à sa température de fusion et à la pression

(3) M. ROUBAULT, *Bull. Serv. carte géologique Algérie*, 2e série, n° **10**.

(4) TROMBE, *Les hautes températures et leur utilisation en chimie*, Masson, Paris, 1950, p. 158-197.

(5) Nous rappelons que dans l'emploi du four solaire la chaleur se trouve concentrée dans un volume réduit et que dans ces conditions c'est, en fait, une partie de la matière même en expérience qui sert de creuset.

atmosphérique, doit être comparé à la synthèse de la cristobalite réalisée par J. Wyart ([6]) à température également basse, mais dans des conditions fondamentalement différentes, sous pression et en présence de l'eau. Il apporte une nouvelle justification aux remarques de R. Perrin et de l'un d'entre nous ([7]) au sujet de l'interprétation des expériences de J. Wyart pour la connaissance des problèmes posés par la genèse des roches acides.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la présence et les conditions de gisement d'argiles* mégalumineuses *dans le Sidérolithique du Bassin d'Aquitaine.* Note de M. **Antonin Lanquine** et M[lle] **Louise Halm**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Parmi les diverses argiles du Sidérolithique du Bassin d'Aquitaine, dont l'un de nous (A. L.) a observé la plupart des gisements, depuis la Double jusqu'au bord du Quercy, quelques variétés, particulièrement compactes, ont retenu notre attention. Il s'agit d'argiles dures que nous avons examinées sur le front de deux extractions, situées au Sud-Est de Jonzac.

Le premier gîte se trouve au lieu dit « Fossé Jaune », au voisinage de Bran (Charente-Maritime). Sous une masse de sables gras (épaisseur 2,50 m) et d'argiles blanchâtres (épaisseur 8 m) dont la plus riche en $Al_2O_3$ titre 39 %, apparaît, sur 2 à 2,50 m de haut, une roche résistante blanche, sèche, à cassure conchoïdale. Un examen attentif révèle son aspect concrétionné en blocs grossièrement parallélépipédiques, plus ou moins jointifs ou englobés dans un fond de même nature. Des sondages ont établi la continuité de cette assise jusqu'à 10 m de profondeur. L'ensemble sablo-argileux couvre, ici, les calcaires et marnes du Campanien supérieur.

Le second gîte se place au lieu dit « Ferrières », à 4 km au Sud de Montguyon (Charente-Maritime). Le substratum demeure le même Néocrétacé, mais la succession argileuse qu'il supporte est plus complexe. Sous une couverture de sables et de galets, des couches d'argile, assez siliceuse au sommet, surmontent une masse d'argile blanche titrant 37 à 38 % d'$Al_2O_3$. A l'intérieur de cette masse, et vers sa base, s'intercale une veine d'argile beige-grisâtre, de contours sinueux, qui englobe des nodules ovoïdes, durs, blancs et secs, dont l'aspect lithologique rappelle les concrétions de Bran. La veine en question est surmontée par quelques couches ligniteuses feuilletées.

Dans les deux cas, on se trouve en présence de formations sporadiques d'une argile particulièrement dure, qu'on peut qualifier de *mégalumineuse*, sa teneur en $Al_2O_3$ étant bien supérieure à celle des argiles kaolinitiques considérées comme les plus riches.

---

([6]) *Bull. Soc. Fr. Min.*, 66, 1943, p. 479.

([7]) R. Perrin et M. Roubault, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 68, 1945, p. 287.

Précisément, l'une de nous (L. H.), qui poursuit des recherches sur les argiles bauxitiques ([1]), a pu dégager les caractères chimiques et physiques des roches en question.

Les analyses chimiques figurant au tableau ci-dessous mettent en évidence une teneur en alumine allant de 40 à 48,5 %, ainsi qu'une perte au feu très supérieure à celle de la kaolinite. On notera le faible pourcentage d'impuretés habituelles ($Fe_2O_3$, CaO, MgO, alcalis).

| | Carrière de Bran. | | | Carrière de Ferrières. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nodule. | Nodule. | Nodule. | Nodule. | Nodule. | Argile entourant les nodules. |
| Perte au rouge......... | 16,82 | 17,39 | 18,82 | 16,69 | 19,51 | 21,35 |
| » $SiO_2$......... | 37,72 | 36,05 | 31,14 | 41,38 | 32,97 | 32,65 |
| » $TiO_2$......... | 1,89 | 1,62 | 1,34 | traces | traces | 0,47 |
| » $Al_2O_3$......... | 42,42 | 43,73 | 48,13 | 40,27 | 47,45 | 44,51 |
| » $Fe_2O_3$......... | 0,73 | 0,69 | 0,57 | 0,78 | 0,11 | 0,59 |
| » CaO......... | 0,12 | 0,13 | 0,05 | 0,12 | 0,06 | 0,07 |
| » MgO......... | traces | traces. | traces | 0,05 | néant | traces |
| » $Na_2O + K_2O$.. | 0,40 | 0,44 | 0,31 | 0,56 | 0,25 | 0,85 |

Les analyses thermiques différentielles donnent des courbes caractéristiques de la kaolinite, accompagnée de gibbsite $AL_2O_3$, $3H_2O$.

Au microscope polarisant, la gibbsite se présente en petits amas localisés (qui, à la cuisson, cristallisent nettement en corindon), au sein d'une masse kaolinitique d'une finesse exceptionnelle.

Des radiogrammes de spectres aux rayons X apportent encore une confirmation (kaolinite + gibbsite).

Il s'agit donc d'argiles à gibbsite se rattachant à la catégorie des argiles bauxitiques et dont l'existence, à notre connaissance, n'avait pas encore été signalée dans la région des Charentes, parmi les formations sidérolithiques.

Du point de vue des conditions de gisement, on remarque une grande analogie entre les points observés. On sait que Henri Schœller assimile à des formations détritiques de piedmont le Sidérolithique du Lot et du Lot-et-Garonne ([2]). Or, l'intensité du ruissellement et des remaniements successifs qu'il a entraînés dans les dépressions proches du Massif Central, relativement atténués, d'ailleurs, à Ferrières et à Bran, semble s'être exercée surtout au-dessus des couches à nodules. Faut-il voir dans l'enrichissement en alumine des concrétions de Bran et de Ferrières, une ébauche de latéritisation ayant précédé les phénomènes de stratification capricieuse du Sidérolithique?

([1]) *Cf.* Louise Halm, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1156-1158.

([2]) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **43**, n° 206, 1941, 7 figures, p. 1-17.

Convient-il d'attribuer à une stagnation relative d'eaux acides, au début de cette sédimentation, ou à une circulation souterraine de ces mêmes eaux après sédimentation, la formation localisée des amas en question ? De toute manière, il s'agit de concentrations exceptionnelles d'éléments kaolinitiques extrêmement fins, contenant du trihydrate d'alumine.

HYDROLOGIE. — *Une remarque sur l'Hydrologie de Lascaux.*
Note (*) de M. **Berend-George Escher**, transmise par M. Paul Fourmarier.

Dans son article très important « Oui, Lascaux est authentique », l'abbé H. Breuil (1) attire l'attention sur une couche de travertin « d'une blancheur de neige, à cuvette barrée de gours » dans la grande salle (salle des taureaux) de la grotte de Lascaux près de Montignac en Dordogne. Il attribue ce dépôt de travertin à un ruisseau temporaire. Or au-dessus de la grande salle se trouvent seulement quelques mètres de calcaire et il semble impossible qu'un ruisseau ayant parcouru un si court trajet dans le calcaire se soit saturé de carbonate de chaux au point de pouvoir déposer du travertin.

Ici se pose une difficulté d'hydrogéologie. Comment est-il possible d'expliquer un dépôt de travertin dans une grotte à quelques mètres au-dessous de la surface ?

La seule explication que je puisse concevoir est la formation du dépôt par des sources ascendantes. Cependant il ne peut être question de sources ordinaires où l'eau monte par pression hydrostatique, car le calcaire est trop fissuré pour que la nappe aquifère puisse avoir un exutoire dans le niveau le plus élevé de la grotte. Il me semble qu'on devrait plutôt penser au mécanisme du « gas-lift » (montée de gaz), qu'on connaît surtout par les sondages au pétrole. Le principe de ce type de sources est le suivant (J. Versluys, 1928, 1931, 1932) (2), (3), (4) :

Dans un tuyau vertical par lequel s'échappe une solution de gaz dans un liquide, par exemple du méthane dissous dans du pétrole, ou bien de l'eau carbogazeuse, le gaz commence à s'échapper du liquide dès que la pression hydrostatique n'est plus assez grande pour tenir le gaz en solution.

---

(*) Séance du 16 avril 1951.

(1) *Oui, Lascaux est authentique* (*Les Nouvelles Littéraires, Artistiques et Scientifiques*, n° **1180**, 1950, Larousse, Paris.

(2) J. Versluys, *De werking van de gaslift* (*De Ingenieur*, **43**. Jaarg. n° **37**, 1928, p. M 63-M 70).

(3) J. Versluys, *De oorzaak der fluctuatie bij heete en gasvormige bronnen* (*De Ingenieur*, **46**, Jaarg. n° **8**, 1931, p. M 17-M 24).

(4) J. Versluys, *The cause of fluctuations in rising mixtures of gas and liquid* (*Journal of Rheology*, **3**, 1932, p. 1-15).

A ce moment des bulles de gaz se séparent et il se forme un mélange de bulles de gaz et de liquide (écume), et parfois, plus haut dans le même conduit, un mélange de petites gouttes dans le gaz (brouillard). Le gaz, s'échappant vers le haut, entraîne le liquide par une action de friction et aussi parce que les bulles, en montant, se dilatent. Comme la vitesse du courant gazeux croît de bas en haut, ce courant entraîne, au-dessus de la surface, des gouttelettes de liquide et les empêche de retomber.

Si l'on n'a pas affaire à un tuyau de diamètre constant, la section transversale règle la nature du mélange montant, soit à l'état d'écume, soit à l'état de brouillard. Une augmentation locale du diamètre d'un canal naturel à section transversale irrégulière, plus ou moins vertical, pourra changer l'état de brouillard en état d'écume. La transition de l'un de ces deux états dans l'autre doit se faire par la présence de lambeaux d'écume dans un milieu à l'état de brouillard et vice versa.

La hauteur à laquelle le mélange de gaz et de liquide peut monter, dépend de la pression initiale du gaz dissous dans le liquide et du diamètre du conduit. Dans l'exploitation du pétrole, quand la pression du gaz diminue au point que le pétrole ne sort plus de l'orifice, on descend dans le puits un tuyau à diamètre moindre avec un entonnoir renversé à la base, et la sonde recommence à produire.

Il y a une vingtaine d'années, j'ai attribué ([5]) la formation des monticules de travertin de Koeripan à Java au mécanisme du « gas-lift », parce qu'il se trouve des sources jaillissant simultanément aux sommets de ces édifices à diverses hauteurs, par exemple à 7 et à 20 mètres au-dessus de la surface des rizières, dans lesquelles s'élèvent ces collines remarquables. Dans ce cas le gaz est surtout de l'acide carbonique, qui doit être attribué aux volcans voisins. Le sommet du volcan Salak se trouve à 30 km de Koeripan. Le carbonate de chaux provient des couches calcaires du sous-sol. On ne pourrait expliquer deux sources jaillissantes simultanées, tout près l'une de l'autre, à des hauteurs si différentes par simple pression hydrostatique.

Pour en revenir à Lascaux, on pourrait imaginer un conduit naturel dans le calcaire rempli d'eau au-dessous de la nappe phréatique, à une place où s'échappe de l'acide carbonique. Un élargissement en forme d'entonnoir renversé à l'extrémité inférieure de ce conduit permettrait l'accumulation d'une quantité suffisante de gaz. Ce conduit ne devrait pas être en communication avec le réseau complexe des galeries et grottes existant dans le calcaire. Il est certes permis de concevoir qu'une telle disposition puisse être réalisée pendant un certain laps de temps; ce serait

---

([5]) B. G. Escher, *De travertijnheuvels van Koeripan* (*Tropisch Nederland*, 17, 1932, nos 13 et 14, De Bussy, Amsterdam).

un engin temporaire, parce qu'il semble bien probable que ce conduit serait mis, à la longue, en communication avec le réseau existant.

Reste la question de savoir s'il est permis de supposer en cet endroit des venues de gaz carbonique. Les grandes poches dans le calcaire du Santonien, remplies de sable de quartz et de kaolin en Dordogne, près des Eyzies, nous donnent à penser que la réponse peut être affirmative. Ce kaolin s'est formé, sous l'influence d'eau carbogazeuse, aux dépens de grains de feldspath, provenant du Plateau Central et transportés pendant la période éocène (H. Schoeller, 1941) (6).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur l'action comparée de l'acide α-naphtylvinylacétique et de l'acide α-naphtalèneacétique sur les cultures de tissus de Topinambour et de Carotte.* Note (*) de MM. **Robert Bouriquet** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Roger Heim.

L'acide α-naphtylvinylacétique possède une activité excito-formatrice un peu supérieure à celle de l'acide naphtylacétique aux doses optimales; pour des doses inférieures cette action est plus faible. Enfin, pour des doses plus fortes, la toxicité est plus marquée.

Au cours des recherches antérieures sur les relations entre la structure chimique et l'action phyto-hormonale, l'un de nous a préparé l'acide (α-naphtyl)-4-Δ-3-buténoïque ou acide α-naphtylvinylacétique (A) qui peut être considéré comme un homologue vinylé de l'acide α-naphtalèneacétique (B). Il a pu être ainsi observé que le composé A inhibe fortement la germination de certaines graines, mais ne présente pas apparemment de propriétés phyto-hormonales (1) analogues à celles signalées par Gautheret pour l'acide α-naphtalèneacétique (2). On pouvait cependant critiquer les résultats obtenus, en raison de la nature des tests utilisés. En effet quand on s'adresse à des plantules comme c'était le cas dans ces expériences, les corrélations organiques peuvent masquer l'action hormonale. Pour cette raison il nous a semblé intéressant d'avoir recours à la méthode des cultures de tissus, qui permet de détecter très aisément les propriétés stimulantes des substances introduites directement dans le milieu de culture.

Nos expériences ont consisté à cultiver sur des milieux additionnés de diverses doses d'acide α-naphtalèneacétique ou d'acide α-naphtylvinylacétique

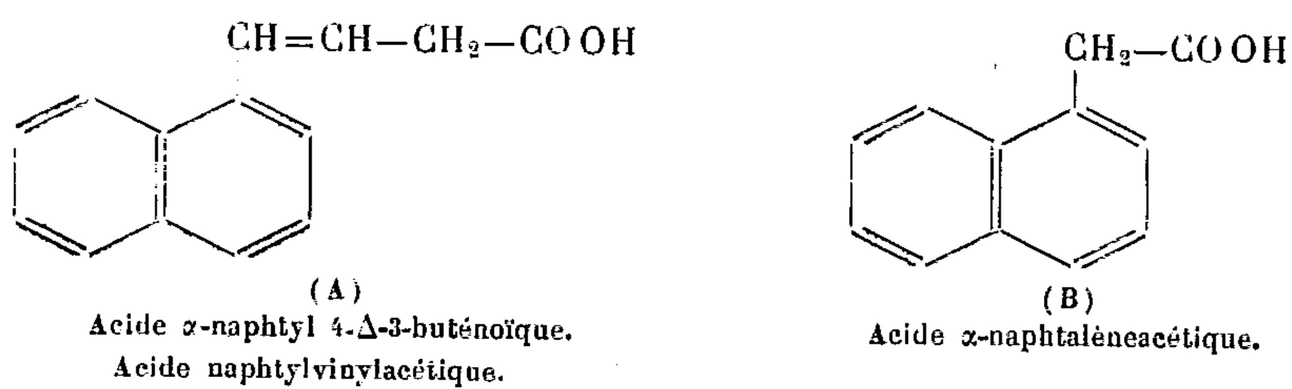
(6) H. Schoeller, *Étude sur le sidérolithique du Lot et du Lot-et-Garonne* (*Bull. Carte géol. de la France*, **43**, n° **206**, 1941).

(*) Séance du 16 avril 1951.

(1) C. Mentzer, *Bull. Soc. Chimie biol.*, **30**, 1948, p. 384-396.

(2) R. J. Gautheret, *Rev. Cyto. et Cytophysiologie végétales*, **6**, 1943, p. 85-180.

($10^{-8}$ à $10^{-4}$) des fragments de tissus provenant de rhizomes de Topinambour ou de la souche de tissus de Carotte isolée en 1937 par Gautheret. Les fragments furent pesés au moment de leur prélèvement puis en fin de culture, afin de déterminer leur accroissement.




(A) Acide α-naphtyl 4-Δ-3-buténoïque. Acide naphtylvinylacétique.

(B) Acide α-naphtalèneacétique.

Ces essais nous ont fourni les résultats suivants :

1° *Tissus de Topinambour.* — L'acide α-naphtylvinylacétique a manifesté des propriétés excito-formatrices inférieures à celles de l'acide naphtalène-acétique dans le cas de faibles doses (*fig.* 1). Par contre pour la dose optimale

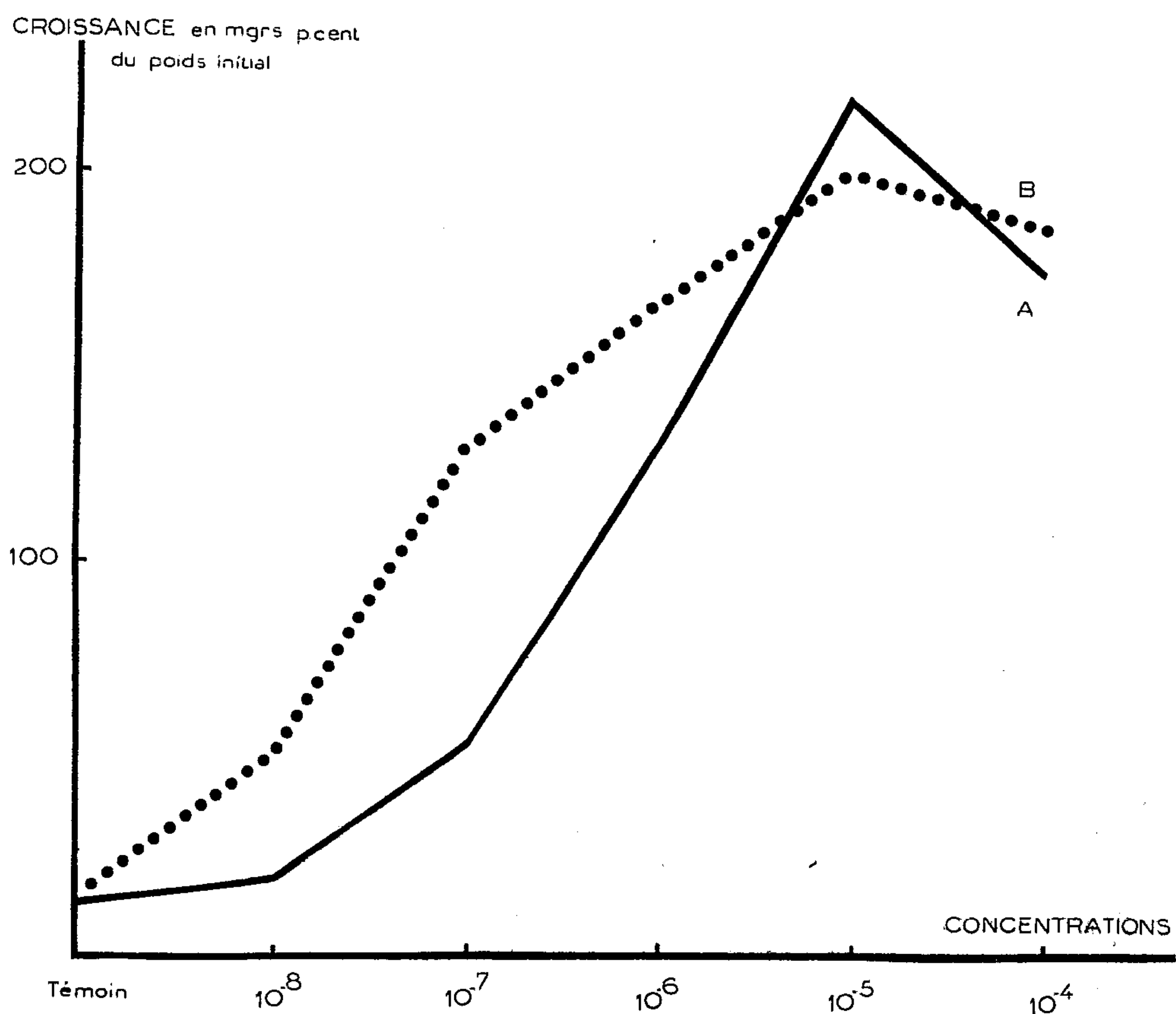



Fig. 1. — Tissus de Topinambour.

Courbes résumant l'action comparée de l'acide α-naphtylvinylacétique (A) et de l'acide α-naphtalène-acétique (B) sur la prolifération de tissus cultivés *in vitro*.

qui était la même dans le cas des deux substances, nous avons constaté que l'action stimulante de l'acide α-naphtylvinylacétique dépassait légèrement celle de l'acide naphtalèneacétique. Le rapport de l'activité stimulante des deux substances s'inversait si l'on dépassait l'optimum.

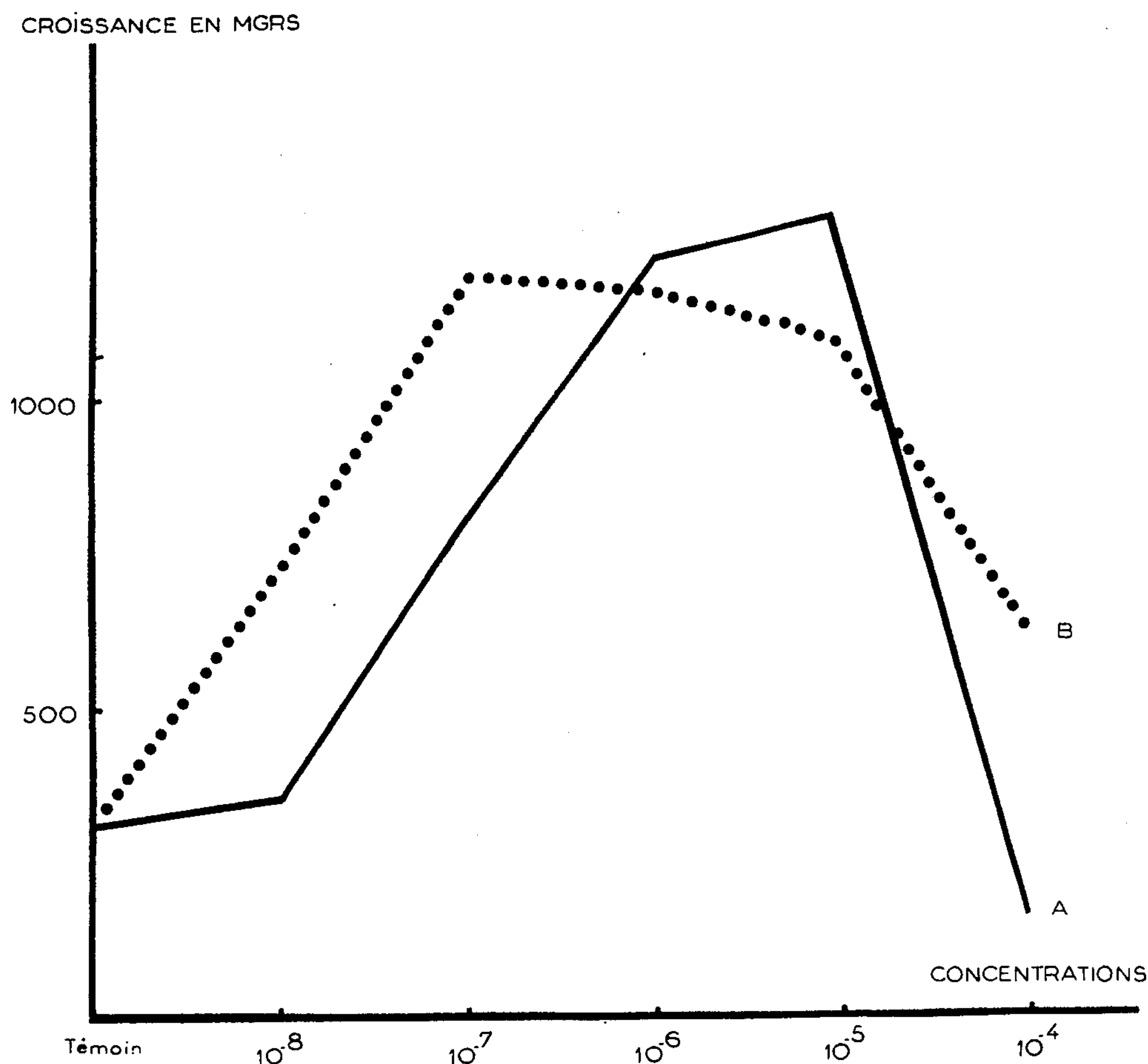



Fig. 2. — Tissus de Carotte.

Courbes résumant l'action comparée de l'acide α-naphtylvynilacétique (A) et de l'acide α-naphtalène-acétique (B) sur la prolifération de tissus cultivés *in vitro*.

2° *Tissus de Carotte*. — L'expérience réalisée sur une souche de tissus de Carotte a fourni des résultats analogues (*fig*. 2). Toutefois la concentration optimale fut plus élevée pour l'acide α-naphtylvinylacétique que pour l'acide naphtalèneacétique : en outre à la dose de $10^{-4}$ les cultures furent intoxiquées surtout dans le cas de l'acide α-naphtylvinylacétique.

*En résumé*, l'acide α-naphtylvinylacétique présente les mêmes propriétés stimulantes que l'acide naphtalèneacétique; à faible dose, son activité est un peu moindre; par contre, à forte dose il est plus actif.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution du manganèse dans les différents organes de Pomme de terre.* Note de M. **Yves Coïc** et M[lle] **Ghislaine de Baisse**, présentée par M. Albert Demolon.

Les tubercules de semence (variété Binch.) ont été plantés dans un terrain homogène de pH 6,8, où avait été enfoui un mélange de superphosphate, chlorure de potassium, sulfate d'ammoniaque et sulfate de manganèse (50 kg $SO_4Mn$, 1 $H_2O$ à l'hectare.) Les analyses effectuées ont donné les résultats suivants :

| | Teneur en manganèse (mg par kg de M. S.). | | | | Quantité contenue dans les organes végétatifs (mg pour 100 pieds). | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prélèvements. | Feuilles. | Tiges. | Racines. | Stolons. | Feuilles. | Tiges. | Racines. | Stolons. |
| 1[er]. 2 mai..... | 54,5 | 37 | 87,5 | – | 3,55 | 3,6 | 5,0 | – |
| 2[e]. 16 » ..... | 102,5 | 57 | 94 | 43 | 69 | 13,5 | 9,5 | 2,3 |
| 3[e]. 30 » ..... | 81 | 56 | 85 | 41 | 179 | 40 | 10,7 | 2,3 |
| 4[e]. 21 juin..... | 135 | 60 | – | – | 452 | 82 | – | – |
| 5[e]. 8 juillet... | 141 | 46 | – | – | 295 | 56 | – | – |
| 6[e]. 19 » ... | 167 | 63 | – | – | 278 | 90 | – | – |

*Manganèse dans* 100 *pieds.* — Le germe formé pendant la conservation du tubercule de semence est riche en manganèse; toutefois, les germes de 100 tubercules ne renferment qu'une petite quantité de manganèse : 0,9 mg. Au début de la végétation, le tubercule de semence fournit du manganèse à la jeune plantule, mais celle-ci absorbe très vite le manganèse du sol, puisque 20 jours après plantation, et alors que les jeunes plantes issues de 100 tubercules n'ont encore que 220 g de matière sèche (feuilles + tiges + racines), l'ensemble tubercules mères et plantules contient deux fois et demie plus de Mn que n'en contenaient les tubercules mères.

Au début de la végétation (1[er] prélèvement), ce sont surtout les racines qui contiennent le plus de manganèse, en raison du fait que leur teneur est beaucoup plus élevée que celle des autres organes.

A partir de ce prélèvement, la quantité de manganèse absorbée augmente de plus en plus vite jusqu'au 4[e] prélèvement (21 juin). Alors ce sont surtout les feuilles qui contiennent la majeure partie du manganèse de la plante, d'une part parce que les feuilles sont, au point de vue poids, la partie principale du système végétatif, et, d'autre part, surtout parce que leur teneur en manganèse est très élevée. En conséquence, la variation du Mn total absorbé suit, grosso modo, celle du manganèse contenu dans les feuilles.

La baisse brutale du manganèse total pendant la période comprise entre le 21 juin et le 8 juillet pourrait s'expliquer par la perte de feuilles par détachement de la plante. (Il y a une chute brutale de la matière sèche des feuilles). En effet, l'on ne peut invoquer de lessivage par l'eau de pluie, puisqu'il n'a pas plu du 12 juin au 15 juillet.

Les tiges contiennent une quantité assez importante de manganèse, du fait que leur teneur est assez élevée, et leur poids non négligeable.

Il est difficile d'indiquer ce que contiennent exactement les racines,

*Manganèse prélevé à l'hectare* : La récolte a prélevé au minimum (le chiffre indiqué pour les racines étant un minimum), 252 g de manganèse à l'hectare, dont 44 g seulement sont exportés sous forme de tubercules.

*Manganèse pour cent de matière sèche* : La teneur en manganèse des feuilles est élevée et elle augmente très nettement au cours de la végétation, sauf pendant une période comprise entre le 2<sup>e</sup> (16 maï) et le 3<sup>e</sup> prélèvement (30 maï), où la matière sèche totale croît très fortement, plus que l'absorption du manganèse. En 14 jours, le poids de matière sèche des feuilles augmente 13 fois. On remarque la grande plasticité de la feuille, qui subit au maximum la charge de cette croissance active. En effet, la teneur des tiges, des stolons, des tubercules, diminue très peu et la teneur des racines décroît peu.

Les racines ont une forte teneur.

Le taux de manganèse des tiges est assez fort. Il a une tendance générale à s'accroître au cours de la végétation.

Les stolons ont une teneur un peu plus faible que celle des tiges, mais beaucoup plus forte que celle des tubercules.

La partie végétative ne cède aux tubercules qu'une fraction relativement faible du manganèse absorbé (1/6<sup>e</sup> dans notre expérience). Comme la masse des tubercules formés est très grande par rapport à la masse végétative, il en résulte que la teneur des tubercules en manganèse est relativement faible. Une autre conséquence est que la teneur du tubercule peut dépendre autant de la physiologie de la plante pendant l'année de végétation que de la quantité de manganèse absorbée; nous avons, par exemple, constaté que certains types de fumure, augmentant très fortement la quantité de manganèse absorbée, ne faisaient pas varier sensiblement la teneur en Mn du tubercule, bien que le poids de récolte ait peu varié.

Les variations de la teneur en manganèse du tubercule pendant sa formation sont relativement peu importantes. Le stolon donne naissance à un tubercule dont la teneur relativement forte, comparée à celle d'un tubercule bien développé, est très faible vis-à-vis de celle du stolon, par suite de la mise en réserve préférentielle de substances organiques.

Cette teneur diminue pour s'élever ensuite en fin de végétation. A la

récolte, c'est la partie médullaire du talon qui se trouve surtout enrichie par cet apport abondant de manganèse au tubercule en juillet.

*Évolution de la teneur en Mn du tubercule pendant sa formation.*

C, couronne; T, talon; c, partie corticale; m, partie médullaire.

| | 16 mai. | 30 mai. | 21 juin. | 8 juillet. | 19 juillet. | Récolte. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Matière sèche des tubercules de 100 pieds (en g) | 163 | 2110 | 14700 | 18350 | 18150 | 19360 |
| Mn (mg par kg de matière sèche). | 7,8 | 5,65 | C 5,2 | C 5,3 | C 6,1 | C { c 5,1 ; m 4,5 |
| | | | T 4,8 | T 6,0 | T 6,9 | T { c 5,1 ; m 8,1 |

Toutefois, dans le cas où le sol est carencé en manganèse de telle façon que des symptômes de carence apparaissent sur les feuilles, le tubercule récolté est très pauvre en manganèse, et c'est le talon qui se trouve le plus déficient (C = 3,95, et T = 2,8 mg : kg).

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'inexistence des initiales axiales dans la racine d'*Allium cepa *L.* (*Liliacées*). Note de MM. **Roger Buvat** et **Louis Genevès**, présentée par M. Raoul Combes.

Les prétendues « initiales apicales » des auteurs se divisent en réalité très rarement dans le méristème radiculaire d'*Allium cepa*. Les cellules qui construisent la racine sont plus loin de l'apex. Les régions ainsi définies rappellent respectivement la région apicale axiale et le méristème médulaire des tiges.

Le méristème apical des tiges des Angiospermes a fait l'objet de très nombreuses études depuis un siècle. Sa structure a été interprétée successivement de diverses manières et il n'est pas encore certain que nos conceptions actuelles sur ces points végétatifs soient tout à fait satisfaisantes. Il paraît cependant bien établi que l'apex des tiges ne renferme pas d'initiales axiales superposées, produisant respectivement des feuillets analogues à ceux que l'on reconnaît dans les racines : le plérome, le périblème, le dermatogène.

Mais, si cette idée des initiales a été abandonnée à propos des tiges, il n'en est pas de même pour les racines, où les trois feuillets se voient bien. Contrairement aux conceptions unicistes des anciens auteurs, de l'école de Van Tieghem par exemple, les données modernes conduisaient donc à attribuer des structures différentes, sans homologies, aux méristèmes apicaux des tiges et à ceux des racines.

Nous avons été conduits incidemment à étudier le fonctionnement du méristème des racines d'*Allium cepa*. Ces racines sont commodes, car leur axe est matérialisé par une colonne de cellules plus grandes que celles qui les

entourent. Dans une série de coupes longitudinales, il est donc possible de reconnaître celle qui est exactement axiale.

Sur cette coupe, la cellule apicale de la colonne centrale (*fig.* 1, marquée d'une croix) représente la cellule supérieure du groupe des initiales, si elles existent. Les initiales axiales seraient les cellules situées entre celle-ci et la coiffe (en grisé, *fig.* 1); il est donc aisé de repérer avec précision leur emplacement éventuel.

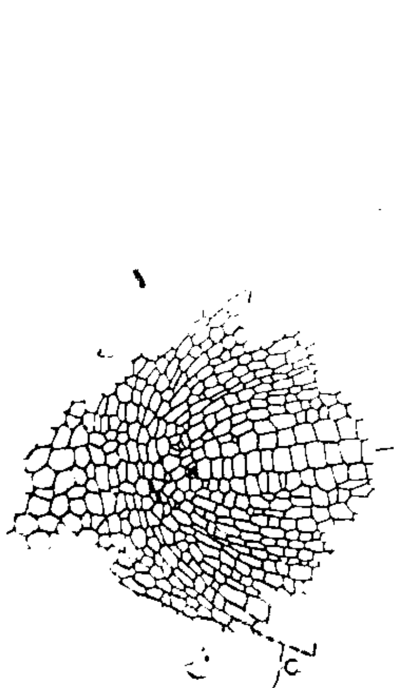


Fig. 1. — Région apicale axiale d'une racine d'*A. cepa*. En grisé : emplacement des initiales supposées.

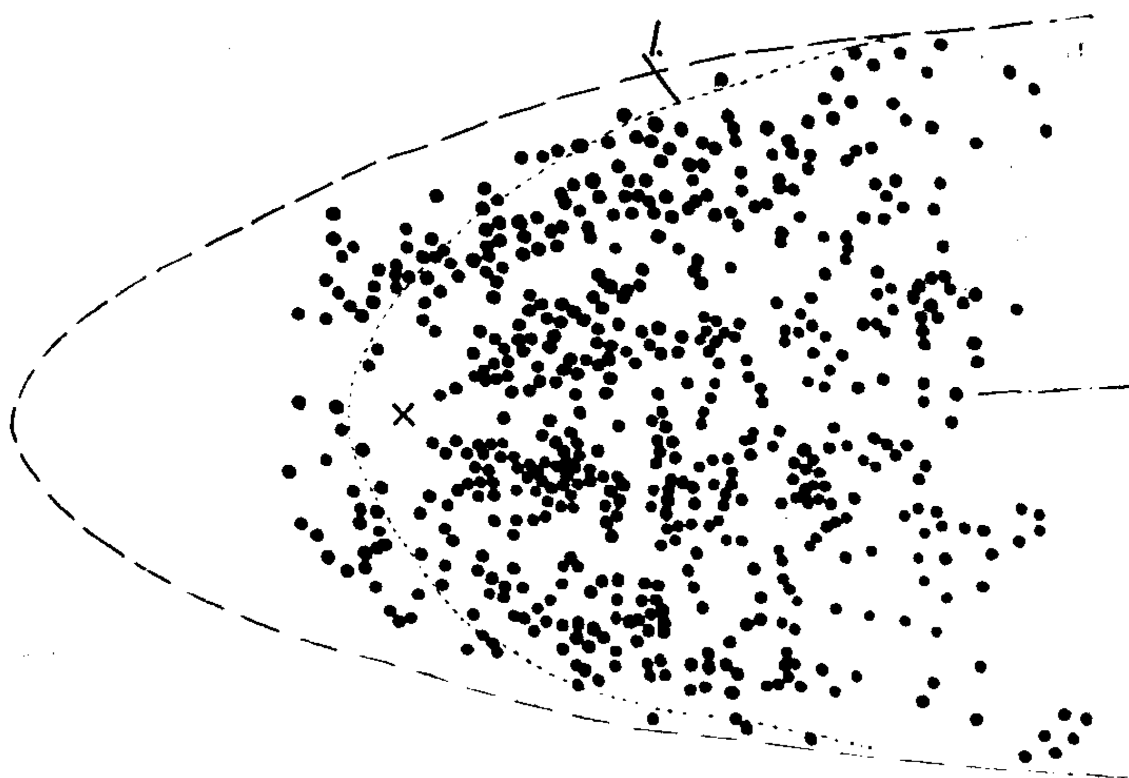



Fig. 2. — Répartition statistique des mitoses dans le méristème apical. *c*, coiffe; *l*, limite approximative de la coiffe.

Au moyen de la chambre claire, nous avons relevé, sur les coupes axiales de vingt racines : 1° le contour de la coupe; 2° le lieu de la cellule extrême de la colonne axiale, marqué d'une croix; 3° les cellules en voie de mitose. Les dessins obtenus ont été reportés *tous sur le même calque*, en faisant coïncider : 1° les axes; 2° les croix représentant les cellules initiales supérieures. Cet artifice nous a permis d'obtenir, sous un aspect *statistique*, la répartition des mitoses dans le méristème (*fig.* 2). Il est aisé de constater l'absence de mitoses dans les cellules de la région apicale axiale. Les quelques mitoses que l'on risquerait d'y rencontrer en multipliant les observations n'ont, de toute évidence, *aucun rôle histogénétique*. Les cellules qui, par leur prolifération, construisent la racine, se trouvent en arrière de la région où l'on supposait l'existence d'initiales.

Cette région est constituée de cellules disposées en files, où les mitoses sont transversales, comme dans le méristème dit « *médullaire* » des tiges. Ce dispositif, qui assure la croissance en longueur, est donc réalisé presque identiquement dans les tiges et dans les racines.

L'inexistence d'initiales apicales à rôle histogène appréciable constitue une

autre analogie avec les méristèmes des tiges. A la place se trouvent des cellules douées d'une certaine permanence, *ne se divisant pratiquement pas*. Ceci n'amoindrit pas leur importance, car les racines ne paraissent pas pouvoir s'en passer, mais leur rôle physiologique reste inconnu, il est peut-être primordial pour la croissance et l'organisation de la jeune racine, notamment lorsque s'édifie l'embryon.

Ces résultats nous reconduisent donc vers des analogies possibles entre les deux types de méristèmes apicaux, mais elles sont tout autres que celles qui avaient été supposées par les anciens auteurs. Il reste à noter une différence irréductible : l'absence de l'anneau initial, dans les méristèmes radiculaires : elle va de pair avec l'absence d'organes à symétrie bilatérale sur les racines. Si, dans un méristème de tige, on supprime par la pensée l'anneau initial et ses productions, on n'est pas loin de retrouver la structure d'un méristème radiculaire.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques* Pogoregelia, Pogocyclus *et* Pogoregeliocyclus. III. *Hybrides réalisés à partir des* I. × Hoogiamac (*Cayeux*) = autosyndetica *et* × Ibmac (*V. Tubergen*). Note (*) de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

De nouveaux hybrides complexes *Pogoregelia*, *Pogocyclus* et *Pogoregeliocyclus* issus des amphidiploïdes *autosyndetica* et *Ibmac* sont signalés et les études entreprises permettent d'observer la constance de comportements méiotiques déjà signalés chez d'autres hybrides; la conjugaison des chromosomes *Pogoniris* d'une part, *Regelia* et *Oncocyclus* d'autre part, correspondent à celle des mêmes chromosomes chez les hybrides *Pogoniris* et *Regeliocyclus*.

Les *I. autosyndetica* (*Pogoregelia*) à $2n = 46$ et *Ibmac* (*Pogocyclus*) à $2n = 44$ sont issus ([1]) d'espèces autotétraploïdes *Regelia* (*Hoogiana*, $n = 22$) et *Pogoniris* grands (*macrantha*, $n = 24$) ou d'une contribution ♀ équivalente, diploïde, *Oncocyclus* (*iberica*, $n = 10 \times 2$). Véritables amphidiploïdes, tous deux ont des gamètes avec un stock de chromosomes de chaque parent, soit deux garnitures différentes, c'est-à-dire respectivement $n = 23(11 + 12)$ et $n = 22(10 + 12)$.

De ces deux hybrides, nous avons obtenu avec des espèces *Pogoniris* (*chamæiris*, $n = 20$; *pumila*, $n = 16$; *macrantha*, $n = 24$) et *Regelia* (*Korolkowi violacea*, $n = 11$) de nouveaux *Pogoregelia*, *Pogocyclus* et *Pogoregeliocyclus* ([2]), dont la méiose sera décrite dans la Note actuelle.

*Pogoregelia*. — L'*I. chamæiris* × *autosyndetica* à $2n = 43$, montre à la

(*) Séance du 16 avril 1951.

([1]) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 69, 1935, p. 178-212.

([2]) *Proceed. VIIIe Intern. Congress Genetics*, 1949, Lund, p. 662.

première division de réduction, par cellule, une moyenne de 16,4 univalents, 10,7 bivalents, 1,5 trivalents, 0,09 tétravalents et 0,02 pentavalents, soit 26,4 éléments conjugués pour 12,3 configurations chromosomiques.

*Pogocyclus.* — L'*I. chamæiris* × *Ibmac* à $2n = 42$ a une conjugaison méiotique comportant en moyenne, par cellule : 16,1 univalents, 10,8 bivalents, 1,3 trivalents, 0,06 tétravalents et 0,02 pentavalents, c'est-à-dire 25,7 éléments conjugués pour 12,1 configurations.

L'*I. pumila* × *Ibmac* à $2n = 38$ présente à la MI par cellule, une moyenne de 20,4 univalents, 7,9 bivalents, 0,6 trivalents, soit 17,6 éléments conjugués pour 8,5 configurations.

Un recroisement : *I. macrantha* × *Ibmac* à $2n = 46$ a au même stade méiotique une moyenne, par cellule, de 17,0 univalents, 8,6 bivalents, 3,8 trivalents, 0,06 tétravalents, 0,02 pentavalents, c'est-à-dire 28,9 chromosomes conjugués pour 12,4 configurations.

*Pogoregeliocyclus.* — L'*I. Korolkowi violacea* × *Ibmac* à $2n = 33$ contient 3 stocks haploïdes différents (*Regelia*, *Oncocyclus* et *Pogoniris*); et l'on retrouve les anomalies méiotiques précédentes, c'est-à-dire en moyenne, par cellule : 15,5 univalents, 7,7 bivalents, 0,6 trivalents, 0,04 tétravalents et 0,04 pentavalents, soit 17,4 éléments conjugués pour 8,3 configurations.

Enfin l'*I. autosyndetica* × *Ibmac* à $2n = 45$ ne diffère du précédent que parce qu'il possède non plus un mais deux stocks de 12 chromosomes *macrantha*. Il y a relativement peu d'univalents, c'est-à-dire une moyenne, par cellule, de 2,1 univalents, 18,0 bivalents, 2,2 trivalents, 0,04 pentavalents, soit 42,8 chromosomes conjugués pour 20,2 configurations.

Ces analyses méiotiques précisent surtout des observations antérieures. On a déjà montré que si les génômes *Regelia* et *Oncocyclus* ont entre eux quelque affinité, ils n'en ont guère pour les chromosomes *Pogoniris*. Aussi les rares éléments *Regelia* et *Oncocyclus* qui peuvent parfois s'unir à ceux des *Pogoniris* expliquent que chez les hybrides actuels le nombre des chromosomes conjugués est très légèrement supérieur à celui noté chez les *Pogoniris* hybrides auxquels ils correspondent chromosomiquement.

Ainsi, chez les *I. chamaeiris* × *autosyndetica* et *chamaeiris* × *Ibmac* ce sont les 32 éléments *Pogoniris* (20 ♀ + 12 ♂) qui se conjuguent comme le font les chromosomes des hybrides à $2n = 32$ entre *Pogoniris* nains et grands (*I. chamaeiris* × *pallida*, en particulier) [3]; et si le nombre des trivalents est moindre, il est remplacé par une proportion plus élevée de bivalents ce qui peut indiquer des différences chromosomiques d'ordre structural déjà connues entre *I. pallida* et *macrantha* [4]. Des ponts de chromatine accompagnés de fragments sont également présents chez ces deux hybrides.

---

(3) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1236.
(4) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 650.

Chez l'*I. macrantha* × *Ibmac*, les éléments conjugués sont également *Pogoniris*, c'est-à-dire 3 garnitures de 12 chromosomes (24 ♀ + 12 ♂). Leur mode de conjonction est comparable à celui des 36 éléments des *Pogoniris* grands triploïdes (*loc. cit.*) et se retrouve chez un autre *Pogocyclus* à $2n = 46$ ([5]) : *Ricardi Leverrier* ($2n = 36$) × *iberica* ($n = 10$) qui présente les mêmes caractéristiques méiotiques, soit 29,3 éléments conjugués pour 12,3 configurations.

Par contre, chez l'*I. Korolkowi violacea* × *Ibmac* les chromosomes *Pogoniris* (12 ♂) restent inappariés, les éléments conjugués se rapportant à l'union des chromosomes *Regelia* et *Oncocyclus* (11 ♀ + 10 ♂) tout comme elle s'effectue chez l'*I.* × *Teucros* (V. Tubergen), un *Regeliocyclus* diploïde à $2n = 21$ : c'est-à-dire, par cellule, une moyenne de 2,8 univalents, 7,6 bivalents, 0,9 trivalents et 0,06 tétravalents, soit 18,1 éléments conjugués pour 8,5 configurations.

Quant à l'*I. autosyndetica* × *Ibmac*, à cette même conjugaison allosyndétique *Regeliocyclus* (11 ♀ + 10 ♂), se superpose une union autosyndétique des deux stocks chromosomiques *Pogoniris* (12 ♀ + 12 ♂), ce qui explique le peu d'univalents observés et la bonne qualité du pollen qui en résulte (80 % de grains bien conformés).

Enfin chez l'*I. pumila* × *Ibmac*, le comportement noté correspond, d'une part à une conjugaison autosyndétique de 16 chromosomes *pumila* que l'on sait exister chez plusieurs hybrides *Pogoniris* (*loc. cit.*), d'autre part à une asyndèse des éléments *iberica* (10 ♂) et *macrantha* (12 ♂) comparable à celle des *Pogocyclus* diploïdes à $2n = 22$ (6).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur le rôle du $CO_2$ dans l'acidité des eaux des tourbières à Sphaignes.* Note de M. **Serge Villeret**, présentée par M. Roger Heim.

La détermination du pH des eaux est une des opérations les plus fréquemment réalisées par les chercheurs qui s'intéressent à la biologie de ces milieux. Mais sous son apparente simplicité, cette notion de pH cache une grande complexité, car l'acidité actuelle d'une eau est la résultante de l'action d'ensemble de nombreux facteurs, et la méconnaissance de ces facteurs, sinon totale, du moins partielle, peut conduire à des hypothèses hasardées ou même à des conclusions erronées. Il semble que la question du pH des eaux de tourbières acides soit ainsi l'un de ces problèmes dont les données, pas toujours nettement précisées, ont conduit à des solutions provisoires. Si tous les chercheurs ont relevé dans les tourbières à Sphaignes des pH allant de 6 à 4 et même moins pour l'eau d'expression

(5) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 894.
(6) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1544.

des Sphaignes, la cause de cette acidité a été rapportée à l'existence, soit d'acides humiques hypothétiques, soit de traces à l'état libre d'acides sulfurique, phosphorique, oxalique, propionique, malique, etc., ou encore à des phénomènes d'adsorption des bases par les colloïdes humiques et les Sphaignes elles-mêmes (1), (2). Plus récemment, J. Ramaut et M. Bouillenne (3) ont isolé de *Sphagnum recurvum*, après de nombreuses expériences montrant l'acidification de différents milieux naturels ou artificiels en présence de cette Sphaigne, un acide organique qui, pour eux, interviendrait dans l'acidité des eaux tourbeuses. Enfin, certains auteurs ont pensé au rôle du $CO_2$, mais si dans les lacs pauvres en bicarbonate et en carbonate de Ca, du Wisconsin par exemple, Juday, Birge et Meloche (4) entre autres, trouvent une relation entre le pH des eaux superficielles et leur concentration en $CO_2$ et en bicarbonates, Åberg et Rhode (5) pensent que dans les cas extrêmes des eaux des tourbières acides, l'acide carbonique (et, partant, le $CO_2$) paraît être sans signification quant au pH de ces eaux. D'ailleurs, M. K. Strøm (6) se basant sur le fait qu'au sein d'une population algale en vive assimilation chlorophyllienne, il n'y avait pas, dans un tel milieu, élévation du pH comme l'utilisation du $CO_2$ semblerait le suggérer (et l'on sait que l'assimilation chlorophyllienne alcalinise certains milieux, c'est une expérience classique sur la photosynthèse), conclut que le $CO_2$ n'intervient pas dans l'établissement du bas pH de ces eaux acides.

Sans rejeter les hypothèses et les résultats précédemment rapportés, nous voudrions exposer quelques résultats d'expériences qui montrent le rôle du $CO_2$ dans l'établissement des bas pH des eaux liées aux tourbières à Sphaignes. Les mesures ont été effectuées en six stations différentes : trois d'entre elles correspondent à des tourbières en activité, où sur un substratum tourbeux de 60 à 80 cm d'épaisseur prospèrent *Sphagnum cymbifolium*, *S. auriculatum*, *S. subnitens*; deux autres stations correspondent à la frange à *Sphagnum cymbifolium*, *S. inundatum*, *Scirpus fluitans* et *Elodes palustris* de mares tourbeuses, enfin la sixième se situe en avant de cette frange, dans l'eau libre d'une mare plus ou moins encombrée de *Potamogeton polygonifolius*.

Les mesures suivantes ont été effectuées :

Analyse chimique de l'eau portant sur les matières minérales : Si, Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, sur le taux de carbonates, bicarbonates, $CO_2$, sulfates, chlorures, $NH_3$ et sur la détection des acides volatils organiques, acides formique et acétique.

(1) O. Harnisch, *Die Biologie der Moore*, *in Die Binnengewässer*, Bd VII, 1929, p. 62.
(2) F. Ruttner, *Grundriss der Limnologie*, 1940, p. 136.
(3) *VIIe Cong. intern. Bot. Stockholm*, 1950.
(4) *Trans. Wisc. Acad. Sc. et Let.*, 29, 1935.
(5) *Symb. Bot. Upsal.*, 3, 1942, p. 218-229.
(6) *Norske videnskaps Akad. i Oslo*, I. Klasse, 1926, p. 6.

Détermination du pH par colorimétrie ou potentiométrie.

Enfin, au laboratoire, on a étudié les variations du pH des eaux de ces stations, après les avoir privées du $CO_2$ qu'elles renfermaient, par barbotage d'un courant d'air privé de gaz carbonique, ou d'un courant d'azote ou d'hydrogène.

De ces expériences se dégagent les faits suivants : nos eaux sont très peu minéralisées et particulièrement pauvres en CaO, en moyenne 5 mg : l. Elles ne sont pratiquement pas tamponnées et de faibles quantités d'acides suffisent à leur communiquer leur pH caractéristique. Or, le $CO_2$ peut, expérimentalement, produire de tels pH et l'analyse chimique montre que les eaux étudiées renferment toujours du $CO_2$ en quantités suffisantes pour expliquer leur acidité. Ainsi, au laboratoire, par barbotage comme précédemment indiqué, on voit le pH initial de 5,2 ou 4,8 par exemple s'élever à 7,0 ou 7,2, tandis que si du $CO_2$ est redissous dans l'eau ainsi traitée, le pH s'abaisse à 5,0 ou 4,6 et même 4,0. Nous n'avons pas pu, d'autre part, déceler la présence d'autres acides volatils et le fait que les eaux privées de $CO_2$ voient leur pH se situer à la neutralité indique qu'elles ne renferment pas d'acides fixes comme l'acide sulfurique. Il apparaît donc que le $CO_2$ intervient dans l'établissement des bas pH des eaux que nous étudions et qui présentent tous les caractères des eaux dystrophes des tourbières à Sphaignes. L'objection de Ström, qui admet implicitement que les Algues, en vive assimilation dans ces milieux, utilisent complètement le $CO_2$ dissous, ne saurait être retenue, car l'expérience nous a montré que dans des touffes de Sphaignes, dans des paquets de *Spirogyra* ou de *Mougeotia* qui sursaturent grandement l'eau en oxygène, il y a toujours du $CO_2$ dissous dans l'eau. Cette présence est liée à une production de gaz carbonique extrêmement importante à partir de la vase humique et des débris végétaux, sous l'influence de processus fermentaires.

Ainsi, tout en reconnaissant la complexité que recouvre la notion du pH dans ces eaux, nous pensons que le gaz carbonique dissous joue un rôle déterminant dans l'établissement des pH acides des eaux des tourbières à Sphaignes.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une particularité fonctionnelle des exsudats racinaires de certains végétaux.* Note de M^lle **Yvette Becker** et M. **Lucien Guyot**, présentée par M. Roger Heim.

Les exsudats racinaires de certains végétaux inhibent la germination des graines et la croissance des plantules des espèces annuelles en de nombreux cas; dans quelques essais, pour lesquels les principes actifs étaient utilisés à une grande dilution, un effet stimulant a été observé.

Bien que non définis dans leur structure chimique, les principes inhibants

dont nous avons reconnu la présence à l'intérieur des racines, au contact des radicelles et au sein de la rhizosphère de diverses espèces végétales, permettent certains rapprochements, dans leur mode d'action, avec le groupe des substances de croissance, caractérisé seulement par ses propriétés biologiques; le rapprochement s'impose, en particulier, pour ce qui concerne l'influence de la concentration des solutions utilisées sur les effets constatés.

De nombreux auteurs ont souligné qu'aux concentrations très faibles, les inhibiteurs de la germination et de la croissance se montrent parfois capables de stimuler celles-ci. Nos études récentes sur les excrétions racinaires toxiques des végétaux nous ont permis de mettre en évidence une semblable inégalité de réponse du matériel vivant à l'égard des substances expérimentées, en rapport avec la concentration de ces dernières :

l'effet inhibant constaté est d'autant plus marqué que l'excrétat est plus concentré. Pour l'ensemble de nos essais, l'extrait aqueux de racines est le plus toxique (indice moyen de croissance : 58, contre 100 chez le témoin); l'extrait aqueux de terre prélevée au contact des racines est moins actif (indice moyen : 71), en raison de la diffusion des substances excrétées dans la rhizosphère de la plante; l'eau de lavage des racines inhibe à un degré moindre encore (indice moyen : 81), par suite de la grande dilution des principes actifs;

l'effet inhibant constaté varie, en intensité, selon les époques de l'année; atteignant sa valeur maxima lors des mois de printemps et d'été qui correspondent à la croissance la plus active de la plante excrétrice et à la siccité la plus grande des couches supérieures du sol, il s'amenuise progressivement et cesse parfois même d'être perceptible lorsque les pluies d'automne et d'hiver lessivent copieusement le terrain. Pour l'ensemble de nos essais portant sur l'année écoulée, l'indice moyen de croissance s'établit à (contre 100 chez le témoin) 75 en mai, 65 en juin, 75 en juillet, 65 en août, 81 en septembre, 94 en octobre, 75 en janvier, 62 en février ;

un effet stimulant, se substituant à l'effet inhibant habituellement observé, a été constaté dans les circonstances suivantes, qui toutes impliquent une dilution sensiblement accrue des principes actifs [1]; l'indice moyen de croissance est (contre 100 chez le témoin) :

*a. Hieracium pilosella* (prélèvement n° 326 *bis*) : *cr* 1/2,5 : 82; *cl* 1/10 : 103.

*b. Thymus serpyllum* (prélèvement n° 353) : *cr* 1/1 : 63; *cl* 1/10 : 103.

---

[1] La concentration (*cl*, *cp*, *cr* ou *ct* selon les cas) exprime le rapport entre le poids du prélèvement (terre tamisée, racines fraîches ou poudre de racines selon les cas) évalué en grammes, et la quantité d'eau, évaluée en centimètres cubes, utilisée pour la préparation de l'extrait ou le lavage des organes.

*cl* : concentration de l'eau de lavage des racines;

*cp* : concentration de l'extrait aqueux de poudre de racines;

*cr* : concentration de l'extrait aqueux de racines fraîches;

*ct* : concentration de l'extrait aqueux de terre prélevée au contact des racines.

*c.* *Thymus serpyllum* (prélèvement n° 377) : *ct* 1/1 : 79; *cr* 1/1 : 98; *cl* 1/10 : 106.

*d.* *Thymus serpyllum* (prélèvement n° 327) : *cr* 1/1 : 54; *cr* 1/10 : 141; *cl* 1/10 : 191.

*e.* *Hieracium pilosella* (prélèvements n° 422 *ter* A et B) : *cp* 1/4 : 6; *cp* 1/20 : 76; *cp* 1/40 : 121; *cl* 1/1 : 181; *cl* 1/10 : 175; *cl* 1/50 : 166; *cl* 1/100 : 141.

*f.* *Thymus serpyllum* (prélèvement n° 426) : *cp* 1/25 : 77; *cp* 1/50 : 164; *cp* 1/250 : 148; *cp* 1/500 : 146; *cl* 1/1 : 147; *cl* 1/2 : 125; *cl* 1/5 : 127; *cl* 1/10 : 143; *cl* 1/50 : 133; *cl* 1/100 : 121.

*g.* *Origanum vulgare* (prélèvement n° 427) : *cp* 1/10 : 83; *cp* 1/25 : 101; *cp* 1/50 : 144; *cp* 1/100 : 135; *cp* 1/250 : 121; *cp* 1/500 : 168; *cl* 1/1 : 158; *cl* 1/2 : 112; *cl* 1/5 : 139; *cl* 1/10 : 141; *cl* 1/50 : 143; *cl* 1/100 : 120.

*h.* *Origanum vulgare* (extrait aqueux de terre prélevée au contact des racines) : ensemble des prélèvements faits en juin : 64 (49 à 77); ensemble des prélèvements faits en octobre : 157 (147 à 171).

*i.* *Hieracium pilosella* (extrait aqueux de terre prélevée au contact des racines) : ensemble des prélèvements faits en mai-août : 70 (42 à 83); ensemble des prélèvements faits en septembre-octobre : 83 (63 à 155).

L'effet stimulant, particulièrement fréquent dans le cas des Labiées (*Origanum*, *Thymus*), est rare dans le cas des Composées (*Hieracium*); le pourcentage des essais ayant révélé un effet stimulant par emploi de jus très dilués est de 100 % chez les premières et de 10 % chez les secondes.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Écologie de la végétation du bassin du Chott Hodna.* Note de M. **Charles Killian**, présentée par M. Roger Heim.

Le chott Hodna, bordé au Nord par la chaîne atlasique (1000 m), constitue un bassin fermé sans écoulement périphérique, d'une altitude de 400 m. A cette importante dénivellation correspondent des changements climatiques, édaphiques et biologiques très accentués : sensiblement désertiques au centre, grâce à leur salure, les sols de sa bordure septentrionale sont, au contraire, rocheux et sablonneux, d'où leur faible pouvoir rétenteur (22 %). C'est le domaine des Chasmophytes. Aux endroits moins déclives, graveleux, apparaissent des pâturages d'annuelles dépourvus d'espèces persistantes, vite épuisés et envahis par des nitrophytes toxiques. Plus au Sud, une vaste plaine alluviale avec 10 à 20 % de limon et 10 à 16 % d'argile, à porosité moyenne (60 %), mais à important pouvoir rétenteur (équivalence d'eau : 35 %), ameublie en surface par le sable éolien (proportionnel au pourcentage d'annuelles). Ces sols ont toujours un degré faible de saturation en Na échangeable du complexe absorbant (1 à 5 %). Ils sont caractérisés par la dominance, dans les plaines étendues, du *Salsola vermiculata* et du *Diplotaxis erucoides*, annuel. Leur faible salure les prédestine

aux cultures des Céréales, particulièrement abondantes près des oueds qui épandent leurs limons. Ici c'est *Atriplex Halimus* et *Zizyphus Lotus* qui dominent : dans les Céréales, il y a prépondérance du *Moricandia arvensis*, et beaucoup de mauvaises herbes sont celles de la Mitidja. Même amélioration des sols, mais localisée le long des ravineaux où se constituent de petites pelouses à *Cynodon dactylon*, à substratum plus poreux (73 contre 58 %) et plus riche en Az qu'au dehors (1,96 contre 0,40 %), en conséquence envahis par des annuelles tendres.

Cas particulièrement intéressant, correspondant à une expérience naturelle centenaire, révélé dans les canaux de drainage d'une piste désaffectée : ici les changements intervenus non seulement dans la végétation annuelle, mais surtout dans la végétation pérenne, permettent de formuler des conclusions relatives au climat régional : *Haloxylon scoparium*, xérophyte extrême, non broutable, y était remplacé par *Salsola vermiculata*, et lui par *Artemisia Herba alba* et *Zizyphus Lotus*, avec son cortège d'annuelles tendres.

D'autres changements importants sont dus à l'apport de matériel éolien, modifiant la végétation suivant son degré de tolérance à l'ensablement : faible chez *Salsola vermiculata*, plus fort chez *Traganum nudatum*, au maximum chez *Atriplex Halimus*, profondément enraciné. Même ordonnance dans la série des espèces annuelles. Cet ensablement initial qui se manifeste par l'apparition de l'*Euphorbia Guiyonana*, est intéressant lorsqu'il se produit sur un sol lourd, irrigable. Mais il devient nuisible lorsqu'il entraîne la formation de buttes puissantes, envahies par *Atriplex Halimus* : il est prohibitif sur les grandes dunes longeant la bordure Sud, envahies par les psammophytes spécialisés, tels *Aristida pungens*.

Toute la région centrale est impropre aux cultures, par sa forte salure : font exception les sources cratériformes, couronnées par *Atriplex Halimus*, mais où souvent la remontée des sels, indiquée par l'annuelle *Frankenia pulverulenta*, brûle les céréales. La zonation, sur leurs flancs, d'espèces à halophytisme croissant, en fournit une contre-preuve. Cette partie centrale est caractérisée par son imperméabilité [d'où accroissement de leur équivalent d'humidité (31 %) et de leur hygroscopicité (8 %)], mais surtout par le taux élevé de saturation en Na échangeable du complexe absorbant, dépassant 10; elles sont peuplées par *Suæda vermiculata*, gypsophyte sur les collines, *Salsola tetrandra* (57 % de limon) et *Halocnemum strobilaceum*, limitant la zone centrale, abiotique. Retrait du *Diplotaxis erucoides* dans les fossés, au début, puis remplacement par *Mesembryanthemum nodiflorum* et surtout *Salicornia fruticosa*, indiquant un climax salé.

En résumé, nos relevés, accompagnés d'analyses des sols, sont plus précieux que les données de l'hydrologie : ainsi, malgré la proximité de la nappe salée, à 5 m seulement, il peut y avoir de florissantes cultures dont

la possibilité est indiquée par la dominance du *Salsola vermiculata*. Valeur restreinte des analyses chimiques, tant qu'on ignore l'influence mutuelle des différents ions dans la toxicité des sols. Il en est de même des listes phytosociologiques. Enfin, la valeur indicatrice d'une espèce est à utiliser avec critique, parce qu'elle est toujours relative, par rapport à celle de sa concurrente.

Envisagés dans ce sens, les renseignements obtenus pour la cuvette hodnéenne confirment entièrement ceux de la région alfatière : si, là, *Artemisia Herba alba* occupe toujours les bas-fonds les plus poreux et dessalés, elle en est chassée, ici, par leur imperméabilité (dans la zone à *Salsola vermiculata*) ou par leur salure (dans la région centrale). L'Armoise se réfugiera donc, obligatoirement, sur les collines. Il n'est pas question, ici, d'une localisation par la pluviométrie, vu son insuffisance. Mêmes remarques pour le *Salsola vermiculata* des bas-fonds de la région alfatière; sa tolérance envers la salure est ici au maximum, parce qu'il côtoie les Halophytes extrêmes, mais il se réfugie, de préférence, sur les collines, où il défie toute codification sociologique.

PHYSIOLOGIE. — *Genèse physiologique de la sensation de dissonance et réduction de l'esthétique musicale à la psycho-physiologie du nerf auditif et de ses différents relais encéphaliques.* Note de M. **Raoul Husson**, présentée par M. Louis Lapicque.

L'étude expérimentale de la naissance de la dissonance au voisinage d'un unisson (sur différentes fréquences) a montré qu'elle résultait de l'excitation de mêmes fibres cochléaires par les sons émis simultanément, excitations rendues irrégulières par la période réfractaire des fibres. Les réflexes déclenchés et les stimulations diffusées aux différents relais des voies cochléo-corticales expliquent les sensations complexes éveillées par la musique et les caractères esthétiques qu'elles revêtent.

A. Une étude expérimentale de la sensation de dissonance au voisinage d'un unisson de deux sons simples a été réalisée le 29 mars 1951, avec MM. Mey et Paupy, au Laboratoire d'Acoustique et de Téléphonométrie du Centre National d'Étude des Télécommunications. Matériel employé : un générateur à battements et un générateur de haute précision Poullot; un oscillateur cathodique pour le contrôle des unissons par courbes de Lissajous; deux écouteurs indépendants. Les unissons ont été étudiés sur 120, 480, et 3840 vibrations par seconde. Un son était maintenu à fréquence constante; le second variait, par intervalles d'une période, jusqu'à une différence de un ton majeur environ. Les deux sons étaient envoyés superposés dans la même oreille, d'abord; puis envoyés simultanément l'un dans une oreille et le second dans l'autre. Dans une série complémentaire d'expériences, on a fait varier un son, période par période, de l'unisson jusqu'à la quinte. Intensités constantes et égales pour les deux sons, voisines du seuil inférieur d'audibilité.

Les résultats observés sont les suivants :

1° Lorsque les deux sons atteignent séparément, le premier une oreille, le second l'autre oreille, il n'y a jamais de dissonance quel que soit leur intervalle.

2° Lorsque les deux sons atteignent simultanément la même oreille, la dissonance apparaît vers l'intervalle 1,05 et disparaît vers l'intervalle 1,16 (inférieur à la tierce mineure). Au-dessus de l'intervalle 1,16 il n'y a plus jamais de dissonance.

3° Entre les intervalles 1,05 et 1,16, l'oreille perçoit une modulation d'intensité, d'abord lente, puis de plus en plus rapide. Dans chaque période de modulation, le son grave est seul perçu quand l'intensité croît, et le son aigu seul perçu quand l'intensité décroît : c'est cette alternative rapide dans l'audition successive des deux sons émis qui cause la dissonance.

La dissonance, comme l'avait déjà affirmé G. Urbain (1), n'est donc pas due aux battements; elle résulte d'un affaiblisemnt de la sensation tonale, fait également déjà pressenti par le même auteur (2).

B. Le phénomène relaté ci-dessus (A, 3°) s'explique ainsi : lors des maximums d'intensité, les surpressions dues aux deux sons tombent simultanément sur la même fibre auditive ; immédiatement après, chaque surpression due au son aigu parvient la première, et la surpression due au son grave, qui lui succède, tombant sur la période réfractaire de la fibre, n'est pas perçue. Les phénomènes sont inversés à l'autre extrémité de la période de modulation d'intensité. Il ne peut donc y avoir de sensation de dissonance que si une même fibre auditive est excitée simultanément par les deux sons émis.

On en conclut que, sous l'intensité réalisée (voisine du seuil inférieur), le champ tonal sélectif d'une fibre cochléaire est de 1,16 environ de part et d'autre de sa fréquence de pararésonance (3).

Il en résulte aussi que l'audition de tous les sons audibles, en fréquences et en intensités, ne nécessite que des fibres cochléaires dont les chronaxies s'échelonneraient de 2 à 0,1 millièmes de seconde, étant connu que, au-dessus de 900 p : s environ, une stimulation tournante (4) des fibres intervient.

C. Le caractère agréable ou désagréable des stimulations transmises par le VIII (nerf auditif) existe déjà pour un son simple et unique : il n'est agréable que si fréquence et intensité ne sont pas trop élevées. Les stimulations musicales du VIII déclenchent des réactions de natures variables selon le niveau des relais encéphaliques intéressés.

---

(1) *Le Tombeau d'Aristoxène*, *Essai sur la Musique*, Doin édit., Paris, 1924, p. 1.

(2) *Loc. cit.*, p. 77.

(3) A.-M. Monnier, *L'excitation électrique des tissus, Essai d'interprétation physique.* (*Thèse Fac. Sc.*, Paris, 1934.)

(4) S.-S. Stevens, et H. Davis, *Hearing*, John Wiley, édit., New-York. 1938, p. 401.

1° *Niveau bulbaire.* — Réactions exclusivement motrices (dynamogéniques), intéressant notamment les noyaux moteurs du IX, X, XI et XII ([5]).

2° *Niveau hypothalamique.* — Modifications de l'humeur ([6]) et réactions végétatives variées : pilo-érection, sueurs, tachy et brachycardies, phénomènes vaso-moteurs, frissonnement, etc.

3° *Niveau thalamique.* — Réactions sensitives complexes, réactions visuelles (audition colorée) et vestibulaires (états vertigineux).

4° *Niveau cortical.* — Représentations intellectuelles variées, dépendant de montages neurologiques, d'aiguillages et de métachronoses ([7]) (éducation musicale) liés à l'histoire du sujet, et qui ont tendance à se reproduire en chaîne (mémoire musicale).

L'ensemble de ces réactions complexes constitue la base explicative de tous les *éthos* (ou caractères esthétiques) de la musique : éthos de rythme, de modulation et d'harmonie. De ce point de vue, l'esthétique musicale n'est qu'un aspect, déjà assez fortement intégré dans le fonctionnement général du système nerveux, de la psycho-physiologie du VIII et de ses différents relais synaptiques encéphaliques.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la possibilité de ranimer le Rat adulte refroidi jusqu'à proximité du point de congélation.* Note de M. **Radoslav Andjus**, présentée par M. Paul Portier.

Le Rat adulte refroidi jusqu'à + 1° par l'effet combiné d'une atmosphère confinée et du froid, ne donne plus aucun signe de vie : la respiration est supprimée, le cœur a cessé de battre, les réflexes sont abolis. Grâce à une méthode de réchauffement partiel consistant à réchauffer d'abord le cœur seulement, puis la région du cou ensuite, on réussit à ranimer le sujet et à obtenir sa survie durable.

Il est acquis que l'on peut abaisser la température centrale de certains Mammifères jusqu'à 15° environ avec rétablissement ultérieur par réchauffement. Utilisant l'hypoxie produite par une raréfaction de l'atmosphère, Giaja ([1]) a ainsi refroidi, sans emploi de température trop basse, le Rat, le Chien, le Lapin et le Chat, ranimés ensuite par réchauffement artificiel. Nous employons à l'Institut de Physiologie de l'Université de Belgrade, couramment en physiologie opératoire, cette méthode d' « anesthésie

---

([5]) R. Husson, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1247.

([6]) J. Delay, *Les Dérèglements de l'Humeur*, Presses Univ. de France, Paris, 1946.

([7]) L. Lapicque, *La Machine Nerveuse*, Flammarion, Paris, 1942; Marcelle Lapicque, *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1923, p. 46; 105, 1930, p. 848; 107, 1931, p. 481; Marcelle Lapicque et F. Wahl, *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 136.

([1]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 80; *Académie royale serbe*, Glas, 188, 1941, p. 133.

physique » par le froid qui présente de réels avantages sur l' « anesthésie chimique » (dans l'hypophysectomie du Rat notamment) ([2]).

Tandis que les animaux nouveau-nés peuvent supporter des températures proches de celle de la congélation (Synitzin, Adolph, etc.), on admet que le Rat adulte ne peut être ranimé si sa température est abaissée au-dessous de 15°. A ce sujet, Adolph ([3]), à la suite d'autres auteurs, concluait récemment que cette température est la limite léthale d'hypothermie.

Notre procédé de refroidissement des homéothermes consiste à exposer l'animal à la fois à l'hypoxie progressive et à l'effet de l'accumulation du gaz carbonique, ce que l'on réalise en confinant l'animal dans un espace limité. La température ambiante étant au-dessous de 15°, au bout de 2 h environ, la température du Rat confiné tombe à 20°, avec état léthargique. On continue de refroidir le Rat en le recouvrant, à l'air libre, de glace pilée. Dans ces conditions, la respiration cesse lorsque la température centrale est tombée au-dessous de 9°, tandis que le cœur ne cesse de battre qu'à 6° environ. La température est prise profondément (7 cm) dans le rectum, les mouvements du cœur et de la respiration sont enregistrés graphiquement. Nous avons ainsi abaissé la température de nos rats jusqu'à + 1°. Réchauffant le corps entier de ces animaux tout en pratiquant la respiration artificielle, on ne réussit pas à les rappeler à la vie. Tout autre est le résultat si l'on procède au réchauffement partiel, de la manière suivante. On réchauffe d'abord le cœur seulement en appliquant à plusieurs reprises sur la peau mouillée, dans la région cardiaque, l'extrémité aplatie d'une sonde métallique cannelée chauffée à la flamme. Les pulsations cardiaques ne manquent jamais d'apparaître dans ces conditions. Pour assurer l'hématose on produit une ventilation des poumons à l'aide d'une petite poire en caoutchouc appliquée contre les narines de l'animal. Lorsque le nombre des pulsations du cœur a atteint environ 50 par minute, on procède au réveil de la respiration. La température rectale ayant atteint à ce moment, sous l'effet du réchauffement extérieur, 10° environ, on réchauffe le cou en l'arrosant d'eau à 40-50°. De temps en temps, on peut faire alterner avec l'insufflation d'air dans les poumons un jet de gaz carbonique provenant directement de l'obus. De plus, on comprime de temps à autre la cage thoracique. Lorsque la température rectale a atteint 15° environ, on voit les mouvements respiratoires spontanés apparaître à leur tour. La respiration et les mouvements du cœur ayant pris une allure régulière, on procède enfin au réchauffement de tout le corps par de l'eau chaude jusqu'à ce que la température du rectum atteigne 30°. Bientôt après le rat se remet titubant sur ses pattes.

([2]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1170.

([3]) *Am. J. Physiol.*, **155**, 1948, p. 378.

Par cette méthode que nous venons de décrire succinctement, nous avons d'abord réussi à ranimer des rats qui avaient été refroidis à 7-9° et qui ont survécu définitivement. On ranime aussi régulièrement les rats refroidis à + 1°, mais la survie n'est, en général, que de quelques jours tout au plus. Toutefois, dans certains cas, il y a rétablissement complet et survie définitive à cette épreuve de refroidissement à + 1° avec cessation de la respiration durant près d'une heure suivie de l'arrêt du cœur. Même après une heure et demie d'arrêt du cœur et de la respiration, nous avons réussi à ranimer les rats refroidis à + 1° par la méthode que nous venons d'exposer.

Si ce procédé de réchauffement partiel réussit lorsque le réchauffement simultané de tout le corps reste sans résultat, cela tient, il nous semble, à ce qu'on permet au cœur et au mécanisme de la respiration de prendre de l'avance sur l'organisme dont les échanges sont nuls à l'état refroidi et de pouvoir faire face aux exigences de l'organisme réchauffé.

PHYSIOLOGIE. — *L'absorption du calcium chez le Rat adulte.* I. *Influence de la teneur du régime en calcium.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

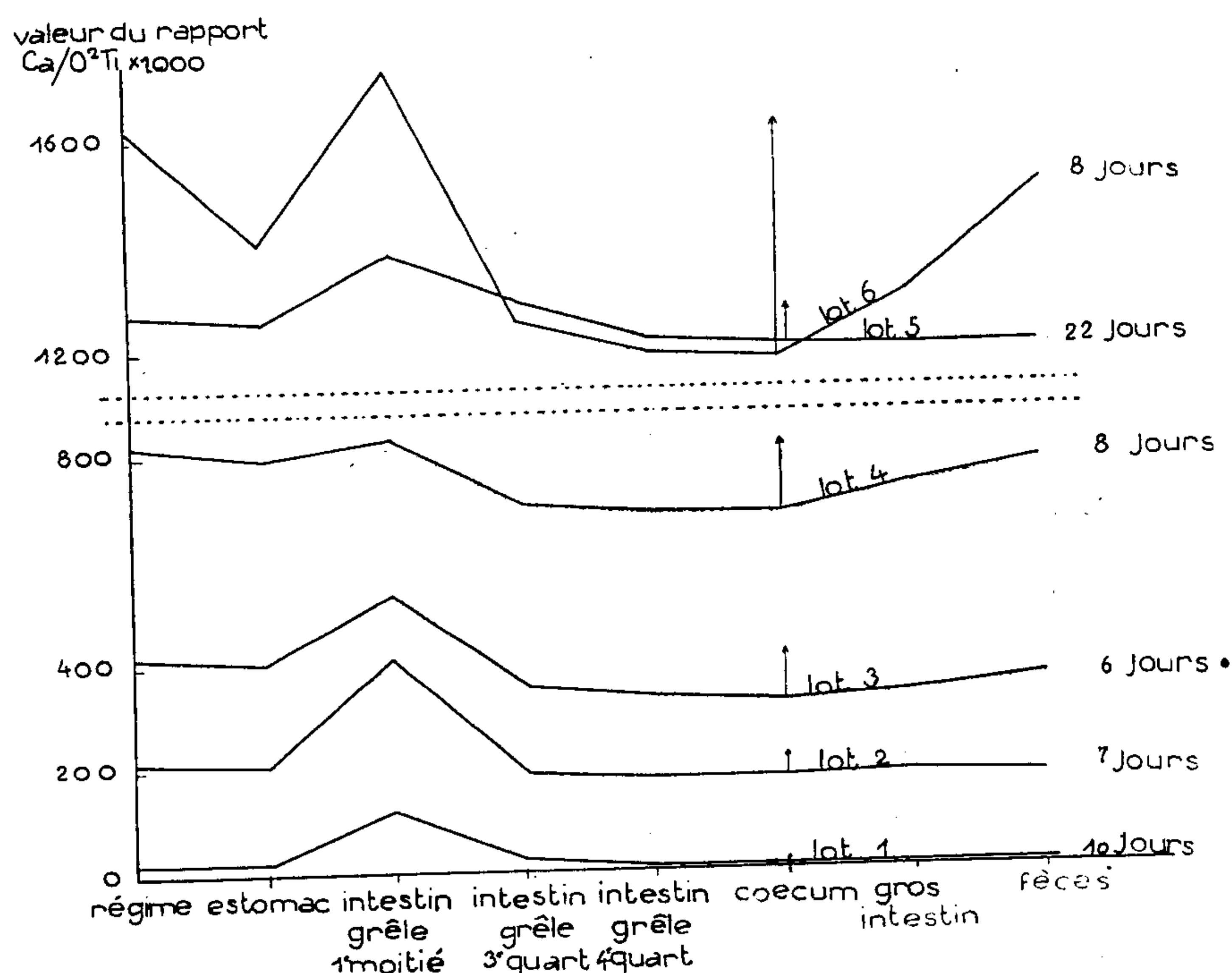
Dans une Note précédente, relative au sort du Ca dans les diverses parties du tube digestif du Rat adulte en bilan calcique équilibré, nous avons montré l'existence au niveau du cœcum d'une concentration minimum du contenu intestinal en Ca, concentration permettant de mesurer le taux réel de l'absorption ([1]). Au moyen de la méthode exposée antérieurement ([2]), nous nous proposons de rechercher comment varie le taux de l'absorption du Ca en fonction de la teneur du régime en cet élément.

Des rats albinos mâles adultes de 7 mois, pesant entre 280 et 310 g, sont répartis en divers lots de 4 animaux et reçoivent, à raison de 18 g par jour, des régimes différant par leur teneur en Ca. Le régime de base utilisé à la composition centésimale suivante : caséine purifiée, 18; amidon purifié, 71 ; graisse de beurre, 6; mélange salin, 2; $O_2Ti$, 1; mélange vitaminique, 1; gélose purifiée, 1. Les mélanges salin et vitaminique ont été décrits précédemment ([1]). Par le remplacement d'une petite proportion d'amidon par un poids convenable de $CO_3Ca$ on obtient des régimes renfermant pour 100 g : 20 mg de Ca pour le régime du lot 1; 220 mg pour le lot 2; 420 mg pour le lot 3; 820 mg pour le lot 4; 1270 mg pour le lot 5; 1620 mg pour le lot 6. De plus tous les quatre jours, les rats reçoivent deux gouttes d'huile de foie de morue.

L'établissement des bilans permet de juger du moment où les rats sont en équilibre calcique. Ils sont sacrifiés dans des conditions identiques,

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1556-1558.
([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1343-1345.

et le contenu de chacune des portions du tube digestif est prélevé séparément et analysé. Le Ca et l'oxyde de titane sont dosés, et le rapport $Ca/O_2Ti$ calculé. Les courbes du graphique indiquent, pour chacun des six lots, la moyenne des variations de ce rapport en fonction du lieu d'origine des prélèvements. Sur ces courbes, nous avons tracé, au niveau du cœcum, une flèche dont la longueur traduit, pour chacun des lots, la grandeur de l'absorption intestinale de Ca.




L'examen du graphique montre que les courbes de concentration aux divers niveaux du tube digestif présentent l'aspect général précédemment décrit [1]. Par rapport à la concentration initiale du régime en Ca on constate : une constance relative dans l'estomac, un accroissement endogène dans la première moitié de l'intestin grêle, une valeur minimum au niveau du cœcum, et, parfois, un accroissement endogène dans le gros intestin. En fait cette description ne s'applique entièrement qu'aux lots 3 et 4 où, pour un temps d'action du régime compris entre 6 et 8 jours, les quantités de Ca ingéré sont moyennes. Pour des temps d'expérience comparables, compris entre 6 et 10 jours, on remarque que la grandeur des flèches des courbes 1, 2, 3, 4 et 6 croît en même temps que la teneur du régime en Ca. Ce qui signifie que la quantité de Ca absorbée est d'autant plus grande que la quantité ingérée est elle-même plus grande. Mais il n'y a pas proportionnalité entre l'ingestion et l'absorption. De plus, l'examen détaillé des courbes révèle des particularités

intéressantes. Lorsque la quantité de Ca ingéré est très grande (lot 6) la quantité de Ca absorbé est relativement très considérable, suivie de l'élimination d'une grande quantité de Ca endogène au niveau du gros intestin. Il existe aussi, dans ce cas, une forte absorption dès l'estomac, phénomène que l'on rencontre constamment chez les animaux en voie de croissance ([3]). Tous ces faits semblent indiquer que pour une très forte teneur du régime en Ca, la durée d'expérience est trop faible pour que l'organisme se mette en équilibre réel avec son milieu intestinal, malgré l'équilibre apparent du bilan. Ces constatations nous ont incité à prolonger la durée d'expérience du lot 5. Quand la quantité de Ca ingéré est faible (lot 1 et 2), ou lorsque la durée d'action du régime est longue (22 jours pour le lot 5), les courbes présentent, dès la fin de l'intestin grêle, une horizontalité qui semble indiquer que l'équilibre entre l'organisme et son milieu intestinal est atteint. Dans ce cas l'absorption intestinale est relativement faible et n'est suivie d'aucune excrétion endogène dans le gros intestin.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Sur la répartition de l'éthanol,* in vivo *et* in vitro, *entre les globules rouges et le plasma sanguin, chez le Chien.* Note de MM. **Michel Polonovski, Bernard A. Lindenberg** et Mlle **Henriette Rabussier**, présentée par M. Léon Binet.

Chez le Chien, comme chez tous les animaux homéoosmotiques aquatiques (Poisson, Grenouille), l'ingestion d'alcool détermine une concentration dans le muscle, rapportée à l'eau de ce tissu, constamment inférieure au taux alcoolique de l'eau du plasma sanguin. Il était intéressant de rechercher comment, à l'intérieur même du milieu sanguin, l'éthanol se répartissait entre l'eau du plasma et l'eau des érythrocytes, étant donné certaines interprétations du rapport chloré érythroplasmatique, qui se sont dernièrement fait jour, faisant appel à la notion d'une eau « liée », ou plutôt « imperméable aux ions chlore » dans les globules et non dans le plasma. Si l'inégalité de répartition des ions chlore entre les globules et le plasma tenait à une différence de teneur en eau solvante, nous devrions la retrouver dans nos expériences avec l'éthanol.

Le sang, prélevé par ponction veineuse à un membre inférieur, est recueilli dans un tube à centrifugation contenant l'anticoagulant, dont le contact avec le sang est assuré par agitation continue avec une baguette de verre. La prise terminée, une partie du sang est immédiatement centrifugée (15 minutes à 6400 tours par minute), une autre est conservée sous agitation modérée pendant 4 heures, à la température du laboratoire, avant d'être centrifugée. Le volume globulaire fut chaque fois déterminé à l'hématocrite avant centrifugation. Le dosage (chromométrique) de l'éthanol est pratiqué sur les distillats du sang

([3]) L. Randoin, H. Susbielle et P. Fournier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 553.

total et du plasma séparé, les quantités d'alcool trouvées (dont on retranche le témoin des distillats sanguins provenant du même animal avant l'administration de l'alcool) étant rapportées à l'eau de ces liquides, déterminée par dessiccation à 105°.

Le tableau suivant résume les expériences effectuées sur quatre chiens, auxquels on a fait ingérer à la sonde, de 100 à 200cm³ d'une solution aqueuse d'éthanol à 15%.

| Chien. | Intervalle entre l'ingestion d'alcool et la prise de sang (h). | Durée de l'agitation *in vitro* (h). | mg. d'alcool par g. d'eau dans globules (G). | mg. d'alcool par g. d'eau dans plasma (P). | Alcool G / Alcool P. | Volume globulaire à l'Hématocrite (%). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sang fluoré (F Na à raison de 4 pour 1000 environ). | | | | |
| I. (11 kg) | 1/4 | 0 | 1,34 | 1,40 | 0,96 | 41,5 |
| | | 4 | 1,44 | 1,354 | 1,06 | 45,5 |
| | 1/2 | 0 | 0,674 | 0,707 | 0,95 | 41 |
| | | 4 | 0,717 | 0,706 | 1,02 | 46 |
| | 1 | 0 | 1,62 | 1,65 | 0,99 | 41,5 |
| | | 4 | 1,73 | 1,65 | 1,05 | 46 |
| | 2 | 0 | 1,44 | 1,49 | 0,97 | 42 |
| | | 4 | 1,53 | 1,44 | 1,06 | 47 |
| II. (13 kg) | 1/2 | 0 | 1,53 | 1,61 | 0,95 | 33 |
| | | 4 | 1,66 | 1,58 | 1,05 | 38 |
| | 1 | 0 | 1,93 | 2,02 | 0,955 | 28,5 |
| | | 4 | 2,01 | 1,96 | 1,025 | 34 |
| III. (16 kg) | 1/2 | 0 | 0,695 | 0,704 | 0,99 | 32,5 |
| | | 4 | 0,718 | 0,687 | 1,05 | 35 |
| | 1 | 0 | 1,06 | 1,09 | 0,97 | 33 |
| | | 4 | 1,22 | 1,15 | 1,06 | 35 |
| IV. [Chienne (31 kg)] | 1 | 0 | 1,63 | 1,56 | 1,04 | 38 |
| | | 4 | 1,605 | 1,54 | 1,04 | 42 |
| | 1 | 0 | 1,57 | 1,54 | 1,02 | 38,5 |
| | | 4 | 1,64 | 1,53 | 1,07 | 40 |
| | | Sang hépariné à raison de 0,2 pour 1000 environ. | | | | |
| | 1 | 0 | 1,99 | 2,075 | 0,955 | 48,5 |
| | | 4 | 2,174 | 2,006 | 1,08 | 49 |
| | 1 | 0 | 1,64 | 1,613 | 1,02 | 51 |
| | | 4 | 1,576 | 1,542 | 1,02 | 51 |
| | 1 | 0 | 1,782 | 1,834 | 0,97 | 50,5 |
| | | 4 | 1,858 | 1,807 | 1,025 | 50,5 |
| | 1 | 0 | 2,121 | 2,201 | 0,96 | 51 |
| | | 4 | 2,258 | 2,19 | 1,03 | 52 |
| | 1 | 0 | 1,929 | 1,908 | 1,01 | 49 |
| | | 4 | 1,937 | 1,892 | 1,02 | 49 |
| | 1 | 0 | 1,923 | 1,896 | 1,01 | 49 |
| | | 4 | 1,913 | 1,891 | 1,01 | 50 |

L'examen des résultats rapportés fait d'abord ressortir la rapidité avec laquelle l'éthanol se répartit entre le plasma sanguin et les érythrocytes dans le sang circulant, le rapport Alcool G/Alcool P étant le même, 15 ou 120 mn après l'ingestion de l'alcool par l'animal.

La valeur du rapport Alcool G/Alcool P est *proche de l'unité*, aussi bien dans le sang centrifugé immédiatement après le prélèvement que dans le sang, secondairement agité *in vitro*, pendant 4 h, quels que soient l'anticoagulant utilisé et le volume globulaire initial,

La légère augmentation de valeur du rapport initial au bout de 4 h d'agitation, bien que fréquemment rencontrée, n'est ni constante ni suffisamment significative pour que nous en déduisions dès maintenant quelque interprétation.

Mais, de toute évidence, les résultats de répartition de l'éthanol écartent toute théorie fondée sur l'existence d'une eau non solvante en proportion notablement plus grande dans les globules rouges que dans le plasma sanguin, auquel cas le rapport Éthanol G/Éthanol P aurait dû accuser une valeur constamment et fortement inférieure à l'unité.

CYTOLOGIE. — *Sur une différence de texture des axones dans les fibres nerveuses myéliniques et amyéliniques, révélée par le microscope électronique.* Note de MM. Charles-Albert Baud et Émile Pernoux, transmise par M. Albert Policard.

Les microphotographies électroniques montrent dans les fibres myéliniques d'axolotl un réseau lâche de protofibrilles nerveuses et dans les fibres amyéliniques un réseau protofibrillaire serré. Cette disposition explique les différences de comportement de ces fibres par les méthodes argentiques.

Les fibres nerveuses myéliniques et amyéliniques, imprégnées par l'argent selon une technique appropriée, apparaissent dans les préparations histologiques avec des teintes différentes; J. A. Baumann (¹) a montré que les fibres sensitives et motrices sont noires, tandis que les fibres sympathiques postganglionnaires sont brun clair. Cette différence est indépendante du diamètre des fibres; A. Weber (²) a émis l'hypothèse que les espaces libres doivent être plus larges dans les axones des fibres myélinisées, et peuvent admettre par conséquent une plus grande quantité de grains d'argent.

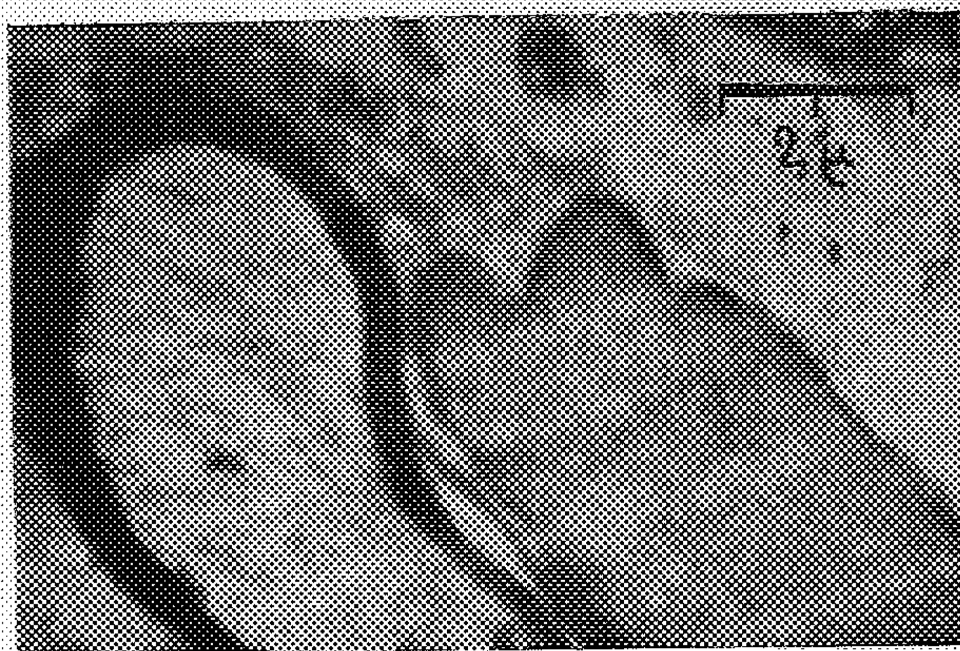
Au cours d'études sur le dichroïsme des fibres nerveuses ainsi imprégnées, C. A. Baud (³) a observé que les fibres les plus pâles sont aussi les plus

(¹) *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, 58, 1941, p. 74.
(²) *Rev. méd. Suisse rom.*, 66, 1946, p. 861.
(³) *Acta Anat.*, 4, 1947, p. 44; *Bull. Hist. Appl.*, 25, 1948, p. 14.

dichroïques, ce qui laisse à supposer que les espaces intermicellaires y sont plus étroits.

Enfin, A. Engström et H. Lüthy ([4]), utilisant leur technique d'absorption des rayons X, ont montré que les axones des fibres amyéliniques ont une masse plus grande par micron cube que ceux des fibres myélinisées et supposent que les éléments constitutifs y sont peut-être disposés en assemblage plus compact.

Nous avons tenté d'obtenir une preuve directe de l'existence d'une différence de texture des fibres myéliniques et amyéliniques, par l'examen au microscope électronique. La larve âgée d'Axolotl, qui possède des fibres amyéliniques de gros calibre et colorables en brun clair par l'argent, constitue un matériel d'observation favorable. Des fragments de nerf sciatique sont fixés par l'acide osmique à 2 % pendant quarante huit heures à la glacière, progressivement déshydratés, puis inclus dans la celloïdine-paraffine, coupés en série à 0,1 μ d'épaisseur, et les coupes montées sur film de collodion suivant la technique décrite antérieurement par C. A. Baud ([5]).




Coupe oblique du nerf sciatique chez une larve âgée d'Axolotl.
*A gauche*, fibre myélinisée. *A droite*, fibre amyélinique. Micrographie électronique, 7700 ×.

L'examen au microscope électronique (appareil Trüb-Täuber de l'Institut de Physique de l'Université de Lyon) montre immédiatement que les fibres avec et sans myéline sont très différentes. Les premières, à condition qu'elles soient correctement fixées et montées, apparaissent avec une gaine de myéline dense, homogène, régulière et relativement mince; leur axone contient des protofibrilles assez peu nombreuses et séparées par de larges espaces. Au contraire, les fibres amyéliniques représentent un feutrage très serré de protofibrilles, donnant au cylindraxe une texture dense avec des espaces réduits.

([4]) *Exper. Cell. Res.*, **1**, 1950, p. 81.
([5]) *Acta Anat.*, **10**, 1950, p. 461.

L'image présentée (*fig.* 1) fait apparaître ces différences mieux que toute description.

Donc les fibres nerveuses myéliniques présentent une grande différence d'aspect inframicroscopique de leur axone : texture compacte dans les fibres amyéliniques, lâche dans les fibres myéliniques, comme permettaient de le supposer les observations par les procédés indirects. Les protofibrilles elles-mêmes semblent peu différentes dans les deux cas; celles des fibres amyéliniques sont peut-être de diamètre légèrement supérieur, fait qui a déjà été noté par F. O. Schmitt et B. B. Geren (6) dans le cas des préparations par dissociation de fibres sympathiques humaines.

EMBRYOLOGIE. — *La couche enveloppante du blastoderme de Salmo. Son rôle dans la mécanique embryonnaire.* Note de M. **Charles Devillers**, présentée par M. Louis Fage.

Les forces responsables de l'épibolie gastruléenne se répartissent en deux groupes localisés, d'une part dans le syncytium vitellin et d'autre part dans l'ensemble superficiel constitué par le germe et la pellicule périvitelline qui lui est attachée. Ce second système joue le rôle moteur principal (1).

De nouvelles recherches permettent de préciser la nature et l'importance des forces figurées dans mon schéma de 1950 : la force pelliculaire est une contraction active et non une rétraction élastique, passive; à elle seule, elle ne peut forcer l'ouverture de l'anneau syncytial périphérique :

Un œuf au stade morula, blastula ou gastrula est privé de son blastodisque; le syncytium se contracte, entraînant la pellicule qui, finalement, recouvre toute la surface de la sphère vitelline; l'œuf peut vivre ainsi plusieurs jours en eau courante, mais ne manifeste aucun symptôme d'épibolie, pas plus dans sa pellicule que dans son syncytium.

La présence du germe (cellularisé) est nécessaire à la réalisation des mouvements épiboliques. On peut démontrer que dans cet étalement autonome du blastodisque l'ensemble des blastomères profonds ne joue qu'un rôle effacé. L'activité épibolique maxima revient à la couche enveloppante du germe, dont le revêtement superficiel possède toutes les propriétés du « coat » de l'œuf des Amphibiens (2).

En grattant la totalité de la couche enveloppante d'une morula, on obtient un germe formé uniquement de blastomères profonds; par contraction la pellicule périvitelline vient recouvrir la surface mise à nu. Un tel blastodisque, contracté, ne subit pas d'épibolie, ni probablement d'invagination gastruléenne.

---

(6) *J. exper. Med.*, 91, 1950, p 499.

(1) Devillers, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2232.

(2) Holtfreter, *J. exp. Zool.*, 95, 1943, p. 251-323; Devillers, *Ann. St. Centr. Hydrobiol. appl.*, 2, 1948, p. 229-249.

Inversement, on peut réaliser expérimentalement, ou rencontrer à l'état naturel, des germes composés surtout de leur couche enveloppante et seulement d'une faible quantité de blastomères profonds. L'épibolie s'effectue normalement jusqu'à fermeture du blastopore; mais il ne se différencie pas d'embryon.

Sur des œufs élevés dans de l'eau appauvrie en oxygène la masse des blastomères profonds demeure contractée tandis que seule la couche enveloppante manifeste un début d'étalement. Ces conditions défavorables, par contre, ne troublent pas l'invagination; le matériel marginal se met en place et édifie un embryon ramassé, saillant à la surface d'un blastoderme de diamètre réduit (Steckengebliebene de Luther) (3).

Enfin des recherches portant sur le pouvoir de régulation de l'œuf permettent, incidemment, d'assigner à la moitié extra-embryonnaire le maximum d'activité épibolique :

Dans une première série d'expériences la moitié embryonnaire d'une blastula ou d'une gastrula est excisée et remplacée par la moitié extra-embryonnaire d'un autre germe du même âge; dans la seconde série, une zone embryonnaire est mise à la place de la moitié extra-embryonnaire. Au bout de 3, 4 jours on constate que l'étalement des germes uniquement extra-embryonnaires de première catégorie est le même que celui observé dans des œufs normaux témoins, tandis que le diamètre des disques, embryonnaires, de la seconde série est plus petit d'un tiers environ.

Dans l'aire embryonnaire l'épibolie est donc moins forte mais aussi se déclenche plus tard que dans la zone extra-embryonnaire.

En conclusion, la force qui provoque l'épibolie gastruléenne chez la Truite réside principalement dans le blastodisque; les forces localisées dans les structures annexes de l'œuf (pellicule et syncytium) ne jouant qu'un rôle secondaire. Plus précisément c'est à la couche enveloppante, surtout dans la zone neuro-ectoblastique, que revient le maximum d'activité épibolique.

GÉNÉTIQUE. — *Caractéristiques différentielles de trois souches de Drosophiles à tumeurs* (Drosophila melanogaster Meig.). Note de M. **Sabbas Ghelelovitch**, présentée par M. Émile Roubaud.

Trois souches de Drosophiles possédant le même gène majeur qui détermine le caractère tumeur mélanique, diffèrent par la pénétrance de ce caractère, aussi bien en lignée pure que dans les croisements avec d'autres souches sans tumeurs. Elles diffèrent également par le moment de l'apparition des tumeurs. Une pénétrance plus grande coïncide avec l'apparition plus précoce du caractère.

Dans une Note antérieure (1) j'ai décrit une nouvelle tumeur héréditaire de la Drosophile. Je possède actuellement trois souches de mouches

(3) Luther, *Biol. Zbl.*, 55, 1935, p. 114-137.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1950, p. 1002.

avec tumeurs. Ces souches sont de constitutions génétiques différentes. Une de ces souches, désignée souche 5, est de type sauvage. Elle a été isolée et sélectionnée pour la tumeur à partir de la culture dans laquelle ce caractère était apparu. Les deux autres souches : *cl tu* et *tu vg bw*, ont été obtenues par introduction du gène *tu* (tumeur) dans les souches *cl* et *b vg bw*.

Le comportement de ces trois souches, quant à la manifestation de la tumeur, est différent. Tandis que toutes les mouches de la souche *tu vg bw* présentent la tumeur, un certain nombre (5 à 10 %) des individus des souches *cl tu* et 5 sont exempts de tumeurs.

Cependant, ces individus, apparemment sains, croisés entre eux, donnent la même proportion de descendants avec tumeurs que celle que l'on observe dans la descendance des individus porteurs de tumeurs et appartenant aux mêmes souches.

Par conséquent, la pénétrance incomplète du caractère tumeur dans ces souches ne peut être attribuée au manque d'homogénéité génétique, mais est due plutôt à la sensibilité du caractère aux conditions du milieu agissant au cours du développement et déterminant ainsi une certaine variabilité phénotypique.

Cette constatation n'est, du reste, pas nouvelle; à peu près toutes les souches de Drosophiles à tumeurs, étudiées jusqu'ici, manifestent une pénétrance incomplète du caractère. C'est notre souche *tu vg bw*, avec sa pénétrance absolue, qui présenterait plutôt une exception à cet égard.

Nos trois souches se comportent aussi d'une manière différente dans les croisements avec les souches sans tumeurs. Ici encore, on observe une proportion beaucoup plus forte d'individus avec tumeurs, dans les F 1 issues des croisements avec la souche *tu vg bw*, que dans les F 1 des croisements avec les souches 5 et *cl tu*.

Pour donner un exemple, je citerai les résultats obtenus dans les croisements avec la souche 8.

La souche 8 est une souche *ebony* qui tire son origine du même croisement que la souche 5, mais elle a été sélectionnée dans le sens contraire et ne présente jamais de tumeurs, ni à l'état pur, ni dans les croisements avec les souches sans tumeur.

Elle ne contient, par conséquent, pas de gène majeur pour la tumeur, mais peut, par contre, contenir des gènes modificateurs. En effet, la F 1 des croisements entre cette souche et les souches *tu* donne toujours une certaine proportion d'individus à tumeurs.

Les chiffres obtenus en additionnant les résultats de plusieurs expériences sont les suivants :

| Parents. | Phénotypes des descendants. | |
|---|---|---|
| 8 et 5 | 1045 sans tumeur (+) | 142 avec tumeur (*tu*) |
| 8 et *cl tu* | 312 » | 59 » |
| 8 et *tu vg bw* | 101 » | 540 » |

Ce résultat global exprime bien une différence réelle, car quoique la variabilité des résultats des différents croisements du même type soit assez grande, ce qui s'explique facilement par la sensibilité du caractère aux conditions du milieu, néanmoins la prédominance des individus + dans les croisements avec les souches 5 et *cl tu* et la prédominance des individus *tu*, dans les croisements avec la souche *tu vg bw*, est constante.

Les chiffres empruntés aux quatre croisements différents ♀ 8 × ♂ 5 peuvent donner une idée de la variabilité des résultats.

| Croisement. | Descendants. | |
|---|---|---|
| I | 30 (+) | 5 (*tu*) |
| II | 167 (+) | 34 (*tu*) |
| III | 164 (+) | 41 (*tu*) |
| IV | 228 (+) | 34 (*tu*) |

Le test d'homogénéité donne un $\chi 2 = 13,56$ avec 3 degrés de liberté.

En plus de la pénétrance différente du caractère dans les trois souches pures étudiées et dans les F 1 de leurs croisements avec les souches sans tumeurs, le moment de l'apparition des tumeurs mélaniques visibles sur le vivant n'est pas le même pour les trois souches.

Chez presque tous les individus de la souche *tu vg bw*, la tumeur devient déjà visible chez les larves du dernier stade, quelques heures avant la pupaison; dans la souche 5, les tumeurs ne deviennent souvent apparentes que chez les larves qui ont cessé de se nourrir; enfin, dans la souche *cl tu*, les tumeurs n'apparaissent, dans la plupart des cas, que quelques heures après la formation du puparium.

On voit donc que le caractère tumeur des trois souches étudiées dans cette Note, diffère par plusieurs particularités. Pourtant, le gène majeur responsable de ce caractère doit être le même pour les trois souches, car, dans les souches *cl tu* et *tu vg bw*, il a la même origine que celui de la souche 5.

A moins de supposer une mutation du gène *tu*, survenue après la constitution des souches *cl tu* et *tu vg bw*, éventualité très peu probable, il faut admettre que les différences entre les souches sont dues aux différences des complexes de modificateurs existant dans ces souches.

Il est intéressant de noter, en outre, que, dans ce cas, l'influence des modificateurs sur la pénétrance du caractère semble aller de pair avec leur influence sur le moment de sa manifestation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Modifications biochimiques au cours du développement des bactériophages chez une bactérie lysogène* ([1]). Note (*) de M. **Louis Siminovitch** et M[me] **Sarah Rapkine**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'induction de la production de bactériophages chez une souche lysogène de *Bacillus megatherium* ne supprime pas la croissance bactérienne. Au cours de la période latente, il y a augmentation de la respiration et synthèse d'acide ribonucléique. La synthèse de l'acide désoxyribonucléique est totalement inhibée durant la première période de la phase latente.

Les phénomènes biochimiques accompagnant le développement des bactériophages ont été jusqu'ici étudiés presque exclusivement avec *Escherichia coli* et des bactériophages du type $T^2$—$T^4$; l'infection entraîne l'arrêt de la croissance bactérienne ([2]) et de la synthèse de l'acide ribonucléique ([3]), et empêche l'adaptation enzymatique ([4]). La respiration reste constante jusqu'à la lyse ([2]), ([4]). La synthèse de l'acide désoxyribonucléique, totalement bloquée pendant quelques minutes, repart ensuite à une vitesse accélérée ([3]).

On sait que chez les souches lysogènes de *Bacillus megatherium* le développement du bactériophage peut être induit sous l'effet d'une irradiation ultra-violette ([5]). Après l'induction, durant la période latente qui précède la lyse, la croissance bactérienne continue à taux réduit. Quelles sont les modifications biochimiques qui se produisent au cours de cette croissance bactérienne qui représente jusqu'ici un phénomène assez caractéristique des espèces lysogènes ? Qu'advient-il en particulier de la respiration et des acides ribo- et désoxyribonucléiques?

Pour la mesure de la respiration, des suspensions de bactéries « induites » (irradiation de 1000 ergs : $mm^2$) ont été pipetées dans des fioles manométriques de Warburg. Les unes sont utilisées pour la mesure de la consommation d'oxygène, les autres pour les mesures de la densité optique. On voit (*fig.* 1) que la consommation d'oxygène suit la courbe de densité optique.

---

(*) Séance du 9 avril 1951.

([1]) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

([2]) S. S. Cohen et T. F. Anderson, *J. exp. Med.*, 84, 1946, p. 511; S. S. Cohen, *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 12, 1947, p. 35.

([3]) S. S. Cohen, *J. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 281.

([4]) J. Monod et E. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 937.

([5]) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815.

L'acide ribonucléique (ARN) a été dosé par la technique de Mejbaum ([6]) sur des bactéries centrifugées à froid, lavées, puis extraites à chaud par l'acide trichloracétique ([7]). La courbe d'ARN (*fig.* 2) suit la courbe de croissance tout comme la courbe de respiration.

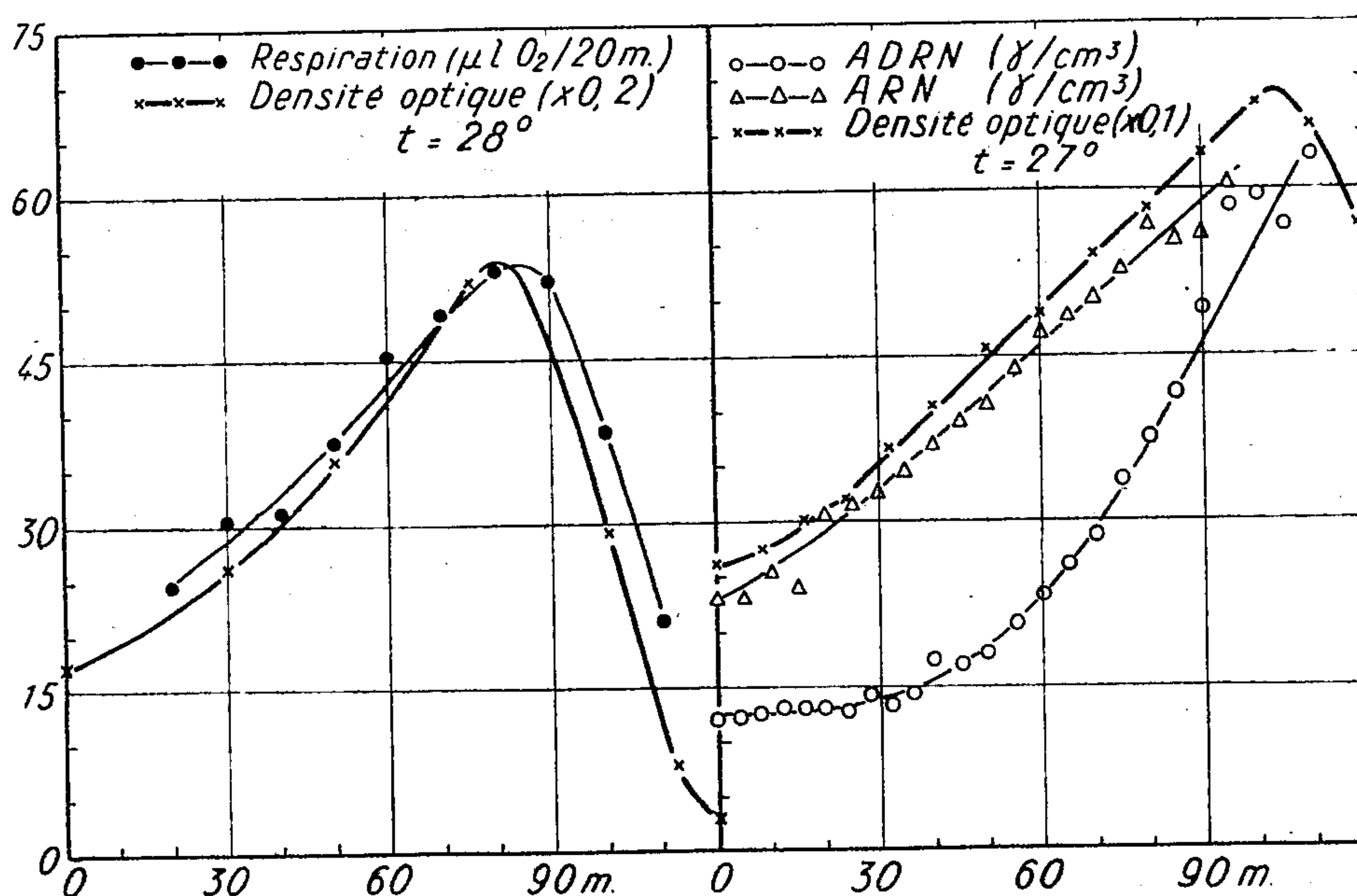



Fig. 1. Fig. 2.

Enfin, l'acide désoxyribonucléique (ADRN) a été dosé par la méthode de Stumpf ([8]) après extraction par l'acide trichloracétique ([7]). On voit (*fig.* 2) que durant 25 à 30 minutes la quantité d'ADRN reste constante. Il y a ensuite augmentation de la teneur en ADRN à une vitesse notablement supérieure à la vitesse de croissance bactérienne. Dix autres expériences ont fourni des résultats similaires.

Nous sommes maintenant en mesure de comparer le déroulement des phénomènes chez *B. megatherium* lysogène induit et chez *E. coli* infecté. Le choc inducteur aussi bien que l'infection entraînent l'arrêt de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique, arrêt suivi, après une période latente, d'une synthèse rapide. Mais chez *B. megatherium* induit, contrairement à ce qui se passe chez *E. coli* infecté, la croissance bactérienne continue, la respiration augmente et il y a synthèse d'acide ribonucléique.

Parmi les souches lysogènes, *B. megatherium* n'est pas le seul à présenter

---

([6]) *Z. Physiol. Chem.*, 258, 1939, p. 117.
([7]) W. C. Schneider, *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 293.
([8]) *J. Biol. Chem.*, 169, 1947, p. 367.

une croissance après l'induction. Celle-ci existe aussi chez *Pseudomonas pyocyanea* ([9]), *Staphylococcus aureus* ([10]) et *Escherichia coli* K 12 ([11]). Chez *P. pyocyanea* ([12]) aussi bien que chez *E. coli* K 12 ([13]), il peut y avoir adaptation enzymatique au cours de la période latente donc synthèse de protéines spécifiques.

Le développement des bactériophages chez *B. megatherium* lysogène ne supprime ni la croissance bactérienne, ni la synthèse du système respiratoire, ni celle de l'acide ribonucléique; il ne supprime pas non plus, chez les autres espèces lysogènes étudiées, l'adaptation enzymatique. Le développement des bactériophages est donc parfois compatible avec certaines synthèses. Mais aussi bien chez *B. megatherium* induit que chez *E. coli* infecté le stade préparatoire au développement du bactériophage se marque par un blocage complet de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique bactérien.

L'étude du *B. megatherium* lysogène permet donc de mettre en évidence une interférence du bactériophage avec le système responsable de cette synthèse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Suppression expérimentale de la croissance des bactéries au cours du développement du bactériophage chez* Pseudomonas pyocyanea ([1]). Note ([*]) de M. **François Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On peut supprimer la croissance de *P. pyocyanea* pendant le développement du bactériophage aussi bien chez les souches lysogènes « induites » que chez les souches sensibles infectées, en limitant l'aliment carboné. On peut ainsi calculer la quantité de glucose nécessaire au développement du bactériophage chez *P. pyocyanea*.

On sait que *Bacillus megatherium*, *Pseudomonas pyocyanea* et *Staphylococcus aureus* continuent à croître durant la période latente précédant la lyse phagique, ceci aussi bien pour les souches sensibles infectées par le bactériophage que pour les souches lysogènes après induction par les rayons ultraviolets ([2]), ([3]). Par contre, dans les systèmes classiques du type

---

([9]) F. Jacob, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1585.
([10]) F. Jacob, Communication personnelle.
([11]) J. Weigle et M. Delbruck, Communication personnelle.
([12]) F. Jacob, Communication personnelle.
([13]) L. Siminovitch et F. Jacob, Résultats inédits.

([*]) Séance du 9 avril 1951.

([1]) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

([2]) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815-858.

([3]) F. Jacob, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1585-1587.

*E. coli* B-bactériophages $T_2$, l'inhibition de la croissance est totale. Nous nous sommes proposé de déterminer les conditions dans lesquelles on obtiendrait l'inhibition complète pour les souches lysogènes.

A partir de la souche sensible de *P. pyocyanea* 13 nous avons obtenu un mutant résistant lysogène 13/8 A qui, après induction, libère environ 100 bactériophages par bactérie.

Les souches 13 et 13/8 A utilisent le glucose mais pas le lactose. On peut leur fournir du glucose en ajoutant au milieu un excès de lactose et des quantités variables de β-galactosidase (lactase) qui libère du glucose à une vitesse proportionnelle à la concentration de l'enzyme. La lactase utilisée a été préparée par M. Cohn et J. Monod ([4]) à partir d'une souche d'*E. coli*. Le système s'est révélé stable pendant toute la durée des expériences et permet d'obtenir un « régime » d'alimentation constant défini par la quantité de glucose libérée par unité de temps. Les cultures en milieu synthétique ([3]) sont agitées dans un bain-marie à 37°.

La figure ci-jointe représente deux séries d'expériences réalisées avec un excès de lactose (4 ‰) et des concentrations variables de lactase sur la souche lysogène irradiée et sur la souche sensible infectée. Elle montre que :

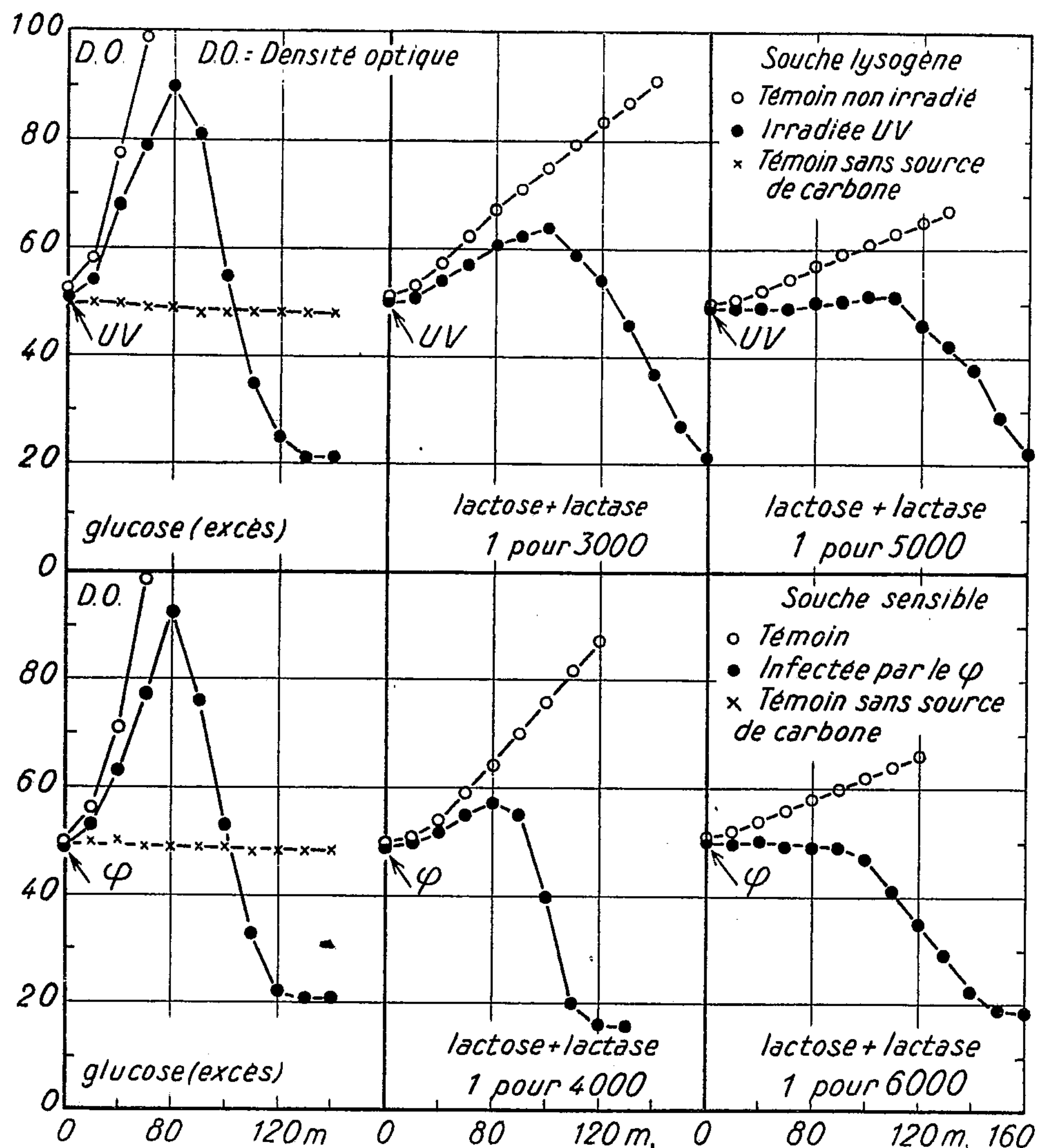
1° pour des concentrations adéquates de lactase, on observe une croissance à vitesse réduite des témoins non irradiés ou non infectés. De plus, cette croissance est linéaire en coordonnées normales, c'est-à-dire que la quantité absolue de matière vivante formée dans l'unité de temps est constante, et, pour certaines concentrations, proportionnelle à la quantité de lactase;

2° pour des concentrations en lactase très faibles, on voit que la croissance résiduelle des bactéries infectées ou induites est faible ou nulle, alors que les témoins présentent une croissance mesurable. Tout se passe donc comme si, au-dessous d'un certain régime, le bactériophage détournait à son profit tout le glucose présent. Ceci est réalisé lorsque la quantité de lactase est égale au cinquième environ de la quantité permettant la croissance à taux normal. Lorsque le régime est plus élevé, mais alors seulement, une certaine quantité de glucose reste disponible pour la croissance bactérienne;

3° si l'on diminue encore la concentration en lactase le rendement n'est pas modifié : les bactéries lysogènes induites libèrent toujours 100 bactériophages par bactérie quel que soit le régime. Mais la période latente et la durée de la lyse augmentent à mesure que le régime diminue. L'examen des courbes montre que la quantité totale de glucose nécessaire au dévelop-

([4]) *Biochim. Biophys. Acta* (sous presse).

pement du bactériophage est sensiblement la même. Cette quantité, qui peut être calculée de plusieurs façons, correspond à $4.10^9$ molécules de glucose par bactérie pour la souche 13/8 A. Par ailleurs, on peut calculer que pour qu'une bactérie double, il faut lui fournir $2.10^{10}$ molécules de glucose.




Puisque la croissance bactérienne n'est possible que si le régime dépasse un certain niveau, tout se passe comme si le bactériophage en voie de développement détournait à son profit une quantité fixe d'aliment carboné énergétique, la bactérie ne pouvant utiliser que le surplus pour ses propres synthèses.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité tuberculostatique élevée de nouvelles thiosemicarbazones.* Note de MM. **Maurice Welsch, N. P. Buu-Hoï, Georges Dechamps, Nguyen Hoań, Henri Le Bihan** et **Fernand Binon**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'activité tuberculostatique de plusieurs nouvelles thiosemicarbazones a été déterminée *in vitro*, et reconnue supérieure à celles de substances similaires décrites jusqu'à présent. La toxicité de certaines de ces thiosemicarbazones est inférieure à celle de composés analogues utilisés jusqu'à présent en thérapeutique.

Depuis la découverte simultanée par l'un de nous avec Jouin des propriétés tuberculostatiques de la thiosemicarbazide (1) et par Domagk, Behnisch, Mietzsch et Schmidt de celle de ses produits de condensation avec aldéhydes et cétones (2), l'activité biologique de nombreux composés de ce groupe a été étudiée par plusieurs auteurs (3) et par nous-mêmes.

Nous avons pour notre part, synthétisé et examiné le comportement vis-à-vis du bacille tuberculeux de plus de trois cents dérivés nouveaux de la thiosemicarbazide. L'activité tuberculostatique a été déterminée sur *Mycobacterium tuberculosis*, var. *bovis* (souche B. C. G. de Liége, entretenue sur milieu de Lœwenstein). Le milieu d'épreuve est celui de Dubos et Middlebrook (4), la méthode employée, celle des dilutions sériées en progression géométrique de raison 1/10. La technique consiste à ajouter 0,1 $cm^3$ d'une culture de six jours en milieu de Dubos à chaque centimètre cube de milieu de culture contenant le produit à examiner et maintenu à 37°; les lectures se font après 4, 10, 20, et 30 jours et sont vérifiées par l'examen au microscope de fluorescence, après coloration à l'auramine.

Dans ces conditions, on trouve que, si un nombre très élevé de thiosemicarbazones d'aldéhydes et de cétones variées possèdent une activité importante (aux concentrations de l'ordre de $10^{-5}$), un petit nombre de substances se détachent nettement du lot, et montrent une activité tuberculostatique *in vitro* considérable, de beaucoup supérieure à celles de la streptomycine, et de la thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-acétaminobenzoïque (Conteben, ou T. B. 1 de Domagk). Voici, à titre d'indication, une liste non limitative de thiosemicarbazones qui, dans notre test, se montrent actives à la concentration de $10^{-6}$ à $10^{-7}$ (0,1 $\mu g : cm^3$) alors que, dans le même test, l'activité du Conteben est de l'ordre de $10^{-5}$ :

(1) J. Jouin et Buu-Hoï, *Ann. Inst. Pasteur*, **72**, 1946, p. 580.

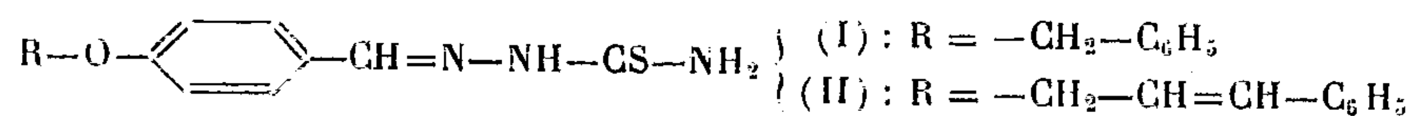
(2) Domagk, Behnisch, Mietzsch et Schmidt, *Naturwissenschaften*, **33**, 1946, p. 315.

(3) Donovick, Pausy, Stryker et Bernstein, *J. of Bacteriology*, **59**, 1950, p. 667; Hoggarth, Martin, Storey et Young, *Brit. J. of. Pharmacology*, **4**, 1949, p. 248.

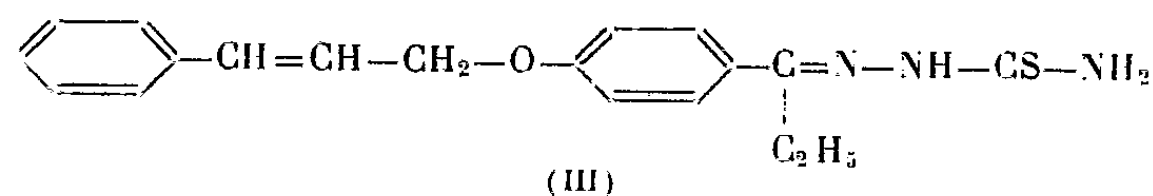
(4) *Amer. Rev. Tuberc.*, **56**, 1947, p. 334.

*a*. thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-benzyloxybenzoïque (I),

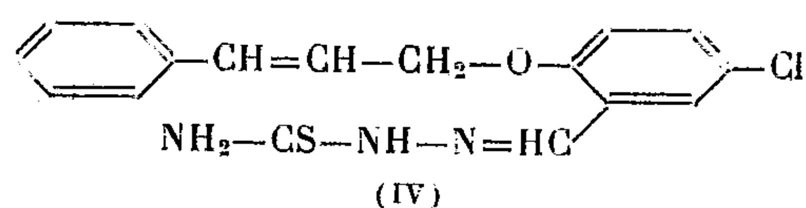
*b*. thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-cinnamyloxybenzoïque (II) :



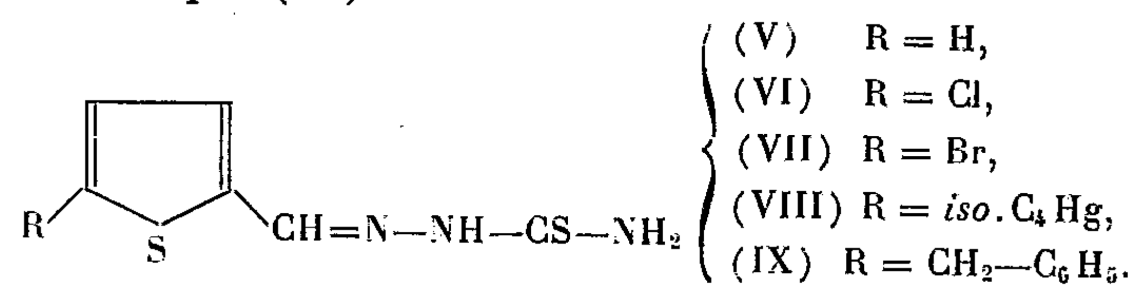

*c*. thiosemicarbazone de la 4-cinnamyloxypropiophénone (III) :



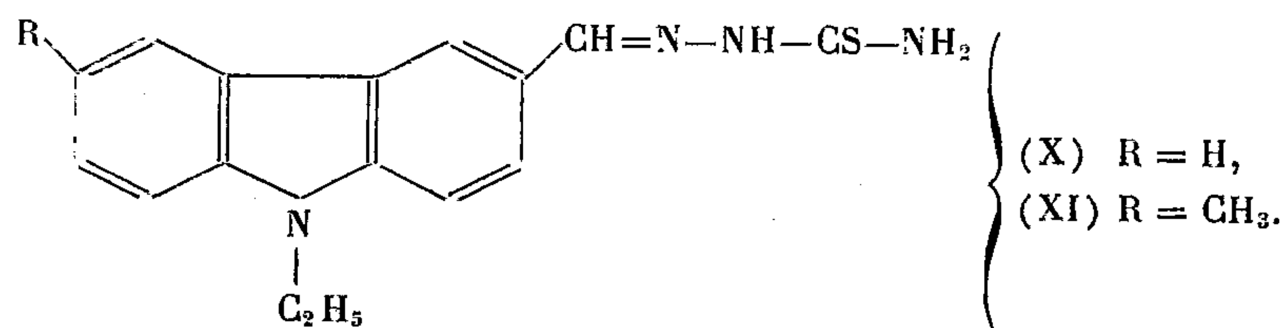

*d*. Thiosemicarbazone de l'aldéhyde 5-chloro-2-cinnamyloxybenzoïque (IV) :



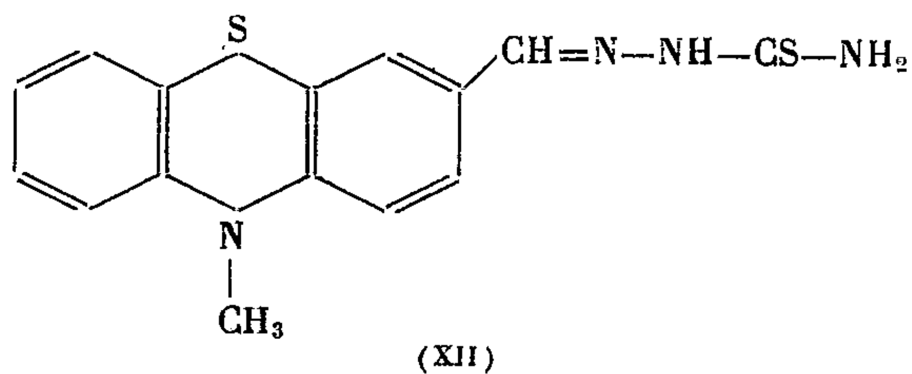

*e*. Les thiosemicarbazones des aldéhydes 2-thénoïque (V), 5-chloro-2-thénoïque (VI), 5-bromo-2-thénoïque (VII), 5-isobutyl-2-thénoïque (VIII), et 5-benzyl-2-thénoïque (IX) :




*f*. Les thiosemicarbazones de la 9-éthylcarbazole-3-aldéhyde (X) et de la 6-méthyl-9-éthylcarbazole-3-aldéhyde (XI) :




*g*. La thiosemicarbazone de la 9-méthylphénothiazine-3-aldéhyde (XII) :




L'activité considérable de ces corps est d'autant plus remarquable qu'il s'agit de molécules pour la plupart beaucoup plus lourdes que celles étudiées

jusqu'ici par les auteurs précités. Elle montre que le pouvoir tuberculostatique des thiosemicarbazones dépend étroitement de leur structure moléculaire. Des modifications apportées à cette structure entraînent souvent des modifications de l'activité dans un sens inattendu : par exemple, l'introduction d'halogènes ou de groupements nitrés sur la molécule de la thiosemicarbazone (X), loin d'augmenter l'activité, la diminue dans des proportions considérables. Si elles compliquent beaucoup la recherche pharmacologique, ces particularités sont au contraire d'un grand intérêt lorsqu'on aborde le problème du mécanisme d'action des thiosemicarbazones. Du point de vue pratique, il est intéressant de noter qu'aucune relation n'existe entre l'activité tuberculostatique des thiosemicarbazones et leur toxicité : la thiosemicarbazone (II), par exemple, environ cent fois plus active que le Conteben, est aussi deux fois et demie moins toxique chez la Souris.

PHARMACODYNAMIE. — *Modifications hypophyso-surrénaliennes du Rat traité par la cortisone.* Note de M. **Herbert Tuchmann-Duplessis**, transmise par M. Robert Courrier.

Au cours d'observations antérieures, nous avons constaté que des interventions portant sur la surrénale modifiaient la structure antérieure du lobe de l'hypophyse ([1]). Sous l'action de l'acétate de désoxycorticostérone, le nombre des cellules basophiles augmente; la surrénalectomie au contraire provoque une diminution des mêmes cellules. Les modifications de l'image hypophysaire correspondent, comme nous l'avons montré, à des variations du pouvoir corticotrope de la glande ([2]). Dans le premier cas, Rats traités par l'acétate de désoxycorticostérone, la valeur corticotrope de l'hypophyse est supérieure à la normale; elle est au contraire inférieure à la normale dans le cas des animaux surrénalectomisés.

Bien que ces observations suggèrent que l'acétate de désoxycorticostérone ralentit la libération de l'hormone corticotrope et favorise son accumulation au niveau de l'hypophyse, nous avons été étonné de voir que le cortex surrénalien de ces animaux ne présente que de faibles altérations régressives. En vue de dégager la signification de ces expériences qui posent le problème du mécanisme de régulation de la sécrétion corticotrope, nous avons suivi l'action d'une autre cortico-stéroïde, la cortisone.

Deux groupes de 15 rats, des mâles pesant 100-110 g et des femelles de 150-160 g, ont reçu pendant 12 jours par voie intra-musculaire 5 mg d'acétate de cortisone (Merck), soit une dose totale de 60 mg par animal. Les surrénales

---

([1]) H. Tuchmann-Duplessis, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 250.

([2]) H. Tuchmann-Duplessis, *C. R. Soc. Biol.*, 1951 (sous presse).

([3]) M. E. Simpson, H. M. Evans et C. H. Li, *Endocrinology*, 33, 1943, p. 261.

ont été pesées et fixées au formol pour l'examen des lipides. Six hypophyses ont été fixées au Helly et examinées cytologiquement, les autres 24 glandes ont servi pour le dosage de l'hormone corticotrope. Celui-ci a été fait par le test de réparation sur des rates de 110 g hypophysectomisées depuis 15 jours (3).

L'hypophyse des rats traités par la cortisone est augmentée de volume et présente du point de vue histologique une forte augmentation numérique des cellules basophiles. La surrénale par contre est considérablement atrophiée; chez le mâle elle passe de 37,2 à 14,5 mg pour 100 g d'animal, soit une diminution de 61 %. La diminution pondérale est plus faible chez la femelle; elle est de 30 à 40 % selon les lots, mais il est à remarquer que les femelles pesaient plus que les mâles.

A l'examen histologique le cortex surrénalien paraît souvent plus atrophié que celui d'un rat hypophysectomisé depuis 15 jours. La régression porte surtout sur la fasciculée et accessoirement sur la réticulée. Comme chez le Rat hypophysectomisé, une large zone sudanophobe apparaît entre la fasciculée et la glomérulaire. Cette dernière zone par contre ne semble pas modifiée. La forte atrophie des deux autres zones la fait paraître même plus riche en matériel sudanophile que normalement. La différence de réaction entre la fasciculée et la glomérulaire, fait qui apporte un nouvel argument en faveur de la spécialisation fonctionnelle des cellules corticales, ne sera pas envisagée ici.

*Détermination de la valeur corticotrope de l'hypophyse (Rat femelle).*
*Test de réparation.*

| Groupe | Poids de la surr. en mg : 100 g d'animaux. | Augm. en % par rapport aux témoins. | Variation en % par rapport aux traités par hyp. norm. |
|---|---|---|---|
| Hypophysect. Témoins........... | 9,0 | – | – |
| Hypophysect. + H normale...... | 11,2 | + 24,4 | – |
| Hypophysect. + H + (cort.)..... | 16,1 | + 78,8 | + 43,7 % |
| Hypophysect. + H + (cort.)..... | 17 | + 88,8 | + 51,7 % |

H normale = hypophyse d'un donneur intact; H (cort.) = hypophyse d'un donneur préalablement traité par la cortisone.

Les résultats de la détermination biologique qui sont résumés dans notre tableau montrent que sous l'effet de la cortisone la valeur corticotrope de l'hypophyse augmente. Cette augmentation est selon le groupe envisagé de 40 à 50 % par rapport aux témoins. Elle coïncide d'autre part avec une atrophie considérable du cortex surrénalien.

L'action de la cortisone paraît à première vue inattendue surtout si on la compare à celle des œstrogènes sur la fonction gonadotrope. De fortes doses d'œstrogènes provoquent, comme on le sait, une réduction numérique des

cellules chromophiles de l'hypophyse, allant de pair avec une diminution de son pouvoir gonado-stimulant. Dans le cas de la cortisone, l'hypophyse reste floridée et son contenu hormonal augmente. Cependant la libération de l'hormone corticotrope est visiblement diminuée, car l'organe récepteur, le cortex surrénalien, s'atrophie.

Nos observations nous conduisent à penser que la libération de l'hormone anté-hypophysaire corticotrope est en grande partie réglée par le taux variable des cortico-stéroïdes. L'augmentation du taux des cortico-stéroïdes ralentit l'excrétion hypophysaire, sa diminution la stimule. Il semble néanmoins que le taux variable des hormones surrénaliennes ne soit pas le seul facteur de régulation de la fonction corticotrope, car même en donnant de très fortes doses de cortico-stéroïdes, nous n'avons pu obtenir une inhibition complète de l'hypophyse.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence du salicylate et du gentisate de sodium sur la perméabilité de la membrane synoviale de l'articulation.* Note de MM. **Louis Thiéblot**, **Étienne Simon**, **Jean Laforet** et **Jacques Berthelay**, présentée par M. Léon Binet.

Actuellement, on pense qu'un des mécanismes de production des arthrites rhumatismales est constitué par des modifications de la perméabilité synoviale. Nous avons cherché à mettre au point un test capable de mesurer cette perméabilité synoviale *in vivo*. Récemment, Seifter (1) a mis au point une méthode, dérivée de celle de Brunschwig et Curtis (2) permettant de réaliser cette mesure. Le principe est basé sur l'injection intra-articulaire de phénolsulfonephtaléine et l'observation : 1° du délai d'apparition de la coloration urinaire; 2° de la concentration du colorant dans l'urine à l'électrophotomètre. Nous avons abandonné la 2e partie du test qui, en réalité, est plus en rapport avec la fonction rénale qu'avec la perméabilité articulaire et nous avons modifié certains détails pratiques. L'étude de produits antirhumatismaux tels le salicylate et le gentisate de sodium a été faite suivant cette méthode.

Notre technique est la suivante : chaque série de mesure comportait 8 lapins mâles, de 3 kg environ. Chaque animal non anesthésié est installé en décubitus dorsal sur une planchette à contention. La face interne de l'articulation talo-crurale d'une patte est rasée. Une sonde en gomme est introduite dans l'urèthre jusqu'à la vessie et laissée en place durant toute l'expérience. La vessie est vidée et lavée avec une petite quantité de

---

(1) J. Seifter, J. H. Baeder et A. J. Bégany, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 72, 1949, p. 277.

(2) *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 27, 1930, p. 358.

sérum physiologique. Lorsque l'écoulement est terminé, on injecte dans l'articulation une solution contenant 1,25 mg de phénolsulfonephtaléine (P.S.B.) dissoute dans 0,25 cm³ d'une solution de NaCl à 8,5 ‰. Avant de retirer l'aiguille, on aspire avec la seringue pour s'assurer que l'aiguille n'a pas produit de traumatisme articulaire.

L'écoulement est surveillé jusqu'à l'apparition du colorant dans l'urine. Il est parfois difficile d'apprécier avec exactitude le changement de coloration. Aussi est-il important de recueillir l'urine dans une coupelle blanche. Une cause d'erreur peut se produire : le mélange de sang à la suite du traumatisme uréthral. La différenciation s'opère en mettant une goutte d'urine sur un papier filtre. Lorsqu'il s'agit de sang, le pourtour de la tache devient humide mais ne présente pas de coloration rosée.

*Résultats.* — Dans un premier temps, nous avons cherché à savoir si plusieurs séries de lapins donnaient des chiffres comparables. En prenant 8 lapins par série, nous avons pu nous rendre compte que la moyenne de durée d'apparition du colorant dans l'urine obtenue dans les différentes séries variait de 12 à 14 mn. Par contre, les variations individuelles sont importantes puisque les chiffres trouvés pouvaient atteindre les valeurs extrêmes de 9 à 21. Il faut donc opérer sur une même série et tester les animaux à différentes reprises avant d'expérimenter.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons fait l'étude des substances antirhumatismales : salicylate et gentisate de sodium. Les substances ont été injectées dans la veine marginale de l'oreille, soit en faisant une seule injection 1 h 30 mn à 2 h avant de renouveler l'examen, soit pendant plusieurs jours avant de recommencer la mesure de la perméabilité articulaire.

*a. Action du salicylate de sodium.* — Chaque animal de la série reçoit par voie intra-veineuse une solution à 10 % de salicylate de sodium pendant six jours. Les trois premiers jours, la dose injectée est de 0,10 g : kg d'animal et les 3 jours suivants 0,20 g : kg de produit dans les mêmes conditions; la mesure est pratiquée 1 h 30 mn après la dernière injection. Les résultats sont les suivants pour une série, choisie comme exemple.

Le délai d'apparition dans l'urine du colorant injecté dans l'articulation était, avant le salicylate de sodium, de 14, 18, 12, 8, 10, 14, 22, 12 mn; moyenne, 13,7 et, après traitement, respectivement de 18, 25, 31, 18, 24, 20, 23, 25 mn; moyenne 23.

*b. Action du gentisate de sodium.* — Les deux séries d'animaux ont reçu une solution de gentisate de sodium à 10 % à raison de 0,20 g : kg pendant trois jours.

Le délai d'apparition du colorant dans l'urine a été avant traitement : Première série : 14, 18, 8, 10, 11, 14, 22; moyenne 13,8 et, après gentisate de sodium, respectivement de 10, 24, 10, 10, 19, 14, 20; moyenne 15,3;

deuxième série : avant traitement : 13, 15,5, 10, 14; moyenne, 13,1; après gentisate de sodium respectivement de 20, 18, 23, 19, moyenne, 20 mn.

Donc, on peut conclure que ces deux substances diminuent la perméabilité synoviale, le gentisate étant moins actif que le salicylate.

*Discussion.* — Ces résultats, en accord avec ceux de Seitter, montrent que le délai d'élimination du colorant par l'urine, après instillation de P.S.B. dans l'articulation, est d'environ 14 mn, à condition de prendre des séries de 8 à 10 lapins, le retard du délai d'élimination sous l'influence du traitement par le salicylate et le gentisate de sodium permet d'affirmer une diminution de la perméabilité de la capsule articulaire. Or, on sait que les substances retardant l'élimination intra-articulaire possèdent une action favorable sur l'arthrite rhumatismale et que, par ailleurs, l'hyaluronidase en excès, favorise la diffusion des substances. Seifter a montré que l'extrait cortico-surrénal s'opposait à l'action de l'hyaluronidase et provoquait un retard d'élimination. Les travaux récents de Champy et ses collaborateurs ([3]), montrant une influence des salicylates sur le cortex surrénal, reçoivent ainsi une confirmation indirecte.

*Conclusion.* — Le salicylate de sodium et le gentisate de sodium diminuent la perméabilité synoviale. Cette propriété est vraisemblablement en rapport avec une stimulation du cortex surrénal. La méthode rapportée peut être utilisée pour l'étude de drogues antirhumatismales.

MICROBIOLOGIE. — *Y a-t-il possibilité de symbiose entre le virus Coxsackie et celui du vaccin jennerien neurotrope?* Note de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons montré que le vaccin jennerien adapté au Lapin, vaccin qui, inoculé par voie intranévraxique à la Souris adulte, présente des affinités rigoureusement sélectives à l'égard des constituants mésodermiques de l'encéphale, devient réellement neurotrope lorsqu'il est transmis par la même voie, à des souriceaux âgés de deux à quatre jours ([1]). Dans ces conditions, il s'attaque non seulement aux éléments dérivés du mésoderme (vaisseaux, plexus choroïdes et méninges), mais encore aux éléments nobles (tels les neurones et la névroglie). Le fait de se trouver en présence de neurocytes jeunes, en voie d'évolution, lui permet de vaincre la résistance que lui opposent par ailleurs les mêmes neurocytes, parfaitement évolués, des animaux adultes. L'encéphalite neuro-vaccinale des souriceaux [caractérisée par des altérations neuroniques ressemblant à celles engendrées par le virus

---

([3]) C. Champy et M. Demay, *Bull. Acad. Méd.*, 135, 1951, p. 13.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 194; *Rev. Immunol.*, 1951 (sous presse).

Coxsackie ([2])] est donc une *ectodermose neurotrope* dans la véritable acception du terme.

Ayant entrepris récemment ([3]) l'étude des *associations* possibles, en d'autres termes des *symbioses*, entre le virus Coxsackie et d'autres ultragermes neurotropes, nous avons signalé l'impossibilité d'une telle association dans le cas du complexe : ultragerme Coxsackie-virus poliomyélitique (Lansing). Le premier de ces deux ultravirus supplante le second (lorsque le test utilisé est le cerveau de jeunes souriceaux), et cela en raison de la virulence extrême et de la prompte évolution de l'encéphalite Coxsackie par rapport à celles de la poliomyélite. Or, qu'advient-il lorsqu'on associe ce même virus Coxsackie et celui du vaccin jennerien, deux agents pathogènes dont l'intensité de virulence et le pouvoir morbigène sont identiques pour les souriceaux non sevrés ?

*Technique.* — Un mélange à parties égales de suspensions de cerveaux de souriceaux inoculés avec le virus Coxsackie (souche B de Dalldorf), morts ou sacrifiés le troisième jour, et d'encéphales de lapins ayant succombé à une encéphalopathie provoquée par le virus jennerien adapté à cette espèce animale (souche Nélis et Lafontaine; concentration finale 1/10), est inoculé dans le cerveau de souriceaux non sevrés. L'encéphale de ces sujets sert à effectuer des passages sur des souriceaux neufs et des titrages (dilutions progressives éprouvées par voie intradermique) sur le Lapin. On réalise ainsi quatre passages successifs; les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Résultats.

| Primo-inoculation et passages. | Souriceaux-Coxsackie. Total des animaux. | Morts ou sacrifiés après (en jours). | Lésions cérébrales-Coxsackie. +++ | +− | 0. | Total ([4]). | Lapins-test (vaccine). Dilution minima vaccinogène. 2e jour. | 4e à 5e jour. | Lapin n°. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Primo-inoculation.... | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 4/4 | $10^{-3}$ | $10^{-5}$ | 864 |
| 1er passage.......... | 6 | 3 | 6 | 0 | 0 | 6/6 | $10^{-4}$ | $10^{-6}$ | 871 |
| 2e passage........... | 7 | 2 | 4 | 3 | 0 | 7/7 | 0 | $10^{-4}$ | 846 |
| 3e passage........... | 6 | 2-3 | 5 | 1 | 0 | 6/6 | 0 | 0 | 832 |
| 4e passage........... | 6 | 2 | 5 | 1 | 0 | 6/6 | 0 | 0 | 876 |
| Souriceaux Coxsackie (donneurs)........ | 9 | 3-4 | 9 | 0 | 0 | 9/9 | – | – | Lapin donneur (cerveau) 873 |

([2]) Dalldorf et Sickles, *Science*, 108, 1948, p. 61; *Bull. N. Y. Acad. Méd.*, 26, 1950, p. 329; Melnick, *Ibid.*, p. 342; C. Levaditi, *La semaine des Hôpitaux de Paris*, 26, 1950, p. 4541.

([3]) *C. R. Soc. Microbiol. de langue française*, Séance du 5 avril 1951 (sous presse).

([4]) Les chiffres placés à gauche du trait indiquent le nombre d'animaux ayant présenté des lésions cérébrales, ceux placés à droite du trait le nombre total d'animaux inoculés.

Ce tableau montre ce qui suit :

1° Lors de la primo-inoculation du mélange Coxsackie-vaccine, tous les souriceaux sont morts d'encéphalite type Coxsackie (ainsi qu'en témoignent l'intensité et les caractéristiques morphologiques des altérations névraxiques). De plus, le cerveau de ces sujets contenait une quantité considérable de vaccin jennerien (dilution minima vaccinogène : $10^{-5}$);

2° Même résultat lors du premier et du second passages sur souriceaux (même titre : $10^{-4}$ à $10^{-5}$), avec une atténuation nette du pouvoir vaccinogène;

3° Résultat tout différent lors du troisième et du quatrième passages, où la persistance du virus Coxsackie a coïncidé avec la disparition totale de l'ultragerme vaccinal.

Il en résulte que *si l'on inocule simultanément, dans le système nerveux central de souriceaux nouveau-nés, le virus Coxsackie et le vaccin jennerien encéphalitogène, le premier de ces ultra-germes supplante le second, et cela dès le troisième passage de cerveau à cerveau. Dans les conditions de nos essais, aucune symbiose de ces deux ultravirus n'est possible. L'inaptitude du virus Coxsackie à une association s'affirme donc : peu importe que l'agent pathogène additionnel soit ou non différent de lui par l'intensité de sa virulence et par la durée de l'évolution de l'infection qu'il provoque.*

A 16 h 5 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 25 mn.

L. B.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 19 mars 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Hubert Delange*, Nouveaux théorèmes pour l'intégrale de Laplace (II) :

Page 1177, 5e ligne en remontant, *au lieu de* $\omega_{\mathrm{v},k}(\gamma, h) < +\infty$, *lire* $\varpi_{\mathrm{v},k}(\gamma, h) < +\infty$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AVRIL 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.


## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **RAYMOND SÄNGER**, Professeur de physique à l'École polytechnique fédérale de Zurich, qui assiste à la séance.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur le ralentissement du cours du temps par l'effet d'un champ de gravitation.* Note de M. **JEAN BECQUEREL**.


La présente Note réfute une objection qui a été faite contre la théorie einsteinienne de la gravitation, et montre que le fait de la proportionnalité entre l'énergie d'un photon et la fréquence de l'onde électromagnétique suffit pour prouver que dans un champ de gravitation l'espace-temps ne peut pas être euclidien.


On sait que, d'après la théorie de la relativité généralisée, la gravitation est la manifestation d'une structure non euclidienne de l'espace-temps aux environs des masses matérielles. Une formule bien connue, due à Schwarzschild, exprime le carré de « l'intervalle d'univers » élémentaire dans le champ de gravitation d'une étoile supposée sphérique, à l'extérieur de celle-ci [1]

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta \, d\varphi^2);$$

M est la masse de l'étoile, G la constante newtonienne de la gravitation, $c$ la vitesse de la lumière pour tout observateur en chute libre.

$t$ est le temps à distance infinie de l'étoile. La coupe d'univers $t =$ const. est un espace non euclidien : les coordonnées spatiales $r$, $\theta$, $\varphi$ sont des coordonnées polaires dans une projection orthographique de cet espace non euclidien sur

[1] A. EINSTEIN, *Sitzungsber. d. Preusz. Akad. d. Wissensch.*, 47, 1915, p. 189; K. SCHWARZSCHILD, *Ibid.*, 1916, p. 189 et 424.

un espace euclidien parallèle à l'espace asymptote. Cette projection est, avec une dimension de plus, l'analogue de la projection d'Hipparque donnant une carte géographique ([2]).

En un point fixe par rapport à l'étoile, l'élément de temps propre a pour valeur

$$d\tau = \frac{ds}{c} = \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}\, dt.$$

De cette expression résulte un déplacement, du côté des longueurs d'onde croissantes, des raies spectrales d'une source stellaire ([3]) (déplacement qu'Einstein avait prédit). Si $\nu$ est la fréquence d'une source monochromatique située sur la Terre, où le champ de gravitation peut être négligé, et $\nu'$ la fréquence des ondes provenant de la même source lorsqu'elle est sur l'étoile, on a (après correction de l'effet Doppler et d'autres causes de déplacement) :

$$(1) \qquad \frac{\nu'}{\nu} = \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 R}} = 1 - \frac{GM}{c^2 R} - \frac{1}{2}\left(\frac{GM}{c^2 R}\right)^2, \quad \ldots,$$

où R est la valeur de la coordonnée $r$ sur la surface de l'étoile, c'est-à-dire le rayon de l'étoile car pour $dt = 0$ et $dr = 0$, la formule de Schwarzschild définit une surface qui est celle d'une sphère de rayon $r$.

Les bonnes vérifications qui ont été faites sur les raies du spectre solaire, et surtout sur les spectres des « naines blanches » ont été considérées comme une des meilleures preuves expérimentales de la théorie relativiste de la gravitation.

Cependant cette preuve a été niée par certains contradicteurs. Voici leur argument : en conservant un *espace-temps euclidien*, et *appliquant à un photon la loi de la gravitation de Newton*, il suffit de calculer la perte $h\,\Delta\nu$ de l'énergie $h\nu$ du photon, lorsque celui-ci traverse le champ de gravitation ([4]), pour trouver une formule qui est, tout aussi bien que la formule relativiste (1), en accord avec les observations. On obtient, en effet,

$$(2) \qquad \frac{\nu'}{\nu} = e^{-\frac{GM}{c^2 R}} = 1 - \frac{GM}{c^2 R} + \frac{1}{2}\left(\frac{GM}{c^2 R}\right)^2, \quad \ldots.$$

---

([2]) G. Mie, *Ann. d. Physik*, 62, 1920, p. 46; *La théorie einsteinienne de la gravitation*, Hermann, éditeur, Paris; M. von Laue, *Die Relativitästheorie*, 2, 1921, p. 214; Jean Becquerel, *Champ de gravitation d'une sphère matérielle et signification physique de la formule de Schwarzschild*, 1923, Hermann, éditeur, Paris.

([3]) Il est admis que l'intervalle $\delta s$ d'une source monochromatique, entre deux phases égales de l'émission, peut être considéré comme invariable; Eddington a établi que $\delta s$ ne peut pas être modifié d'une façon appréciable par un champ de gravitation (*The Math. Theory of Relativity*, p. 92-93, Cambridge, *Univ. Press*, 1923).

([4]) Suivant une remarque faite par M. Paul Couderc dans son livre *L'expansion de l'Univers* (p. 112), les contradicteurs ont accepté l'expression $h\nu/c^2$ de la masse du photon : leur objection ne porte que contre la théorie de la *relativité généralisée*.

La différence entre les formules (1) et (2) ne porte que sur les termes qui peuvent être négligés, et est inobservable.

Les contradicteurs ont fait un fâcheux oubli : ils n'ont pas confronté les deux aspects complémentaires, ondulatoire et corpusculaire, de la lumière : si l'on admet que l'espace-temps reste euclidien, le cours du temps est le même dans tout le système de référence lié à l'étoile; par suite les ondes électromagnétiques, après avoir acquis une certaine fréquence à leur émission, ne peuvent pas changer de fréquence au cours de leur propagation, ce qui est en opposition avec la diminution de fréquence imposée par la perte d'énergie des photons. Cette contradiction est inacceptable.

Autrement dit : un photon perd forcément de l'énergie à mesure qu'il s'éloigne de l'étoile; comme son énergie est $h\nu$, la fréquence $\nu$ diminue. D'autre part, il est solidement établi que cette fréquence $\nu$ est identique à la fréquence des ondes; son inverse est la durée qui sépare les réceptions de deux ondes consécutives de même phase, en un point fixe par rapport à l'étoile. Or, cette durée serait la même en tous les points si l'on admettait l'ancienne conception de l'espace et du temps absolus, et même l'espace-temps de la relativité restreinte; sa variation conduit donc à rejeter l'idée que l'espace-temps pourrait rester euclidien dans un champ de gravitation, et elle apparaît comme connexe d'un ralentissement du cours du temps, d'autant plus grand que le champ est plus intense.

On pourrait être tenté de supposer une modification appréciable des niveaux d'énergie de l'atome émetteur, sur l'étoile. Notre conclusion resterait cependant la même, car elle s'appuie sur la perte d'énergie des photons *après leur émission*, au cours de leur propagation.

On voit que cette preuve de la structure non euclidienne de l'espace-temps dans un champ de gravitation, qui sous cette forme n'est d'ailleurs que qualitative, résulte simplement du fait, que personne ne saurait contester, de la proportionnalité entre l'énergie d'un photon et la fréquence de l'onde associée.

M. **Georges Durand-Viel** fait hommage d'un Ouvrage de M. Pierre Sizaire intitulé : *Astronomie nautique. Cours à l'usage des élèves de l'École navale et des navigateurs marins et aériens*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Edmond Sergent** fait hommage à l'Académie d'un fascicule consacré aux « *Allocutions prononcées à l'occasion de l'inauguration d'une plaque commémorative sur la maison natale du Docteur Étienne Sergent*, son frère, *à Mila*, 11 juin 1950 ».

M. **Frédéric Stratton** adresse à l'Académie le « *Report of the executive Committee*, 1950 » de l' « *International Council of scientific Unions* », dont il est Secrétaire général.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Charles Camichel** :

Étienne Crausse. *Hydraulique des canaux découverts en régime permanent.* Préface de M. Léopold Escande.

## NOMINATIONS.

M. **Roger Heim** est désigné pour faire une *Lecture* en la Séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1951.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Manne Siegbahn** et **Arne Westgren** sont élus Correspondants pour les divisions des Membres libres et des applications de la science à l'industrie, en remplacement de Sir *Chandrasekhara Venkata Raman*, élu associé étranger et M. *Pierre Teilhard de Chardin*, élu Membre non résidant.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut des Parcs nationaux du Congo Belge. Exploration du Parc National Albert. *Mission H. Damas* (1935-1936), fasc. 20. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935), fasc. 71, 72. *Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. van Meel et R. Verheyen* (1946-1949), fasc. 2.

2° Godofredo Garcia. *Los fundamentos y la construccion de una nueva teoria de la relatividad general. El concepto de tiempo. La nueva ley completa de la gravitacion universal. Las ecuaciones diferenciales del movimiento de la nueva dinamica. — El metodo de H. Wronski y el metodo clasico de la mecanica celeste. Integral de un tipo de ecuacion diferencial.*

3° Academiæ scientiarum hungaricæ. *Acta agronomica.* Tomus I, fasc. 1.

Il signale également quatre fascicules polycopiés :

1° *Périodiques mathématiques figurant à la Bibliothèque de la Sorbonne.* Liste provisoire des titres dressée par Paul Belgodère et Mme Siestrunck.

2° Institut Henri Poincaré. *Catalogue provisoire des modèles de géométrie,* dressé par MM. Maillard et Paul Belgodère.

3° Id. *Liste bibliographique relative aux mathématiques appliquées,* réunie sous la direction de Jean-Louis Destouches.

4° Id. *Thèses mathématiques figurant à la Bibliothèque de l'Institut Henri Poincaré.* Liste dressée par Alfred Faivre.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur un problème de M. Sierpiński.* Note de M. **Isaac Kapuano**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On ne sait pas, selon Sierpiński, si, sur une droite, il existe une suite S d'ensembles distincts et telle que tout ensemble, semblable à l'un d'eux (au sens géométrique ordinaire) soit un élément de la suite. Le même auteur pose un problème analogue relatif à une suite S d'ensembles plans. On montrera que, dans aucun des deux cas une telle suite S ne saurait exister.

W. Sierpiński écrit dans *Elemente der Mathematik* (Basel, 1950) :

« On ne sait pas s'il existe un ensemble linéaire (non borné) E et une suite d'ensembles linéaires tels que tout ensemble semblable à E, au sens de la géométrie élémentaire, soit un ensemble de la suite.

« On ne sait pas non plus s'il existe un ensemble plan E et une suite infinie d'ensembles plans distincts tels que tout ensemble plan superposable par translation ou par rotation avec E soit un des ensembles de cette suite et inversement. »

Or on montrera que, ni dans le cas linéaire, ni dans celui du plan un tel ensemble ne saurait exister.

I. *Cas du problème linéaire.* — *Définition* : On appellera *corps généralisé* tout ensemble linéaire qui, d'une part, est réunion dénombrable d'ensembles $A_n$ translatés d'un même groupe additif, d'autre part réunion dénombrable d'ensembles $M_n$ homothétiques, par rapport à un même point, d'un même groupe multiplicatif.

Supposons qu'il existe un ensemble E possédant la propriété de Sierpiński et définissons deux points différents de E comme 0 et 1. On montre dès lors :

1. A. E est un corps généralisé.

B. Les $A_n$ et les $M_n$ ayant par rapport à E la signification de la définition, soit $A_0$ celui des ensembles $A_n$ qui contient le point 0, $M_0$ celui des ensembles $M_n$ qui contient les points 0 et 1. $A_0$ et $M_0$ représentent respectivement un groupe additif et un groupe multiplicatif tels que, à partir de chacun d'entre eux on puisse obtenir l'ensemble des nombres réels par des adjonctions énumérables.

2. Soit $E'_1$, $E'_2$, .... $E'_n$, ... la suite de tous les ensembles homothétiques par rapport au point 0. Il existe alors sur la droite, dans le complémentaire CE de E un corps généralisé K ayant les propriétés suivantes :

A. Si un ensemble $E'_n$ contient un point de K autre que 0 alors $E'_n$ contient K.

B. K est non dénombrable.

3. Soient $K_n$ les ensembles en quantité dénombrable translatés d'un même groupe additif et dont la réunion constitue K. Soit $K_0$ celui des ensembles $K_n$ qui contient le point 0 et soit $E_n$ un ensemble quelconque de la suite des ensembles semblables à E. Si $E_n$ contient deux points de $K_0$, $E_n$ contient $K_0$.

4. $K_0$ étant non dénombrable, il en est de même pour l'ensemble $K'_0$ obtenu en

retranchant de $K_0$ tous les points $p$ tels que l'ensemble $E_p$ de Sierpiński n'a en commun avec $K_0$ que le point $p$. Soient dès lors $p_1$, $p_2$ et $e$ des points tels que

$$p_1, p_2 \in K'_0 \cap CE, \qquad e \in E.$$

Tout ensemble $E_p$, semblable à E, qui contient $p_1$ contient aussi $p_2$. Dès lors l'homothétie de centre $p_1$ et de rapport $\overline{p_1p_2}/\overline{p_1e}$ ne saurait transformer E en aucun ensemble de Sierpiński, puisque le centre d'homothétie est point double de cette transformation. L'existence d'un tel ensemble E est donc absurde.

II. *Cas du problème plan.* — Il se ramène au précédent en remplaçant la notion de groupe additif de translation sur la droite par celle de groupe additif de translation dans le plan, la notion de groupe multiplicatif linéaire par celle de groupe additif de rotations autour d'un même point, le centre d'homothétie par le centre de rotation.

*Remarque.* — Si l'on pouvait démontrer que tout corps généralisé non dénombrable est réunion dénombrable de corps au sens ordinaire, on aurait montré en même temps ce qui suit :

Soit 0 un point quelconque de la droite, $0_\infty$ son point à l'infini. Il n'existe pas d'ensemble E et de suite S d'ensembles telle que tout ensemble homothétique à E par rapport à 0 ou à $0_\infty$ appartienne à S.

En définissant la notion du corps « généralisé » de façon un peu plus large, on peut dans cette affirmation remplacer $0_\infty$ par tout point $0'$ distinct de 0 sur la droite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Supports de produits de composition.* Note (*) de M. **Jacques-Louis Lions**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Ainsi que me l'a indiqué M. L. Schwartz, on peut généraliser les résultats obtenus dans une Note précédente pour des distributions à support *compact*, à des distributions à support *quelconque*. Mais ainsi que le montre l'exemple $(d/dx) \star Y = \delta$, il faut imposer des conditions de décroissance à l'infini. On utilisera le

Théorème A [1]. — *Soit* $F(z)$ *une fonction holomorphe pour* $x > 0$; $(z = x + iy)$ *continue bornée pour* $x = 0$; *avec* $\limsup_{r \to \infty} r^{-2} \log M(r) \leq 0$ *où* $M(z) = \max_{|z|=r} |F(z)|$. *Soit* $G(z)$ *ayant les mêmes propriétés. Alors si* $|F(z)G(z)| \leq$ *constante dans le demi-plan* $x \geq 0$, *il en est de même pour l'une au moins des fonctions* F *et* G.

*Démonstration.* — *a.* Soit $F^*(z) = F(z)\overline{F(\bar{z})}$ et de même $G^*(z)$. $F^*$ et $G^*$ ont les propriétés ci-dessus, avec en outre : $F^*$ et $G^*$ *réelles* sur l'axe réel. Donc $F^*$ par exemple est bornée pour $x \geq 0$ [1].

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

[1] Dufresnoy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 857-859.

$b$. Il en résulte $|F(x)|$ bornée sur $ox$. Par hypothèse $|F(iy)|$ bornée pour $y \geqq 0$ (ou $y \leqq 0$). Donc d'après Phragmen-Lindelof $|F(z)|$ est bornée dans $x \geqq 0$.

Corollaire 1. — *Soient $f(x)$ et $\varphi(x)$ deux fonctions continues, décroissant plus vite que* $\exp(-Ax^2)$ *quel que soit* A. *Soient* $(a, b)$ *et* $(\alpha, \beta)$ *les plus petits intervalles contenant les supports de $f$ et $\varphi$ — $a$, $b$, $\alpha$, $\beta$, pouvant être finis ou infinis. Alors le plus petit intervalle contenant le support de $f\star\varphi$ est* $(a+\alpha, b+\beta)$.

*Démonstration.* — On introduit [1] les transformées de Laplace :

$$(s=\sigma+i\tau), \qquad F(s)=\int \exp(-sx)f(x)\,dx.$$

On utilise alors le théorème A en remarquant que les conditions de décroissance sur $f$ entraînent : $F(s)$, croît moins vite que $\exp(\varepsilon|s|^2)$ quel que soit $\varepsilon$.

On va généraliser à $n$ variables; il suffit de raisonner pour 2. Soit $f(t_1, t_2)$ une fonction continue à support quelconque, décroissant plus vite que $\exp[-A(t_1^2+t_2^2)]$ quel que soit A. Soit $K_f$ le plus petit convexe fermé contenant le support de $f$; $a$ et $b$ les droites d'appui de $K_f$, parallèles à $ot_2 (a<b)$, $a$ et $b$ pouvant être finis ou infinis. On introduit

$$F(s_1, s_2)=\iint \exp(-s_1t_1+s_2t_2)f(t_1, t_2)\,dt_1\,dt_2=\int_a^b \exp(-s_1t_1)\,g(t_1, s_2)\,dt_1,$$

avec

$$g(t_1, s_2)=\int \exp(-s_2t_2)f(t_1, t_2)\,dt_2 \qquad (s_1=\sigma_1+i\tau_1,\ s_2=\sigma_2+i\tau_2).$$

On montre exactement comme dans la Note précédente la :

Proposition 1. — *$a$ et $b$ sont limites effectives d'intégration, sauf pour les $s_2$ appartenant à un ensemble dénombrable du plan des $s_2$.*

*Démonstration.* — Il suffit de raisonner pour $a$. C'est démontré si $a$ est fini. Si $a$ est $-\infty$, on remplace $(a, a+1/n)$ par $(-\infty, -n)$. Il y a un ouvert non vide $U_n \subset (-\infty, -n)$ dans lequel les $g(t_1, s_2)$ fonctions de $t_1$, ne s'annulent que sur un ensemble de mesure nulle, sauf pour $s_2 \in$ ensemble dénombrable. D'où la proposition, ceci ayant lieu pour tout $n$.

*Remarque.* — La condition de décroissance de $f$ ne joue pas d'autre rôle ici que d'assurer l'holomorphie de $g(t_1, s_2)$. Elle peut donc dans ce théorème, être remplacée par des conditions plus générales.

En utilisant le corollaire 1 du théorème A on en déduit le

Théorème 1. — *Soit $f$ et $g$ deux fonctions continues sur* $R^n$, *décroissant plus vite que* $\exp[-A(t_1^2+\ldots+t_n^2)]$ *pour tout* A; *et soit* $K_f$ *et* $K_g$ *les plus petits convexes fermés contenant les supports de $f$ et $g$. On a*

$$K_{f\star g}=(\overline{K_f+K_g}) \qquad (\textit{adhérence de } K_f+K_g).$$

On généralise à des espaces de distributions construits comme les espaces $(\mathcal{S})$ $(\mathcal{S}')$ $(\mathcal{O}_M)$ $(\mathcal{O}'_C)$ de ([2]), mais où les $\exp(Ar^2)$ remplacent les $x^n$. Soit :

$(E)$, fonctions indéfiniment dérivables sur R, décroissant à l'infini plus vite que $\exp(-Ar^2)$ pour tout A. Topologie ordinaire [comme pour $(\mathcal{S})$]. $(E')$, dual de $(E)$. $(E_M)$ espace des multiplicateurs. $(E'_C)$ espace des compositeurs : $T \in (E'_C)$ si $\exp(Ar^2)$. $T \in (\mathcal{B}')$ pour tout A ([3]). On montre exactement comme en ([4]) que l'on peut composer les distributions de $(E')$ et $(E'_C)$ et que si $T \in (E'_C)$ et $\alpha \in \mathcal{D}$, $T \star \alpha \in (E)$. Par régularisation et en utilisant le théorème 1, on a le

THÉORÈME 2. — *Soit* S *et* T *dans* $(E'_C)$. *Pour* $X \in (E'_C)$ *on appelle* $K_X$ *le plus petit convexe fermé contenant le support de* X. *On a*

$$K_{S\star T} = (\overline{K_S + K_T}).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le logarithme intégral.* Note de M. **Ion Carstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

Au LXIX^e Congrès des Sociétés savantes en 1935, M. Pierre Humbert, dans une communication sur le logarithme intégral, donnait une correspondance fondamentale, dans le calcul symbolique, concernant la fonction $E_i(t)$ ([1]). Il considérait le développement asymptotique de la fonction $E_i(p)$, pour $p$ assez grand et négligeant alors l'intégrale restante dans ce développement, concluait que

$$\sum_{r=0}^{\infty} \frac{r!}{(-p)^r} \subset \sum_{r=0}^{\infty} (-t)^r = \frac{1}{1+t}.$$

Remarquons tout de suite que $t$ doit être nécessairement considéré assez petit et certainement $|t| < 1$. Mais alors, on n'est pas en mesure de donner un sens à cette correspondance, qui explicitement dit que

$$p \int_0^{\infty} e^{-pt} \frac{dt}{1+t} = \sum_{r=0}^{\infty} \frac{r!}{(-p)^r},$$

où évidemment $t$ varie de 0 à $\infty$. C'est pour remédier à cet inconvénient, que nous avons été amené à écrire cette Note.

---

([2]) SCHWARTZ, *Théorie des distributions*, Hermann, Paris, 1, 1950; 2, 1951.

([3]) SCHWARTZ, *Ibid.*, 2, p. 56 et 99.

([4]) SCHWARTZ, *Ibid.*, 2, p. 102-103.

([1]) *Voir* aussi PIERRE HUMBERT et SERGE COLOMBO, *Mémorial Sc. Math.*, fasc. CV, 1947, p. 26.

1. Considérons le développement

$$-\mathrm{E}_i(-p)=\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u}\,du=\frac{e^{-p}}{p}\left[1-\frac{1!}{p}+\frac{2!}{p^2}+\ldots+(-1)^n\frac{n!}{p^n}\right] + (-1)^{n+1}(n+1)!\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u^{n+2}}\,du.$$

On peut écrire

$$-pe^p\mathrm{E}_i(-p)=1-\frac{1!}{p}+\frac{2!}{p^2}-\ldots+(-1)^n\frac{n!}{p^n}+(-1)^{n+1}(n+1)!\,pe^p\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u^{n+2}}\,du,$$

d'où

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{pt}\frac{dp}{p}[-pe^p\mathrm{E}_i(-p)]=1-t+t^2-\ldots+(-1)^n t^n + (-1)^{n+1}(n+1)!\,\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{p(1+t)}\,dp\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u^{n+2}}\,du.$$

Or l'intégrale du second membre peut facilement être évaluée, moyennant une intégration par parties. En remarquant que la partie intégrée est nulle, on a

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{p(1+t)}\,dp\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u^{n+2}}\,du=\frac{1}{1+t}\,\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{pt}\frac{dp}{p^{n+2}}=\frac{1}{1+t}\,\frac{t^{n+1}}{(n+1)!},$$

d'où, immédiatement,

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{pt}\frac{dp}{p}[-pe^p\mathrm{E}_i(-p)]=1-t+t^2-\ldots+(-1)^n t^n+(-1)^{n+1}\frac{t^{n+1}}{1+t}=\frac{1}{1+t},$$

c'est-à-dire, dans le langage symbolique,

$$-pe^p\mathrm{E}_i(-p)\subset\frac{1}{1+t}.$$

2. Dans ce qui précède, nous avons suivi la ligne de la démonstration de M. Humbert en considérant toutefois un développement exact, pour éviter justement l'inconvénient que $t$ doive être considéré comme petit. On peut se dispenser de tout développement, en considérant l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{pt}\frac{dp}{p}[-pe^p\mathrm{E}_i(-p)]=\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{pt}\frac{dp}{p}\left[pe^p\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u}\,du\right]$$
$$=\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{p(1+t)}\,dp\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u}\,du=\frac{1}{1+t}\,\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1}e^{pt}\frac{dp}{p}=\frac{1}{1+t}.$$

3. On peut, plus aisément, aboutir au même résultat, en écrivant simplement

$$p\int_0^{\infty}e^{-pt}\frac{dt}{1+t}=pe^p\int_p^{\infty}\frac{e^{-u}}{u}\,du=-pe^p\mathrm{E}_i(-p),$$

où, dans l'intégrale de Laplace-Carson, on a posé $1+t=(u/p)$, $(\mathrm{R}p>0)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la conjuguée d'une fonction harmonique bornée.* Note (*) de M. **Zeev Nehari**, présentée par M. Paul Montel.

D'après un résultat classique de H. A. Schwarz, la conjuguée $v(z)$ d'une fonction $u(z)$ qui est harmonique et bornée par l'unité pour $|z|<1$ satisfait à l'inégalité précise

$$|v(z)-v(0)|\leq\frac{2}{\pi}\log\frac{1+|z|}{1-|z|}.$$

Pour généraliser ce résultat au cas d'un domaine multiplement connexe D, il faut évidemment ajouter l'hypothèse que la conjuguée $v(z)$ soit uniforme dans D. On obtient le résultat suivant.

*Soit $u(z)$ harmonique et $|u(z)|<1$ dans un domaine* D *qui est limité par les courbes analytiques fermées* $C_1, \ldots, C_n$, *et soit $v(z)$, la conjuguée harmonique de $u(z)$, uniforme dans* D. *Si $\xi$ et $\eta$ sont deux points distincts de* D, *on a l'inégalité précise*

$$(1)\qquad |v(\xi)-v(\eta)|\leq\frac{1}{\pi}\sum_{\nu=1}^{n}\left|V_\nu\left[N(z,\xi)-N(z,\eta)+\sum_{\mu=1}^{n-1}\lambda_\mu\omega_\mu^*(z)\right]\right|,$$

*où $N(z,\xi)$ est la fonction de Neumann de* D, *$\omega_\mu^*(z)$ est la conjuguée harmonique de la mesure harmonique $\omega_\mu(z)$ de* D *par rapport à $C_\mu$[$\omega_\mu(z)$ étant la fonction harmonique dans* D *qui prend les valeurs $\delta_{\nu\mu}$ sur $C_\nu$], et $V_\nu$[ ] dénote la variation maximale de l'expression entre crochets pour $z\in C_\nu$. Les $\lambda_\mu$ sont des nombres réels arbitraires.*

*La fonction $U(z)$ pour laquelle l'égalité a lieu dans* (1) *est de la forme $U(z)=R\{F(z)\}$, où la fonction analytique $w=F(z)$ représente* D *conformément sur une surface composée de n exemplaires de la bande infinie $-1<R\{w\}<1$.*

*Démonstration.* — Sur $C(C=C_1+\ldots+C_n)$, $N(z,\zeta)$ a une dérivée normale constante $2\pi L^{-1}$, où L est la longueur de C, et $N(z,\zeta)+\log|z-\zeta|$ est harmonique dans D. Par conséquent, la fonction $N(z;\zeta,\eta)=N(z,\zeta)-N(z,\eta)$ a une dérivée normale nulle sur C et, si $v(z)$ est harmonique dans D, on trouve par une application de la formule de Green que

$$v(\zeta)-v(\eta)=-\frac{1}{2\pi}\int_C[v(z)]_n N(z;\zeta,\eta)\,ds,$$

où $[\ ]_n$ dénote la dérivée par rapport à la normale intérieure. Si, en particulier $v(z)$ est la conjuguée de $u(z)$, on a $[v(z)]_n=[u(z)]_s$, et la dernière identité s'écrit

$$(2)\qquad v(\zeta)-v(\eta)=-\frac{1}{2\pi}\int_C[u(z)]_s N(z;\zeta,\eta)\,ds=\frac{1}{2\pi}\int_C u(z)[N(z;\zeta,\eta)]_s\,ds.$$

(*) Séance du 23 avril 1951.

$v(z)$ est uniforme dans D. Donc, si $\omega_\nu = \omega_\nu(z)$ est la mesure harmonique de D par rapport à $C_\nu$ et $\omega_\nu^*$ sa conjuguée,

$$(3)\quad \int_C u[\omega_\nu^*]_s ds = -\int_C u[\omega_\nu]_n ds = -\int_C \omega_\nu [u]_n ds = -\int_{C_\nu} [u]_n ds = \int_{C_\nu} [v]_s ds = \int_{C_\nu} dv = 0$$

et l'on peut remplacer (2) par l'identité

$$(4)\quad v(\zeta) - v(\eta) = \frac{1}{2\pi}\int_C u(z)\left[N(z;\zeta,\eta) + \sum_{\nu=1}^{n-1}\lambda_\nu \omega_\nu^*(z)\right]_s ds,$$

où les $\lambda_\nu$ sont des paramètres réels arbitraires. En vertu de $|u(z)| < 1\,(z \in D)$, il s'ensuit que

$$(5)\quad |v(\zeta) - v(\eta)|\,\frac{1}{2\pi}\int_C \left|\left[N + \sum_{\nu=1}^{n-1}\lambda_\nu \omega_\nu^*\right]_s\right| ds.$$

Nous choisissons les paramètres $\lambda_\nu$ tels que le second membre de (5) atteigne sa valeur minimale. Si P désigne l'expression $\left[N + \sum_{\nu=1}^{n-1}\lambda_\nu \omega_\nu^*\right]_s$ ainsi obtenue, les conditions nécessaires satisfaites dans le cas du minimum s'écrivent

$$(6)\quad \int_C \{\text{signe } P\}[\omega_\nu^*]_s ds = 0 \qquad (\nu = 1, \ldots, n-1).$$

Si nous construisons une fonction harmonique $U(z)$ par le problème de Dirichlet

$$(7)\quad U(z) = \text{signe } P \,\#\, (z \in C), \qquad |U(z)| < 1 \,\#\, (z \in D),$$

il résulte de (6) et (3) que la conjuguée harmonique $V(z)$ de $U(z)$ est uniforme dans D.

En vertu de (7), nous avons $P = U(z)P$. Substituant cette identité dans (5) et utilisant (4), nous arrivons à $|v(\zeta) - v(\eta)| \leqq |V(\zeta) - V(\eta)|$, ce qui montre que la fonction $U(z)$ est la solution du problème d'extrémum : $|v(\zeta) - v(\eta)| = \max.$, $v(z) =$ conjuguée de $u(z)$, $|u(z)| \leqq 1$.

Une application du principe de l'argument à la dérivée de la fonction analytique dont la partie réelle est $R = N + \sum_{\nu=1}^{n-1}\lambda_\nu \omega_\nu^*$ montre que $[R]_s$ ne peut s'annuler sur C plus de $2n$ fois. D'un autre côté, cette expression doit évidemment s'annuler deux fois au moins sur chaque $C_\nu$, correspondant au maximum et au minimum de R sur $C_\nu$. Évaluant l'intégrale dans (5) séparément le long des arcs où R est positif ou négatif, respectivement, nous obtenons l'inégalité (1). La caractérisation de l'extrémale $U(z)$ donnée dans l'énoncé est une conséquence immédiate de (7) et du fait que P a deux zéros sur chaque $C_\nu$.

TOPOLOGIE. — *Sur la cohomologie des variétés de Stiefel et de certains groupes de Lie.* Note de M. **Armand Borel**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le paragraphe 2 rappelle en les complétant, en particulier au point de vue multiplicatif, des résultats concernant les variétés de Stiefel énoncés par C. Ehresmann (1). Les nos 3 et 4 fournissent des renseignements sur la cohomologie des deux premiers groupes exceptionnels et des groupes de recouvrement simplement connexes des groupes orthogonaux.

1. *Notations et définitions.* — $SO(n)$ désignera le groupe orthogonal unimodulaire de $R^n$, Spin $(n)$ son groupe de recouvrement simplement connexe, $SU(n)$ le groupe unitaire unimodulaire de $C^n$, $Sp(n)$ le groupe unitaire de l'espace $K^n$ de $n$ variables quaternionniennes, $G_2$, $F_4$ les groupes exceptionnels à 14 et 52 paramètres, $V_{n,p}$ (resp. $W_{n,p}$, $U_{n,p}$) la variété de Stiefel des systèmes ordonnés de $(n-p)$ vecteurs orthonormaux de $R^n$ (resp. $C^n$, $K^n$), (définissant la même orientation de $R^n$ si $p=0$); ainsi $V_{n,0}=V_{n,1}=SO(n)$, $W_{n,1}=SU(n)$ et $U_{n,0}=Sp(n)$.

Nous noterons $H(X, A)$ l'anneau de cohomologie de X pour les coefficients A, $\tau H(X, Z)$ le sous-groupe de torsion des éléments d'ordre fini de $H(X, Z)$; soit $Z_2$ le corps des entiers modulo 2, nous dirons que $H(X, Z_2)$ a un *système simple de générateurs* $h_1, \ldots, h_m$ si les produits $(h_{i_1}.h_{i_2}.\ldots.h_{i_s})$, où $i_1<i_2<\ldots<i_s$ $(s=1, \ldots, m)$, forment une base de l'espace des éléments de degrés strictement positifs de $H(X, Z_2)$; en particulier si $H^0(X, Z_2)=Z_2$ et si $r_i$ est le degré de $h_i$ $(i=1, \ldots, m)$, le polynome de Poincaré mod 2 de X est

$$(1+t^{r_1})(1+t^{r_2})\ldots(1+t^{r_m}).$$

La structure multiplicative de $H(X, Z_2)$ sera alors complètement déterminée par la donnée des carrés $h_i.h_i$ $(i=1, \ldots, m)$.

2. *Les variétés de Stiefel.* — Théorème 1. — *Les éléments différents de zéro de* $\tau H(V_{n,p}, Z)$ *sont d'ordre* 2; $H(V_{n,p}, Z_2)$ *a un système simple de générateurs* $h_1, \ldots, h_{n-p}$ *de degrés* $p$, $(p+1)$, $\ldots$, $(n-2)$, $(n-1)$. *On a* $h_i.h_i=h_j$ *toutes les fois que le degré de* $h_j$ *est le double du degré de* $h_i$, *sinon* $h_i.h_i=0$.

Le cas particulier des $V_{n,n-2}$ est bien connu (2); à partir de là on peut procéder par récurrence en étudiant les anneaux spectraux (3) des fibrations $SO(n)/SO(p)=V_{n,p}$. Si $\bar{n}$ (resp. $\bar{p}$) est le plus grand (le plus petit) nombre $\leq n$ [$\geq p$], on voit de plus aisément que pour $p\leq(n-2)$ :

(1) C. Ehresmann, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1263.

(2) E. Stiefel, *Comm. Math. Helv.*, 8, 1935, p. 3-51.

(3) J. Leray, *Jour. math. pur. appl.*, 29, 1950, p. 169-213.

(4) Remplacé par un point si $\bar{n}=\bar{p}$.

$H(V_{n,p}, R)$ *est isomorphe à l'algèbre de cohomologie réelle de*

$$S_{2\bar{n}-3}\times S_{2\bar{n}-7}\times\ldots\times S_{2\bar{p}+1}, \quad (^4)$$

*multiplié encore par* $S_{n-1}$, *resp.* $S_p$, *si n, resp. p, est pair et par* $S_{n-1}\times S_p$ *si n et p sont pairs.*

Cette méthode ne permet cependant pas de déterminer les carrés $h_i.h_i$; pour les obtenir on fait appel d'une part à des résultats relatifs à la transgression (5) et d'autre part à des formules de Wu Wen-Tsün sur les $Sq^i$ dans les grassmanniennes (6).

En utilisant les analogues complexes et quaternionniens des fibrations précitées on retrouve sans difficulté le :

THÉORÈME 2. — *Les variétés* $W_{n,p}$ *et* $U_{n,p}$ *sont sans torsion et*

$$H(W_{n,p}, Z)=H(S_{2n-1}\times S_{2n-3}\times\ldots\times S_{2p+1}, Z)$$
$$H(U_{n,p}, Z)=H(S_{4n-1}\times S_{4n-5}\times\ldots\times S_{4p+3}, Z)\quad (^7)\qquad (0\leqq p\leqq n-1).$$

3. *Les groupes Spin (n).* — THÉORÈME 3. — $\tau H[\mathrm{Spin}(n), Z]=0$ *pour* $n\leqq 6$, $\tau H[\mathrm{Spin}(n), Z]\neq 0$ *si* $n\geqq 7$. *On obtient le polynome de Poincaré mod 2 de* Spin$(n)$ *en remplaçant dans l'expression* $(1+t)(1+t^2)\ldots(1+t^{n-1})$ *le produit* $(1+t^{k-1})(1+t^k)$ *par* $(1+t^{2k-1})$ *pour* $k=2, 4, \ldots, 2^s, \ldots (k\leqq n-1)$; *de plus* $H[\mathrm{Spin}(n), Z_2]$ *possède un système simple de générateurs* $h_1, \ldots, h_{m_n}$ *et l'on a* $h_i.h_i=h_j$ *toutes les fois que degré* $h_j=2$(*degré* $h_i$), *sinon* $h_i.h_i=0$.

Vu le théorème 1 et le fait que Spin $(n)$ recouvre deux fois $SO(n)$ si $n\geqq 3$, il est clair que $\tau H[\mathrm{Spin}(n), Z]\otimes Z_p=0$ pour $p$ premier $\geqq 3$; je ne sais si $\tau H[\mathrm{Spin}(n), Z]$ contient des éléments d'ordre $2^a$ avec $a\geqq 2$, c'est en tout cas impossible pour $n\leqq 16$. La démonstration du théorème 3 repose sur l'étude des anneaux spectraux des fibrations $\mathrm{Spin}(n)/\mathrm{Spin}(p)=V_{n,p}$.

4. *Les groupes exceptionnels* $G_2$ *et* $F_4$. — THÉORÈME 4. — $\tau H(G_2, Z)\neq 0$ *et ses éléments différents de zéro sont d'ordre 2;* $H(G_2, Z_2)$ *possède un système simple de générateurs* $h_1$, $h_2$, $h_3$ *de degrés* 3, 5, 6 *et* $h_1.h_1=h_3$, $h_2.h_2=h_3.h_3=0$.

THÉORÈME 5. — $\tau H(F_4, Z)\neq 0$, *il ne contient pas d'élément d'ordre* $\geqq 4$; $H(F_4, Z_2)=H(G_2\times S_{15}\times S_{23}, Z_2)$.

Pour $G_2$ on considère les fibrations $G_2/SU(2)=V_{7,5}$ dont l'existence s'établit facilement à partir de $G_2/SU(3)=S_6$, et $\mathrm{Spin}(7)/G_2=S_7$ (8). Pour $F_4$ on étudie les fibrations déduites des inclusions $T^4\subset \mathrm{Spin}(8)\subset \mathrm{Spin}(9)\subset F_4$, en tenant compte de la formule $H[F_4/\mathrm{Spin}(9), Z]=Z[x^8]/[x^{24}]$, conséquence immédiate des indications données dans la note (8). Pour voir que $\tau H(F_4, Z)\otimes Z_p=0$ si $p$ est premier $\geqq 5$, on se sert notamment du fait que

(5) *Voir* à ce sujet nne prochaine Note.

(6) WU WEN TSÜN, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 918.

(7) Le théorème 2 et le polynome de Poincaré mod 2 des $V_{n,p}$ figurent dans la note (1).

(8) A. BOREL, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1378.

le quotient par Spin(8) du normalisateur de Spin(8) dans $F_4$ est le groupe des permutations de trois objets et opère fidèlement sur $H[F_4/\mathrm{Spin}(8), Z]$. Je ne sais pas si $\tau H(F_4, Z)$ possède des éléments d'ordre 3; si oui on aurait alors $H(F_4, Z_3) = Z_3[x^8]/(x^{24}) \otimes H[\mathrm{Spin}(9), Z_3]$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les réseaux conjugués persistants à angle constant.* Note de M[lle] **Simone Lemoine**, présentée par M. Gaston Julia.

Les seuls réseaux, conjugués persistants au cours d'une déformation, dont une famille de courbes est trajectoire sous un angle constant des courbes de l'autre famille sont les réseaux de courbure des surfaces moulures cylindriques.

La démonstration de cette proposition se fait en trois parties, suivant que le réseau est supposé contenir zéro, une ou deux familles de lignes géodésiques.

1. *Réseaux conjugués persistants sans lignes géodésiques.* — Le $ds^2$ de la représentation sphérique d'un tel réseau s'exprime, comme l'on sait, à l'aide des dérivées d'une seule fonction $Q(u, v)$. En posant, avec M. V. Lalan (¹)

$$R = \frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v} - \frac{(U+V)^2}{U'V'}\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v}\right)^2, \tag{1}$$

cette fonction Q est solution de l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}\log R = \frac{U'V'}{(U+V)^2}\left[1 - \frac{R^2}{Q_{uv}^2}\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u\left(\frac{Q_v}{R}\right)_v\right] + \frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v}. \tag{2}$$

L'angle $\Omega$ de deux courbes $u = \text{const.}$, $v = \text{const.}$ de ce réseau vérifie alors la relation

$$\frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v}\sin^2\Omega - R = 0. \tag{3}$$

Si $\Omega$ est constant, l'équation (2) se simplifie considérablement. Elle se réduit à

$$\frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}\log R = \frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v},$$

et, $U_1$ et $V_1$ étant deux fonctions arbitraires de $u$ et $v$ respectivement, son intégration donne

$$R = U_1 V_1 e^{Q}.$$

La substitution de cette valeur R dans les équations (1) et (3) conduit au système différentiel

$$\frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v} - \frac{U_1 V_1}{\sin^2\Omega}e^{Q} = 0,$$

$$\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v}\right)^2 - \frac{U'V'}{(U+V)^2}\frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v}\cos^2\Omega = 0.$$

---

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1842 et *Bulletin de la Société mathématique de France*, **78**, 1950, p. 162-184.

qui devrait permettre de déterminer la fonction Q. Or les deux équations de ce système sont incompatibles. *Il n'existe donc pas de réseau, conjugué persistant dans la déformation de la surface support, pour lequel l'angle $\Omega$ soit constant.*

2. *Réseaux contenant une famille de lignes géodésiques.* — Avec des paramètres $u$ et $v$ convenablement choisis, on montre que l'élément linéaire de la représentation sphérique de ces réseaux prend la forme

$$ds^2 = \frac{P}{u}\,du^2 - 2\frac{\partial P}{\partial v}\,du\,dv + \frac{v}{u}\,dv^2,$$

équivalente à la forme connue [1]. P est alors solution de l'équation aux dérivées partielles du troisième ordre

$$(4)\qquad \frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}\log S = \frac{1}{2}\,\frac{1}{P-S}\left(\frac{P}{S}\right)_u \frac{\partial S}{\partial v} + 2\frac{\partial P}{\partial v},$$

où l'on a posé

$$(5)\qquad S = P - \frac{u^2}{v}\left(\frac{\partial P}{\partial v}\right)^2.$$

L'angle $\Omega$ est lié à P et S par la relation

$$P\sin^2\Omega - S = 0.$$

Si $\Omega$ est constant, l'équation (4) se ramène au premier ordre en introduisant une fonction arbitraire U de $u$. Ainsi, (4) et (5) conduisent à l'équation aux différentielles totales

$$dP = (2P + U)\,P\,du + \frac{\varepsilon\sqrt{vP}}{u}\cos\Omega\,dv, \qquad (\varepsilon = \pm 1).$$

dont la condition de complète intégrabilité est

$$\frac{\varepsilon\sqrt{vP}}{u}\left(3P + \frac{U}{2} - \frac{1}{u}\right)\cos\Omega = 0,$$

ce qui entraîne soit $3P + (U/2) - (1/u) = 0$, soit $\cos\Omega = 0$. Ces deux conditions sont, du reste, équivalentes et conduisent aux *réseaux de courbure des surfaces moulures cylindriques.*

3. *Réseaux de Voss.* — L'angle $\Omega$ devant alors être solution de

$$\frac{\partial^2\Omega}{\partial u\,\partial v} - \sin\Omega = 0,$$

la seule valeur constante qui peut lui être attribuée est $k\pi$. Mais dans ce cas, le réseau dégénère en une seule famille de courbes. *Il n'y a donc pas de réseaux de Voss pour lesquels $\Omega$ soit constant.*

Ainsi se trouve établi le fait que *les surfaces moulures cylindriques sont les seules surfaces déformables avec persistance d'un réseau conjugué dont les deux familles de courbes sont trajectoire l'une de l'autre sous un angle constant.*

---

(1) S. Finikoff, *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. xcvi, 1939, p. 22.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une classe de surfaces convexes, définie par le biparatingent.* Note de M. **Jean Mirguet**, transmise M. Georges Bouligand.

Cette étude tire les conséquences de conditions simplificatrices (nombre cardinal nul ou fini, complémentaire non vide) imposées soit en un point, soit partout, à un sous-ensemble du biparatingent, en matière de tangence et de convexité et les avantages qu'en recueille la comparaison, sur les orthosurfaces à ptg supérieur fini, des domaines de convexité et des domaines où la surface possède la véritable double courbure.

A l'exemple de M. Bouligand (1), j'ai déjà signalé des énoncés soit de plan tangent continu, soit de convexité, à la faveur d'une condition simple, imposée au $ptg_1$, au $ptg_2$, ou au biptg réduit (2). Ici, intervient un autre sous-ensemble du biptg : je désigne par plan $biptg_0$ en un point d'accumulation M d'un ensemble E, toute limite en M du plan d'un triplet ABC de E, dont les trois éléments tendent simultanément vers M, en supposant que le rayon du cercle ABC tende vers zéro; par $biptg_0$ en M, l'ensemble des plans $biptg_0$ en M ; et par (T) tout point où le $biptg_0$ de E contient toutes les directions de plans de l'espace.

1. En un point M de E, le plan de deux demi-tg non opposées, et le plan $\delta Mt$ d'une $ptgt_1$ $\delta$ concomitante (3) d'une demi-tg $Mt$, de support distinct de $\delta$, sont $biptg_0$. Si E est une orthosurface, trois demi-tg en M non coplanaires exigent un $biptg_0$ infini; donc, si le $biptg_0$ est fini, le ctg, et, par suite, le ptg, sont plans et l'on peut énoncer : *Une orthocourbe, dont le $biptg_0$ est toujours vide, a partout une tangente continue, une orthosurface, dont le $biptg_0$ est fini partout, possède, en chaque point, un plan tangent continu.*

2. Soit S, une orthosurfaee à ptg supérieur fini (4); puisqu'en chaque point. le ctg est un polyèdre convexe (5), tout point où le ctg n'est pas plan est un (T); or, l'ensemble des (T) est fermé; donc, si un point de S n'est pas un (T), *il est intérieur à un domaine de* S *à plan tangent*, continu d'après la finitude du $ptg_2$.

Désignons par (A) l'extérieur de l'ensemble des points où S possède la véritable double courbure (6) et prouvons que *si un point* M *de* (A) *n'est pas un* (T), *il est intérieur à un domaine convexe de* (A); M est intérieur, sur (A), à un domaine ($\mathcal{D}$) où S jouit partout d'un signe superficiel, constant, supposé

(1) *Introduction à la Geom. Inf. Directe.* Paris, 1932, § **141**, p. 166.

(2) J. Mirguet, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 592; **203**, 1936, p. 1218; **197**, 1933, p. 547.

(3) J. Mirguet, *Acta Mathematica*, **68**, p. 296.

(4) G. Bouligand, *Bull. de l'Acad. Polonaise*, 1930, § **11**, p. 418 et J. Mirguet, *Revue Scient.*, 15 janvier 1947, p. 69.

(5) J. Mirguet, *Acta, loc. cit.*, p. 293.

(6) J. Mirguet, *Revue Scient.*, 15 janvier 1947, p. 70, § 9.

négatif ([7]) et à plan tangent continu. Supposons que ($\mathcal{O}$) ne soit pas convexe; alors M est limite de points R où le plan tangent porte une demi-tg opposante R$t$ ([8]); soit, en R, une ptg$_1$ D, exclue du ptg$_2$, donc, distincte de R$t$. Commençons par établir le lemme : *le faisceau d'axe* D *appartient tout entier au biptg$_0$ en* R.

3. Soit respectivement L et $\sigma$, la courbe de contact et la section droite en R du cylindre circonscrit à S en R, et dont la génératrice est D; et L$_1$, l'arc de L, issu de R et de demi-tg R$t$ positive, dont tous les points sont, dans un voisinage fini de R, situés du côté positif du plan tangent en R; $\sigma_1$, l'arc de $\sigma$ dont chaque point est placé sur la même génératrice qu'un point de L$_1$. Sur $\sigma_1$, R est limite d'une suite de points (H$_i$) dont chaque élément H$_i$ jouit des propriétés suivantes :

Choisissons, sur le plan de $\sigma$, une droite $\Delta$, exclue du ptg$_1$ au voisinage de R et, par ailleurs, *arbitraire*.

1° La demi-tg H$_i t_i$ qui ne coupe pas la parallèle à $\Delta$ menée par R est positive.

2° Sur l'arc de $\sigma_1$ dont la demi-tg en H$_i$ est H$_i t_i$, H$_i$ est limite d'une nouvelle suite (H$_{ij}$), telle qu'en désignant par K$_{ij}$ et Q$_{ij}$ les points où le support de H$_i t_i$ rencontre respectivement la tangente à $\sigma$ en H$_{ij}$ et la parallèle à $\Delta$ menée par H$_{ij}$, et, en posant $H_iQ_{ij}=x$, $K_{ij}Q_{ij}=\xi$, $H_{ij}Q_{ij}=z$, la quantité $z(x\xi)^{-1}$ ne tende pas vers zéro, pour $H_{ij}\to H_i$.

3° La concavité locale de $\sigma$ en chaque H$_{ij}$ est positive.

Soit G$_i$ et G$_{ij}$ les points de L$_1$ situés respectivement sur les génératrices de H$_i$ et H$_{ij}$, Q$'_{ij}$ le point où la parallèle à $\Delta$ menée par G$_{ij}$ perce le plan tangent en G$_i$; K$'_{ij}$ le point où le plan tangent en G$_{ij}$ coupe le droite G$_i$Q$'_{ij}$; P$_{ij}$ et U$_{ij}$ les points de rencontre d'un des arcs d'opposition de G$_i$ ([9]) et des plans G$_{ij}$Q$_{ij}$Q$'_{ij}$ en G$_{ij}$K$_{ij}$K$'_{ij}$; posons $G_iQ'_{ij}=u$, $K'_{ij}Q_{ij}=v$, $Q'_{ij}P_{ij}=h$, $K'_{ij}U_{ij}=p$.

1$^{er}$ *Cas.* — Pour une sous-suite de (H$_{ij}$), H$_i$ reste entre K$_{ij}$ et Q$_{ij}$; alors $\xi > x$ et ni $zx^{-2}$, ni $zu^{-2}$ ne tendent vers zéro; or, $hu^{-1}\to 0$; donc, puisque l'axe d'opposition G$_i$P$_{ij}$ a pour unique demi-tg en G$_i$ la limite de G$_i$Q$'_{ij}$, ou $2zh^{-2}\to\infty$. Donc, le plan D$\Delta$ est biptg$_0$ en G$_i$.

2$^e$ *Cas.* — K$_{ij}$ finit par rester entre H$_i$ et Q$_{ij}$; les demi-plans issus de G$_{ij}$Q$'_{ij}$ en rencontrant le segment de droite K$'_{ij}$V$_{ij}$ contiennent tous (sauf peut-être celui d'une demi-tg d'opposition en G$_{ij}$) un triplet aligné de S dont les trois éléments sont entre G$_{ij}$ et l'arc d'opposition G$_i$P$_{ij}$; donc, puisque le ptg$_2$ est fini en G$_i$, $pv^{-1}\to 0$; par suite, si $hv^{-1}$ augmentait indéfiniment, la droite P$_{ij}$V$_{ij}$ finirait par couper le second arc d'opposition de G$_{ij}$ en un point distinct de V$_{ij}$ et P$_{ij}$ et tendant avec eux vers G$_i$; et D serait ptg seconde, ce qui est exclu.

---

([7]) J. MIRGUET, *Revue Scient.*, *loc. cit.*, § 7.

([8]) J. MIRGUET, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 24, § 1.

([9]) J. MIRGUET, *Comptes rendus*, 231, 1950, § 1, p. 24.

Or, $z(uv)^{-1}$ ne tend pas vers zéro, alors que $hu^{-1} \rightarrow 0$; donc, $zh^{-2} \rightarrow 0$ et le plan D$\Delta$ est encore biptg$_0$ en $G_i$.

Puisque $\Delta$ est arbitraire et le biptg$_0$ fermé, le lemme est démontré. Ce lemme étant applicable à tout axe D, exclu du ptg$_2$ en R, et puisque le ptg$_2$ est fini et le biptg$_0$ fermé, le point R est un (T), et il en est de même de M, limite des points R, contrairement à l'hypothèse.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Sur les formes harmoniques des variétés riemanniennes localement réductibles.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Sur une variété riemannienne localement réductible, toute forme harmonique est décomposable en somme directe de formes harmoniques pures. Application au cas où la variété est fibrée par les trajectoires du champ fondamental de $k$-vecteurs.

1. Cette Note utilise les résultats de deux Notes antérieures qu'elle complète en partie ([1]). Une variété riemannienne $V_m$ est *localement réductible* lorsqu'elle admet un champ de $k$-vecteurs partout régulier, à dérivée covariante nulle. On sait que, lorsqu'il en est ainsi, il est possible de choisir, au voisinage de tout point de $V_m$, des coordonnées locales telles que la métrique

$$ds^2 = g_{AB}(x^C)\, dx^A\, dx^B \qquad (A, B, C, \ldots = 1, 2, \ldots, m),$$

de $V_m$, se décompose en la somme de deux formes quadratiques différentielles

$$ds^2 = g_{ij}(x^k)\, dx^i\, dx^j + g_{\alpha\beta}(x^\gamma)\, dx^\alpha\, dx^\beta,$$

où $i$, $j$, $k$ et tout indice latin prennent les valeurs $(1, 2, \ldots, k)$ et $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ et tout indice grec les valeurs $(k+1, \ldots, m)$. Sur $V_m$ existent deux formes à dérivée covariante nulle adjointes l'une de l'autre qui s'expriment, en coordonnées locales, par les formules

$$\omega = \sqrt{\| g_{ij} \|}\, dx^1 \wedge \ldots \wedge dx^k, \qquad \pi = \sqrt{\| g_{\alpha\beta} \|}\, dx^{k+1} \wedge \ldots \wedge dx^m.$$

Une forme $\varphi_p^q$ de degré $p$, définie sur $V_m$, est dite *pure* et de poids $q$ si elle est homogène et de degré $q$ par rapport aux $(dx^i)$. Toute forme $\varphi_p$, de degré $p$, définie sur $V_m$, est somme directe de formes pures définies sur $V_m$

$$\varphi_p = \Sigma \varphi_p^q \qquad [l = \min(p, k)]. \tag{1}$$

Introduisons les opérateurs $K_h (h = 0, 1, \ldots k)$ définis dans [LIII 3] et associés à la forme $\omega$. Par un calcul local, on établit aisément que si $\varphi_p^q$ est une forme pure,

$$K_h \varphi_p^q = 0 \qquad (h \neq q) \tag{2}$$

et

$$K_{k-q} K_q \varphi_p^q = C \varphi_p^q, \tag{3}$$

où C est une constante non nulle. De (2) et (3), on déduit que si $\varphi_p$ est une forme arbitraire dont la décomposition en formes pures est donnée par (1),

$$(4)\qquad K_{k-q}K_q\varphi_p = C\varphi_p^q \qquad (q = 0, 1, \ldots, k).$$

Supposons la variété $V_m$ compacte et orientable et la forme $\varphi_p$ *harmonique*. Les opérateurs $K_h$ transformant toute forme harmonique en une forme harmonique, on déduit de (4) :

THÉORÈME 1. — *Si $V_m$ est une variété compacte, orientable, localement réductible, toute forme harmonique $\varphi_p$ sur $V_m$ est somme directe de formes pures harmoniques sur $V_m$.*

*Dans le cas des formes harmoniques $\varphi_1$ ou $\varphi_p^0$ ou $\varphi_p^k$ la séparation des variables est manifestement complète* (1).

2. Désignons par $F_k(x)$ et $E_{m-k}(x)$ les variétés issues du point $x \in V_m$, trajectoires respectivement du champ considéré de $k$-vecteurs et du champ de $(m-k)$-vecteurs orthogonaux. Nous ferons d'abord l'hypothèse suivante :

*Hypothèse. Les $F_k(x)$ définissent une fibration de $V_m$ à fibre compacte.*

L'espace de base de $V_m$ dans cette fibration sera désignée par $B_{m-k}$, la projection canonique par $p$; U sera un voisinage de $B_{m-k}$ pour lequel $\overset{-1}{p}(U)$ est homéomorphe au produit topologique $U \times F_k$.

Désignons par $\varphi_{i_1\ldots i_q\alpha_1\ldots\alpha_{q'}}(x)$ les composantes d'une forme $\varphi$ pure, harmonique sur $V_m$. Considérons cette forme comme définissant dans $\overset{-1}{p}(U)$ le noyau d'une équation intégrale (2) sur les formes. Les valeurs et formes de Schmidt de ce noyau sont définies par les équations

$$(5)\qquad \chi_{\alpha_1\ldots\alpha_{q'}}(x^\beta) = \lambda\int_{F_k} \varphi_{i_1\ldots i_q\alpha_1\ldots\alpha_{q'}}(x)\,\psi^{i_1\ldots i_q}(x^k)\,\omega,$$

$$(6)\qquad \psi_{i_1\ldots i_q}(x^k) = \lambda\int_U \varphi_{i_1\ldots i_q\alpha_1\ldots\alpha_{q'}}(x)\,\chi^{\alpha_1\ldots\alpha_q}(x^\beta)\,\pi.$$

De l'harmonicité de $\varphi$ sur $V_m$, on déduit immédiatement que, quelle que soit $\chi$, la forme $\psi$ définie par (6) sur $\overset{-1}{p}(U)$ est telle que $d\psi = \partial\psi = 0$, et par suite définit une forme harmonique sur $F_k$. Les formes $\psi$ de Schmidt appartiennent donc à un espace vectoriel fini et le spectre de Schmidt de $\varphi$ est fini. Le noyau $\varphi$ est donc dégénéré dans $\overset{-1}{p}(U)$ et il existe dans $\overset{-1}{p}(U)$ des formes harmoniques $\psi_{(r)}^U(x^k)$ et $\chi_{(r)}^U(x^\beta)$, les premières orthonormées dans $F_k$, les secondes orthogonales dans U telles que

$$(7)\qquad \varphi = \sum_r \psi_{(r)}^U(x^k) \wedge \chi_{(r)}^U(x^\beta).$$

Si U et V sont deux ouverts de $B_{m-k}$, à intersection connexe ou non, pour

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 146-147 et p. 677-679 (notées ici LII et LIII). *Voir* aussi Conférence du *Coll. de Géométrie différentielle*, *Louvain* (avril 1951) (sous presse).

(2) *Voir* P. BIDAL et G. DE RHAM, *Comm. Math. Helv.*, 19, 1946, p. 42-46.

lesquels on a respectivement (7) et

$$\varphi = \sum_s \psi^{\mathrm{V}}_{(s)}(x^k) \wedge \chi^{\mathrm{V}}_s(x^3). \tag{8}$$

On voit immédiatement, en se plaçant dans $U \cap V$, que si l'on introduit la matrice orthogonale fixe d'éléments $a_{rs} = (\psi^{\mathrm{U}}_{(r)}, \psi^{\mathrm{V}}_{(s)})$ (le produit scalaire étant évalué sur $F_k$), les formules

$$\psi^{\mathrm{U}}_{(r)} = \Sigma a_{rs} \psi^{\mathrm{V}}_{(s)}, \qquad \chi^{\mathrm{U}}_{(r)} = \Sigma a_{rs} \chi^{\mathrm{V}}_{(s)}$$

permettent le prolongement de (7) à $U \cup V$. Il existe donc des formes $\psi_{(r)}(x^k)$ et $\chi_{(r)}(x^3)$ harmoniques sur $V_m$ telles que sur $V_m$

$$\varphi = \Sigma \psi_{(r)} \wedge \chi_{(r)}.$$

Théorème 2. — *Si les trajectoires $F_k(x)$ du champ de k-vecteurs d'une variété localement réductible $V_m$ définissent une fibration de $V_m$ à fibre compacte, toute forme harmonique sur $V_m$ s'exprime comme somme de produits de formes harmoniques sur $V_m$ s'exprimant localement au moyen des variables de l'un ou l'autre type.*

Les applications à la cohomologie de $V_m$ à coefficients réels sont immédiates.

3. Les mêmes résultats sont aussi valables sous l'hypothèse suivante (3) : autour de chaque $x$ de $V_m$ on peut trouver un voisinage de $x$ dans $E_{m-k}(x)$ tel que toute $F_k$ coupe ce voisinage en un point au plus, les $F_k$ étant compactes.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Information et régression.* Note de MM. **Robert Féron** et **Claude Fourgeaud**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit un couple aléatoire XY de densité de probabilité $f(x, y)$ tel que

$$f(x,y) = A(x)\,\alpha_x(y) = B(y)\,\beta_y(x).$$

On peut définir l'information $\mathcal{J}_Y$ relative à la variable aléatoire Y de densité marginale $B(y)$ et l'information liée $Y_x$ où la variable aléatoire $Y_x$ a une densité $\alpha_x(y)$.

Il est assez normal de vouloir définir cette information de manière à ce qu'elle vérifie la propriété.

$$E(\mathcal{J}_{Y_x}) \geqq \mathcal{J}_Y,$$

l'égalité étant réalisée si, et si seulement les variables aléatoires X et Y sont indépendantes.

Théorème. — *Toute quantité d'information $\mathcal{J}_Y$ telle que*

$$\mathcal{J}_Y = \int H[B(y)]\,dy,$$

*où H est une fonction convexe vérifie la propriété précédente.*

---

(3) *Voir* A. G. Walker, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1465, postulat 1 et théorème 1.

*Définitions*. — Désignons par $\Delta\mathcal{J} = E\mathcal{J}_{Y_x} - \mathcal{J}_Y$ le gain d'information fourni par la liaison stochastique de Y par $x$ et soit $y = \varphi(x)$ l'équation de la ligne de régression de $y$ en $x$.

Nous dirons avec S. Bernstein (¹) que si

$$\alpha_x(y) = \psi[y - \varphi(x)],$$

Y est en corrélation dure relativement à X.

Si

$$\alpha_x(y) = \lambda(x)\varphi[y\lambda(x)],$$

Y est en corrélation simplement élastique, posons

$$Y_x^* = Y_x - \varphi(x),$$

cette variable aléatoire a pour densité marginale

$$g(y^*) = \int \alpha_x[y + \varphi(x)]A(x)\,dx;$$

décomposons $\Delta\mathcal{J}$ sous la forme

$$\Delta\mathcal{J} = [E\mathcal{J}_{Y_x} - \mathcal{J}_{Y^*}] + [\mathcal{J}_{Y^*} - \mathcal{J}_Y] = E + D.$$

E peut être considéré comme le gain d'information élastique et D comme le gain d'information dure.

Si $E = 0$ il y a corrélation dure et réciproquement. Dans le cas de la corrélation élastique $D = 0$.

*Quantité d'information de Shannon-Wiener* (²), (³). — La quantité d'information de Shannon-Wiener

$$I_Y = \int B(y) \log B(y)\,dy$$

appartient à la classe des indices d'information définis précédemment et est tel en outre que

$$\Delta\mathcal{J} = \mathcal{J}_{xy} - \mathcal{J}_x - \mathcal{J}_y.$$

*Application aux lois ellipsoïdales*. — Ces lois sont de la forme

$$f(x, y) = \Phi(Ax^2 + 2Bxy + Cy^2)$$

les lignes de régression sont les droites

$$y = -\frac{B}{C}x, \qquad x = -\frac{B}{A}y, \qquad R^2 = \frac{B^2}{AC}.$$

---

(¹) La définition de la corrélation dure, élastique ou isogène est due à Serge Bernstein (*Fondements géométriques de la théorie des corrélations Métron*, **7**, fasc. **2**, 1928, p. 3-28).

(²) Wiener, *Cybernetics*, 1948, p. 75.

(³) Shannon, *Bell syst. techn. Journ.*, **27**, 1948, p. 379-423 et 623-656.

Ces lois admettent comme cas particulier la loi de Laplace-Gauss et la loi de Sarmanov ([4]) dont la forme réduite est

$$f(x, y) = (\mathrm{A}x^2 + 2\mathrm{B}xy + \mathrm{C}y^2 + \mathrm{D})^{-n} \qquad (\mathrm{AC} - \mathrm{B}^2 > 0,\ n > 1).$$

Théorème. — *Dans le cas des lois ellipsoïdales le gain d'information dure est égal à* $-\frac{1}{2}\operatorname{Log}(1 - \mathrm{R}^2)$.

On sait que la loi de Laplace-Gauss est sous certaines hypothèses de dérivabilité la seule loi à corrélation dure de $y$ en $x$ et de $x$ en $y$ dont les lignes de régression soient linéaires. Aussi de toutes les lois ellipsoïdales sur lesquelles R est connu, c'est celle sur laquelle le gain d'information est minimum.

*Remarque.* — La théorie exposée ci-dessus reste valable quand $y = \varphi(x)$ n'est plus la ligne de régression, mais une courbe quelconque (choisie par exemple dans le but de rendre maximum l'information dure).

MÉCANIQUE STATISTIQUE ET THÉORIE DE L'INFORMATION. — *Adaptation du message à la ligne de transmission* : I. *Quanta d'information.* Note de M. **Benoit Mandelbrot**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les mots (au sens vulgaire) satisfaisant à une statistique privilégiée de la forme $p_n \sim \mathrm{A}(n + n_0)^{-\mathrm{B}}$, ils quantifient l'information de façon naturelle.

1. *Codage à la Shannon*([1]). — Pour transmettre un message, on peut grouper les lettres en quanta égaux. La statistique des quanta tendant vers celle de Laplace quand ils s'allongent, le nombre moyen de signaux à envoyer par lettre tend vers un minimum proportionnel à $\mathrm{H} = -\sum p_n \log p_n$, qui définit la *quantité d'information*. Les codages approchés, purement théoriques et en pratique inutilisables, donnés par Shannon n'exigent pas de *tops* spéciaux pour marquer la fin des quanta.

2. *Codage ordinal.* — L'hypothèse réaliste que les quanta sont définis *a priori*, et leurs codages digitaux séparés par des tops, enrichit considérablement la théorie. Notre *codage*, dit *ordinal*, fera se correspondre les classements des quanta par $p_n$ décroissants, et des codages par *coûts* croissants (en temps, entropie ou tout autre substance critique). Ce codage ne dépend que de la ligne, et le message ainsi codé est le moins cher pour les $p_n$ donnés.

Mais il n'est pas en général le moins cher pour le H donné, et ce n'est pas une suite aléatoire de symboles. Ceci pose deux problèmes successifs *d'adaptation à la ligne du message à coder*.

---

([4]) Sarmanov, *Bull. Acad. Sc. U. R. S. S., Ser. Math.*, 9, n° 3, 1945, p. 200-230.

([1]) *Bell System Technical Journal*, 27, 1948.

On montrera que *la ligne détermine entièrement un message optimum.* Il est remarquable que *les statistiques expérimentales des mots* (au sens vulgaire) dans les langues écrites, réunies par G. K. Zipf (²), *sont toutes du type optimum défini par ces deux problèmes. Les mots constituent donc des quanta naturels d'information.*

Soit $q+1$ le nombre des états $E_g$, l'état $E_0$ étant réservé aux tops de fin de mot (donc $q \geqq 2$). Nous supposons $q$ petit comparé au nombre R de mots. Soit $C_g$ le coût de $E_g$, $M(j)$ le nombre des suites de symboles (nombres) de coût total $=j$; $N(j)$, des suites de coût $\leqq j$. $M(j)=\sum_1^q M(j-C_g)$, d'où asymptotiquement $M(j) \sim M^j$ où M est la plus grande racine de $\sum_1^q M^{-C_g}=1$, et $N(j)=\sum_0^j M(i) \sim -n_0+M^{j-j_0}$, soit $j_n-j_0 \sim \log_M(n+n_0)$. M' sera la racine de $\sum_0^q=0$ $\left(\text{au lieu de } \sum_1^q=0\right)$, $j'$ le coût correspondant.

*Cas particulier.* — Si $C_i=1$, $M=q$, $M(j)=M^j$ *exactement*, et

$$N(j)=M(M-1)^{-1}(M^j-1);$$

alors

$$j_n=-1+\frac{\log(q-1)}{\log q}+[\log_q\{n+q(q-1)^{-1}\}]$$

est le coût du $n^{\text{ième}}$ nombre par coûts croissants (³).

3. *Point de vue du coût. Adaptation de $p_n$ à* H *et à la ligne (c'est-à-dire au codage).* — Le coût de transmission en codage ordinal est en moyenne $C+C_0=\sum p_n j_n+C_0$ par mot. D'après Shannon, il serait proportionnel à $H=-\sum p_n \log p_n$. Pour H donné, l'excès de coût (donc la redondance) est minimum si $p_n=AM^{-Bj_n}$, où $B \geqq 0$ dépend de la ligne, et (surtout) de H. Appelons $\Theta=1/B$ la *température cybernétique* du message.

$$H=\sum p_n B j_n \log M+\log \sum (M^{-Bj_n}).$$

$$\frac{dH}{dB}=-(\log^2 M) B \left[\sum j_n^2 p_n-\left(\sum j_n p_n\right)^2\right].$$

(²) *Human Behavior and the Principle of Least Effort*, Addison-Wesley Press, 1949.

(³) $[\log x]=1+$ partie entière de $\log x$.

Le crochet est $>0$ par l'inégalité de Schwartz, donc $dH/dB < 0$, $dH/d\Theta > 0$. H croît continûment de o à $\log R$ quand $\Theta$ va de o à $+\infty$. H détermine donc $\Theta$ pour R donné. Notre critère a par conséquent consisté à rendre o la variation *libre* de $A = C - \Theta H$ (c'est-à-dire de l'excès de coût si le coût par symbole à la Shannon était $1/\Theta$). Si l'on interprète C comme énergie, H comme entropie, A, qui correspond à l'énergie utilisable de Helmholtz, est l'énergie disponible pour la dissipation. Il semble donc légitime d'interpréter R comme volume, R et $\Theta$ comme variables d'état.

Si $B > 1$, R peut être infini. Ceci est commode, (car il est difficile de compter les mots rares) et n'est pas absurde, car d'une part les mots de rang très élevé ajoutent ici très peu à H ou à C; d'autre part, dans un texte réel, la proportion de mots dépassant une certaine longueur est de toute façon négligeable. H croît de o à $\infty$ quand $\Theta$ va de o à $+1$.

4. *Point de vue de la structure. Adaptation de $p_n$ et de H à la ligne (c'est-à-dire au codage).* — Elle exige que le message codé soit une suite aléatoire stationnaire des $E_g$. Soit $r'_g = \Pr(E_g)$. Alors si le $n^{\text{ième}}$ nombre exige 1 top $+ f$ symboles :

$$p_n = (1 - r'_0)^{f-1} r'_0 \prod \frac{r'_g}{1 - r'_0} = \frac{r'_0}{1 - r'_0} \prod r'_g,$$

$p_n$ ne doit dépendre que du coût, somme des coûts des symboles, qui est la seule grandeur ayant un sens physique, d'où $r'_g = M'^{-C_g}$ où $M'$, déterminé par $\sum_0^q M'^{-C_g} = 1$, est le même que dans le paragraphe 2. Alors $p_n = AM^{-Bj_n}$ *qui est une loi du type du paragraphe* 3, où $A = r'_0(1 - r'_0)^{-1}$, $B = \log_M M' = \log M'/\log M \geq 1$.

5. *La ligne détermine donc $p_n$, donc aussi :*

$$C + C_0 = -\Sigma p_n \log_{M'} p_n + [-\log_{M'}(1 - r'_0)]$$

(ce qui pour $r'_0 \to 0$ permet de retrouver la propriété de minimum absolu de l'expression de H).

*Comportement de $p_n$.* — Comme $j_n \sim j_0 + \log_M(n + n_0)$, on a $p_n \sim A'(n + n_0)^{-B}$, *en accord surprenant avec les résultats de Zipf* (²).

Pour $j \gg 1$, $p_n \sim A'^{-B}_n$ (*loi ordinale*) *qui correspond à la statistique de Boltzmann.* C'est la loi à laquelle nous aurait conduit un codage analogique.

Pour *j plus petit*, et $B - 1 \ll 1$, $p_n \sim A'(n + n_0)^{-1}$ : il y a une *divergence par défaut* de la loi ordinale, dans le même sens que dans *la statistique de Fermi-Dirac*, et due aux mêmes causes, quantification du coût et exclusion.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Détermination des contraintes résiduelles dans un cylindre d'acier cémenté trempé.* Note de MM. **Jacques Pomey, Louis Abel** et **Pierre Yenin**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'analyse quantitative du développement des contraintes au cours de la trempe d'un cylindre cémenté montre que la couche cémentée s'écrouit pendant la transformation bainitique isotherme du cœur, de sorte que les contraintes dues à la transformation martensitique de la couche cémentée sont prédominantes. L'ordre de grandeur des contraintes de compression plane dans la couche cémentée précédemment obtenu par dureté hertzienne se trouve confirmé.

La méthode Mesnager [1] suppose implicitement que les contraintes résiduelles résultent d'une variation de volume spécifique dont les dilatations linéaires élémentaires $\lambda$ sont isotropes; en coordonnées cylindriques les formules liant les déformations aux contraintes s'écrivent :

$$(1)\qquad \begin{cases} E\varepsilon_z = \sigma_z - \nu(\sigma_\theta + \sigma_r) + E\lambda, \\ E\varepsilon_\theta = \sigma_\theta - \nu(\sigma_r + \sigma_z) + E\lambda, \\ E\varepsilon_r = \sigma_r - \nu(\sigma_z + \sigma_\theta) + E\lambda. \end{cases}$$

On admet que dans le cylindre très long de diamètre R, une section droite reste plane $\varepsilon_z = M_R$ si $M_R$ est la moyenne de $\lambda$ dans la section droite circulaire de rayon R. La valeur des contraintes en fonction de la distance $r$ à l'axe se déduit des formules

$$(2)\qquad \begin{cases} \sigma_z = \dfrac{E}{1-\nu}(M_R - \lambda), \\ \sigma_\theta = \dfrac{E}{1-\nu}\left(\dfrac{M_R + M_r}{2} - \lambda\right), \\ \sigma_r = \dfrac{E}{1-\nu}\,\dfrac{M_R - M_r}{2}. \end{cases}$$

La méthode d'analyse par forage et alésage aux diamètres successifs $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n$ avec mesure à chaque fois du diamètre extérieur permet de calculer les valeurs de $M_R$ à partir de la variation de cotes $\Delta_{\rho_{n-1}}^{\rho_n}\varepsilon_\theta$ grâce à la formule de récurrence $\Delta_{\rho_{n-1}}^{\rho_n}\varepsilon_\theta = M_{R_{\rho_n}} - M_{R_{\rho_{n-1}}}$. De là, on remonte aux valeurs de $\lambda$ puis aux contraintes.

Par contre, lorsqu'il y a déformation plastique, l'anisotropie des déformations élémentaires $h$, $k$, $l$ obligent d'écrire les formules

$$(3)\qquad \begin{cases} E\varepsilon_z = \sigma_z - \nu(\sigma_\theta + \sigma_r) + Eh, \\ E\varepsilon_\theta = \sigma_\theta - \nu(\sigma_r + \sigma_z) + Ek, \\ E\varepsilon_r = \sigma_r - \nu(\sigma_z + \sigma_\theta) + El, \end{cases}$$

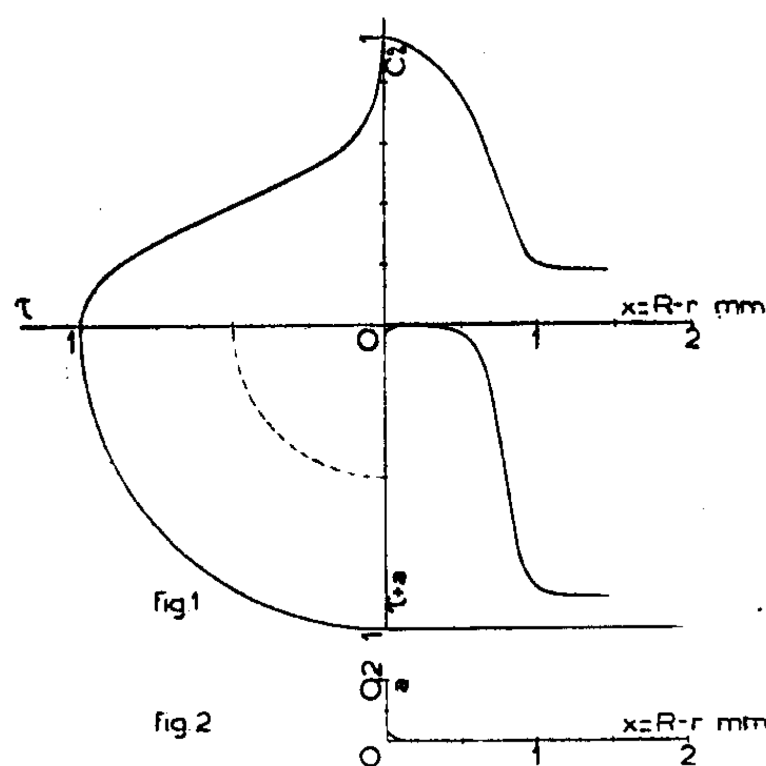
---

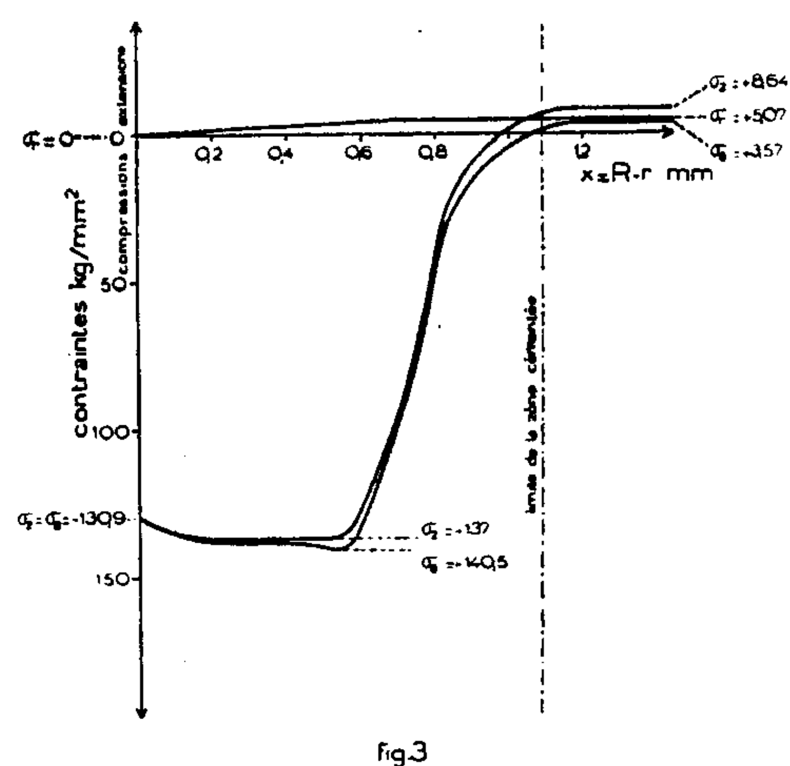
[1] *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1391.

ce qui revient à introduire dans les calculs un tenseur déformation plastique. Les formules plus compliquées auxquelles on arrive sont alors applicables dans tous les cas de génération de contraintes résiduelles.

Nous avons appliqué ces méthodes au calcul des contraintes résiduelles d'un cylindre ($d = 58$ mm) d'acier nickel-chrome cémenté soumis à la trempe au sel 2 mn à 225°. La cémentation est assez lente et la température suffisante pour ne pas donner de contraintes.

Le système $S_1$ de contraintes, provenant de la trempe et éventuellement de la transformation bainitique sensiblement isotherme du cœur, a été déterminé par ailleurs sur un cylindre soumis au même cycle mais préservé de la cémentation par argenture. La méthode générale issue des formules (3) montre que les contraintes ainsi développées restent négligeables, le maximum étant de 2 kg : mm² en surface. Le système $S_2$ de contraintes résultant de l'expansion de la couche cémentée encore austénitique à 225° pendant la transformation bainitique du cœur a été calculé. D'une part l'étude dilatométrique montre que l'expansion bainitique à 225° est de $6,3.10^{-3}$; d'autre part, l'essai de traction sur éprouvette d'acier austénitique Hadfield choisi par analogie avec la couche cémentée montre un relèvement de 5 kg : mm² de sa limite élastique pour un allongement uniaxial de $6,3.10^{-3}$; comme il s'agit de petites déformations, nous pouvons admettre que l'extension biaxiale subie par la couche cémentée austénitique entraîne un relèvement double, c'est-à-dire que, si la limite élastique de celle-ci à 225° est estimée à 32 kg : mm², il se développe une contrainte plane de + 42 kg : mm² avec écrouissagé; dans la couche de transition la couche est $42(1-\tau)$, si $\tau$ est le taux d'avancement de la transformation bainitique.




Le système $S_3$ de contraintes développées au cours du refroidissement consécutif par l'expansion martensitique de la couche cémentée a été calculé à partir des formules (2). Pour y parvenir, il faut connaître la quantité $m$ de

martensite formée en fonction du rayon $r$. Nous y sommes parvenus (*fig.* 1) en utilisant la courbe de concentration du carbone en fonction de $r$ et la courbe des taux de décomposition isotherme au bout de 2 mn à 225° en fonction des teneurs en carbone déterminées par ailleurs sur toute une gamme d'acier. Il convient, en outre, de déduire (*fig.* 2) la quantité d'austénite résiduelle déterminée dans chaque couche superficielle par diffraction X et mesure au compteur Geiger-Müller. Les résultats obtenus ont d'ailleurs été confirmés par une autre méthode déduite de la courbe de dureté en fonction de $r$ et de la dureté des constituants micrographiques purs en fonction de la teneur en carbone. Le maximum de contrainte atteint — 182,5 kg/mm².

En faisant la somme des contraintes données par les trois systèmes $S_1$, $S_2$ et $S_3$, nous obtenons les valeurs de la figure 3. Le maximum de contrainte de compression plane dans la couche cémentée est de 140 kg/mm², ce qui confirme l'ordre de grandeur précédemment trouvé par mesure de dureté hertzienne [2].

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'effet terrestre apparent de l'activité solaire.* Note de M. **Jiři Bouška**, présentée par M. Bernard Lyot.

L'asymétrie de la distribution des figures diverses sur le disque solaire, par rapport au méridien central, est déjà connue depuis longtemps. En 1907, Mme Maunder a publié son mémoire classique dans lequel elle expliquait la prépondérance des taches solaires sur l'hémisphère E par l'influence de la Terre. Plus tard il a été examiné si ce qu'on appelle « effet terrestre » ne se manifeste pas aussi dans d'autres figures solaires, telles que éruptions chromosphériques, protubérances, filaments et flocculi; mais des résultats homogènes n'ont pas été obtenus.

Cette publication contient la recherche de l'asymétrie pour la formation et la décadence des taches, les nombres relatifs de Wolf, les éruptions chromosphériques, les protubérances et la couronne dans la période de 1935-1949. Les publications [1] ont été utilisées pour la statistique des formations et décadences des taches. Pour la formation des nouvelles taches, ont été prises en considération les distances au méridien central $78°\,E < \alpha < 90°\,O$, pour la décadence des taches $90°\,E < \alpha < 78°\,O$. De notre tableau, il est évident que, pour la formation de nouvelles taches, il y a une prépondérance importante sur l'hémisphère E. La décadence des taches est, d'une manière analogue, plus de deux fois plus élevée sur l'hémisphère O que sur l'hémisphère E. L'étude de l'asymétrie dans la distribution des formations et des décadences fera l'objet d'une autre publication.

---

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1565.

(1) *Publ. Eidg. Sternwarte Zürich*, Bd. VII-IX.

| Année. | Nombre des formations des taches. $N_E$. | $N_O$. | $\frac{N_E}{N_O}$. | Nombre des décadences des taches. $N_E$. | $N_O$. | $\frac{N_E}{N_O}$. | Nombre relatif de Wolf. $N_E$. | $N_O$. | $\frac{N_E}{N_O}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1935.......... | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1936.......... | – | – | – | – | – | – | 39,7 | 40,2 | 0,99 |
| 1937.......... | – | – | – | – | – | – | 54,9 | 59,7 | 0,92 |
| 1938.......... | 205 | 172 | 1,19 | 118 | 205 | 0,58 | 53,0 | 56,5 | 0,94 |
| 1939.......... | 187 | 130 | 1,44 | 103 | 192 | 0,54 | 42,4 | 46,7 | 0,90 |
| 1940.......... | 154 | 103 | 1,49 | 65 | 139 | 0,47 | 31,8 | 36,0 | 0,88 |
| 1941.......... | 107 | 72 | 1,48 | 55 | 112 | 0,49 | 23,2 | 24,2 | 0,94 |
| 1942.......... | 65 | 59 | 1,10 | 35 | 57 | 0,61 | 14,4 | 16,2 | 0,89 |
| 1943.......... | 29 | 30 | 0,97 | 21 | 38 | 0,55 | 7,7 | 8,6 | 0,89 |
| 1944.......... | 31 | 32 | 0,97 | 23 | 33 | 0,70 | 4,7 | 4,9 | 0,96 |
| 1945.......... | 81 | 61 | 1,33 | 48 | 94 | 0,51 | – | – | – |
| 1946.......... | 202 | 110 | 1,83 | 105 | 195 | 0,54 | – | – | – |
| 1947.......... | 415 | 269 | 1,54 | 181 | 461 | 0,39 | – | – | – |
| 1948.......... | 318 | 190 | 1,68 | 156 | 329 | 0,48 | – | – | – |
| 1949.......... | 473 | 220 | 2,15 | 144 | 492 | 0,34 | – | – | – |
| $\Sigma N_E, \Sigma N_O$, M ... | 2267 | 1448 | 1,57 | 1054 | 2347 | 0,45 | 271,8 | 293,0 | 0,93 |

| Année. | Nombre des éruptions chromosphériques. $N_E$. | $N_O$. | $\frac{N_E}{N_O}$. | Fréquence des protubérances. $N_E$. | $N_O$. | $\frac{N_E}{N_O}$. | Émission totale de la couronne (5303 Å). $N_E$. | $N_O$. | $\frac{N_E}{N_O}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1935.......... | 84 | 80 | 1,05 | – | – | – | – | – | – |
| 1936.......... | 346 | 313 | 1,10 | 6,44 | 7,11 | 0,90 | – | – | – |
| 1937.......... | 400 | 432 | 0,92 | 6,33 | 7,32 | 0,88 | – | – | – |
| 1938.......... | 498 | 485 | 1,03 | 5,92 | 5,75 | 1,03 | – | – | – |
| 1939.......... | 391 | 385 | 1,02 | 3,56 | 3,40 | 1,05 | 1096 | 1141 | 0,96 |
| 1940.......... | 185 | 207 | 0,89 | 3,98 | 3,94 | 1,01 | 1597 | 1617 | 0,99 |
| 1941.......... | 175 | 154 | 1,13 | 3,13 | 2,67 | 1,17 | 2963 | 3208 | 0,92 |
| 1942.......... | 88 | 111 | 0,79 | 2,51 | 2,47 | 1,02 | 2941 | 3094 | 0,95 |
| 1943.......... | 77 | 71 | 1,09 | 1,66 | 2,19 | 0,76 | 4004 | 4163 | 0,96 |
| 1944.......... | 22 | 19 | 1,16 | 2,12 | 2,64 | 0,80 | 628 | 958 | 0,66 |
| 1945.......... | 77 | 55 | 1,40 | – | – | – | 2428 | 2711 | 0,89 |
| 1946.......... | 222 | 184 | 1,21 | – | – | – | 5086 | 5546 | 0,91 |
| 1947.......... | 553 | 472 | 1,28 | – | – | – | 6221 | 6724 | 0,92 |
| 1948.......... | 362 | 431 | 0,84 | – | – | – | 5897 | 6559 | 0,90 |
| 1949.......... | 625 | 602 | 1,04 | – | – | – | 2233 | 2308 | 0,97 |
| $\Sigma N_E, \Sigma N_O$, M ... | 4105 | 4001 | 1,03 | 35,65 | 37,49 | 0,95 | 35094 | 38029 | 0,92 |

Pour l'étude de l'asymétrie en nombres relatifs de Wolf, il a été utilisé les publications (²), pour le nombre des éruptions chromosphériques (³), pour la fréquence des protubérances (²) et pour l'émission totale de la couronne (⁴). Comme il résulte de notre tableau, il n'existe pas, dans la période considérée, une asymétrie dans la distribution de ces figures solaires. Une prépondérance insignifiante sur l'hémisphère E existe seulement pour les éruptions chromosphériques, tandis que pour les nombres relatifs de Wolf, les protubérances et la couronne, il y a une prépondérance faible sur l'hémisphère O.

Néanmoins, il paraît que l'asymétrie dans la distribution des formations des taches, des éruptions chromosphériques, des protubérances et de la couronne solaire est dans une certaine corrélation avec l'activité solaire, en ce sens, que dans les années proches du minimum la relation $N_E/N_0$ est moindre que près du maximum de l'activité solaire; pour la décadence des taches c'est le contraire.

ASTROPHYSIQUE. — *Interprétation des mesures de vitesses radiales dans les granules solaires*. Note de MM. **Cornelis de Jager** et **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

1. Au cours des dernières années le problème du transfert d'énergie par les granules de la couche convective solaire a pris une importance considérable, tant au point de vue de l'étude des couches profondes de la phostophère (¹) qu'à celui de l'interprétation du chauffage de la couronne (²). Ces travaux sont fondés en général sur les conséquences expérimentales de l'effet Doppler [élargissement ou déplacement] (³), (⁴) dans certaines raies assez faibles formées partiellement dans ces éléments turbulents. En réalité ces déplacements ne mesurent pas la vitesse radiale des granules, comme on l'a toujours supposé, mais fournissent une « moyenne » entre cette vitesse et la vitesse radiale très faible (ou peut-être nulle) dans la zone radiative.

Le but de cette Note est de montrer l'influence de l'erreur ainsi commise. (Sans toutefois en donner une valeur sûre, en raison de l'incertitude sur l'épaisseur de la zone radiative.)

2. Le problème réel est assez compliqué. En effet à chaque profondeur la vitesse des éléments turbulents est une fonction de leurs dimensions; il existe

(²) *Astr. Mitt. Zürich*, nᵒˢ 135-137, 139-144.
(³) *Bull. Char. Fig. Solar Phénom.* 29, *Quart. Bull. Sol. Activity*, nᵒˢ 45-88.
(⁴) *Astr. Mitt. Zürich*, nᵒ 164.

(¹) C. de Jager, *Proceedings Amsterdam*, 1948.
(²) E. Schatzman, *Ann. d'Ap.*, 12 1949, p. 203.
(³) J. Evershed, *M. N.*, 94, 1934, p. 96.

un « spectre » de la turbulence (4), (5). Ce spectre est d'ailleurs une fonction de la profondeur.

Les éléments turbulents de petites dimensions déterminent seulement le *contour* des raies du spectre. Mais leurs vitesses n'influencent pas la *position* du centre de la raie considérée, qui n'est modifiée que si l'on peut obtenir l'image d'un élément isolé. Ceci n'est possible que pour les éléments de grande dimension.

Dans cette Note nous étudierons seulement les granules et nous supposerons que leur vitesse est une fonction de la profondeur dans les couches extérieures du Soleil.

3. Le profil d'une raie de Fraunhofer peut être représenté par la fonction

$$r_\nu = \frac{I - I_\nu}{I} = \int_0^\infty g(\tau)\, e^{-\frac{\tau_\nu}{\mu}}\, d\tau_\nu,$$

où $g(\tau)$ est une fonction de poids caractérisant l'influence sur la formation de la raie de la répartition des grandeurs physiques dans les couches extérieures du Soleil (6)(7).

Nous devrons rechercher la longueur d'onde $\lambda_M$ telle que $(dr/d\lambda)(\lambda_M) = 0$, $\lambda_0$ étant la longueur d'onde du centre de la raie non déplacée. Nous supposerons pour écrire $r_\nu$ :

*a*. Que la raie est faible. En effet, si elle était forte elle proviendrait des régions très superficielles et ne pourrait être utilisée pour des mesures concernant les régions profondes.

*b*. Que, le phénomène étudié affectant seulement le centre de la raie, seul le profil Doppler intervient.

On peut donc écrire avec ces hypothèses et dans les notations connues (7) :

$$H(a, v) = e^{-v^2} + a\varphi(v) \simeq e^{-v^2}$$

et

$$\frac{dr}{d\lambda} = -\int_0^\infty 2g(\tau)\, A\, \frac{n(\tau)}{k(\tau)}\, k_0(\tau)\, c\sqrt{\frac{\mu_1 m_0}{2kT}}\, \frac{\lambda_M - \lambda_1(\tau)}{\lambda_1(\tau)}\, e^{-v^2}\, d\tau.$$

Avec l'approximation $e^{-v^2} \simeq 1$ (nous sommes au voisinage de $v = 0$) et en posant $\lambda_1(\tau) = \lambda_0 + (\lambda_0/c)\xi(\tau)$, où $\xi(\tau)$ désigne la vitesse radiale à la profondeur $\tau$ considérée, on peut écrire

$$\int_0^\infty \Gamma(\tau)\left[\lambda_M - \lambda_0 - \frac{\lambda_0}{c}\xi(\tau)\right] d\tau = \int_0^\infty \Gamma(\tau)\left[\lambda_M - \lambda_0 - \frac{\lambda_0}{c}\bar{\xi}\right] d\tau = 0,$$

où $\bar{\xi}$ est la vitesse mesurée « classique ».

---

(4) R. S. RICHARDSON and M. SCHARZSCHILD, *Ap. J.*, **111**, 1950, p. 351.

(5) SU-SHU HUANG, *Ap. J.*, **112**, 1950, p. 418.

(6) M. MINNAERT, *B. A. N.*, **10**, 1948, p, 399.

(7) J.-C. PECKER, Thèse, *Ann. d'Ap.*, **14**, 1951.

On a donc

$$(\lambda_M - \lambda_0)\int_0^\infty \Gamma(\tau)\,d\tau = \frac{\lambda_0}{c}\int_0^\infty \Gamma(\tau)\xi(\tau)\,d\tau = \frac{\lambda_0}{c}\bar{\xi}\int_0^\infty \Gamma(\tau)\,d\tau.$$

On voit donc que la donnée de $\bar{\xi}$ pour différentes raies permettrait d'obtenir des renseignements sur $\xi(\tau)$.

En fait les données actuelles ne permettent pas un calcul détaillé. Nous serons donc obligés de faire maintenant une hypothèse simple sur la forme de la fonction $\xi(\tau)$ pour voir de quelle façon nous devons être amenés à modifier les idées antérieures sur la vitesse des granules.

4. On peut admettre que

$$\text{pour } \tau < \tau_0 : \quad \xi = 0;$$
$$\text{pour } \tau > \tau_0 : \quad \xi = \text{const} \neq 0.$$

De plus la fonction $\Gamma(\tau)$ est assez rapidement décroissante et on peut l'approcher commodément sans erreur notable par une exponentielle $\Gamma(\tau) \simeq e^{-k\tau}$, où $k$ est un coefficient dépendant de la région spectrale considérée, de la raie étudiée et de la position du point observé sur le disque solaire.

Nous voyons donc que $\bar{\xi} = \xi e^{-k\tau_0}$.

Si l'on admet par exemple $\tau_0 \simeq 1$ et $k \simeq 0,6$, on voit que les valeurs mesurées $\bar{\xi}$ sont deux fois plus faibles que les valeurs réelles. Pour $\tau_0 = 2$ (¹) on trouverait des valeurs quatre fois plus grandes.

Si l'on note que l'énergie d'un granule est proportionnelle au carré de sa vitesse on voit que l'on sous-estimait cette énergie d'un facteur de l'ordre de 5 à 15, ce qui est évidemment de nature à modifier sensiblement nos conceptions sur le rôle des granules.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les équations d'ondes des corpuscules à masses multiples.* Note (*) de M. **Robert Potier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente (¹) nous avons donné une première discussion des équations d'ondes des corpuscules à masses multiples. Il est possible, ainsi que nous l'avons montré (²), de déduire ces équations d'un formalisme lagrangien.

L'objet de la présente Note est d'indiquer une méthode simple d'obtention des solutions de ces équations [équations (7) de notre dernière Note (²)].

Toute solution des équations (7) considérées peut s'obtenir comme superposition d'ondes planes solutions de (7). Si nous nous bornons au cas des corpuscules de masse non nulle, toute solution onde plane s'obtient à partir

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 656.

(²) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1538.

d'une solution onde plane dans le système propre, par une transformation de Lorentz.

Le problème revient donc à l'étude des ondes planes dans le système propre :

$$\psi^{p,q}_{r,s} = \psi_0{}^{p,q}_{r,s}\, e^{i\omega t}.$$

Nous fixerons tout d'abord les valeurs S et $S_z$ des nombres quantiques de spin total et de projection du spin sur $Oz$ respectivement.

Puis nous poserons

$$(1) \qquad \psi_0{}^{p,q}_{r,s} = \frac{p\,!\,q\,!}{C^r_p C^s_q}\,\frac{\rho^{p,q}_{r,s}}{(S+|\mu|)\,!}\,\zeta^{p,q}_{(S,S_z)}.$$

Les $\zeta^{p,q}_{(S,S_z)}$ sont de nouvelles variables.

$C^r_p = [p\,!/r\,!\,(p-r)\,!]$; $\mu = p - q/2$; $\rho^{p,q}_{r,s}$ est le coefficient de $x^r y^s$ dans le développement de Mac Laurin du polynome

$$F(x, y) \equiv (1+xy)^{(\lambda-S)}(1+x)^{(S+\mu)}(1-y)^{S-\mu} \quad \text{où} \quad \lambda = \frac{p+q}{2},$$

moyennant (1), les équations (7) de notre Note précédente ([2]) deviennent :

$$(2) \qquad 0 = \frac{2c(p, q)}{i\omega} + \frac{a^*(p-1, q-1)}{pq}\zeta^{(p-1,q-1)}$$
$$- a(p, q)[(\lambda+1)(\lambda+2) - S(S+1)]\zeta^{(p+1,q+1)}$$
$$+ \frac{b(p, q)}{q}\zeta^{(p+1,q-1)} + \frac{b^*(p-1, q+1)}{p}[S(S+1) - \mu(\mu-1)]\zeta^{(p-1,q+1)},$$

avec $u = (p-q)/2$.

Les parenthèses qui sont de part et d'autre des indices supérieurs des $\zeta$ signifient qu'on peut permuter ces indices (à condition de le faire pour tous les $\zeta$). Les équations (2) restent alors valables.

Pour $p = q \mp 1$, $p = q$, $p = q \mp 2$ les coefficients des équations (2) doivent subir de légères modifications.

Par exemple, pour $p = q + 1$, on doit écrire

$$(3) \qquad \frac{2c(q+1, q)}{i\omega}\zeta^{(q+1,q)} + \frac{a^*(q, q-1)}{(q+1)q}\zeta^{(q,q-1)} - a(q+1, q)[\lambda+1)(\lambda+2) - S)S+1)]\zeta^{(q+2,q+1)}$$
$$+ \frac{b(q+1, q)}{q}\zeta^{(q+2,q-1)} + \frac{b^*(q, q+1)}{q+1}\left(S + \frac{1}{2}\right)\zeta^{(q,q+1)} = 0.$$

Dans les équations (2), ainsi que nous l'avons remarqué dans notre Note déjà citée ([1]), on doit avoir $(p-q)/2 \leqq S \leqq (p+q)/2$, ce qui limite le nombre des variables $\zeta$ intervenant dans ces équations.

Comme les équations (2) sont linéaires et homogènes, si elles sont en nombre fini, elles n'ont pas en général de solutions quel que soit $\omega$.

Il faut que le déterminant des coefficients des $\zeta$ soit nul. Ce déterminant est un polynome en $1/\omega$ de degré égal au nombre des variables $\zeta$, donc au nombre 2N des $\psi^{pq}$ intervenant dans la théorie.

Ce polynome a 2N racines qui sont proportionnelles aux masses propres du corpuscule étudié considéré dans son état de spin total S.

On voit aisément que si $\omega_0$ est racine, $-\omega_0$ l'est aussi, car on peut satisfaire

aux équations (2) en changeant $\omega$ en $-\omega$, et les $\zeta^{pq}$ en $\mp\zeta^{pq}$, $+$ étant choisi quand $p=p_0+2k$ $q=q_0+2h$, $-$ étant choisi quand $p=p_0+2k+1$ $q=q_0+2h+1$, $k$ et $h$ étant des entiers positifs ou négatifs $p_0$ et $q_0$ correspondant à un $\psi^{(p_0 q_0)}$ donné intervenant dans la théorie. Le nombre des masses distinctes se ramène donc à N ainsi que nous l'avions annoncé ([1]).

*Réalité des racines* $\omega$. — Elle ne fait pas de doute dès que pour la valeur $\omega_0$ considérée la densité de probabilité de présence (composante $X_t$ du vecteur courant) n'est pas nulle.

En effet, la densité d'énergie $T_{44}$ et le Lagrangien sont réels. Leur différence est égale à la densité de probabilité de présence qui est réelle, multipliée par $\omega$ (ceci est vrai parce que nous sommes dans le système propre).

Il est possible, sans restreindre la généralité de la théorie de rendre tous les $a_{(p,q)}$ égaux à 1, dès qu'ils sont différents de zéro (cela revient à modifier la définition des $\psi^{(p,q)}$). Il reste donc les constantes $b_{(p,q)}$, qui interviennent dans la définition du formalisme, et les coefficients de masse $c(p, q)$. Ces constantes sont largement ajustables.

Si l'on suppose qu'aucun $a_{(p,q)}$ n'est nul, une infinité de fonctions d'onde intervient dans la théorie. Les équations (2) permettent de définir les $\zeta^{p,q}$ par récurrence. Soient $\zeta^{p_0,q_0}$ les $2S+1\,\zeta$ initiaux, ceux qui correspondent à $(p_0+q_0)/2=S$. On peut voir facilement que tout $\zeta^{p,q}$ s'exprime par

$$(7)\qquad \zeta^{p,q}=\sum_{p_0,q_0}\zeta^{p_0,q_0}\,P_{p_0,q_0}\left(\frac{1}{\omega}\right).$$

Les $P_{p_0,q_0}(1/\omega)$ sont des polynomes en $1/\omega$ de degré au plus égal à $\lambda-S$.

Il semble donc, du point de vue formel, que toute valeur de $\omega$ convienne. Mais en réalité, le formalisme ne converge pas quelle que soit $\omega$. Les conditions de convergence sont appelées à remplacer la condition de déterminant nul du cas fini.

PYROTECHNIE. — *Détonation d'explosifs secondaires par étincelle électrique, et remarques sur une Note de M. Rudi Schall sur le même sujet* ([1]). Note de MM. **Jacques** et **James Basset**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Pour étudier les conditions d'amorçage de la détonation des explosifs secondaires par étincelle électrique, il est intéressant de n'employer que de très petites charges qui ne peuvent se décomposer suivant des modes complexes. La pulvérisation du bloc de contention de l'explosif est un excellent critère du mode de décomposition provoqué par l'étincelle.

L'emploi de dispositifs contenant l'explosif dans des tubes de grande longueur est à éviter.

Dans une Note précédente ([2]) nous avons décrit un dispositif permet-

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 706.

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 759.

tant d'étudier l'amorçage de la détonation de très petites charges d'explosifs secondaires, moulées en pastilles minces, au moyen d'une étincelle électrique traversant leur région centrale, et nous avons signalé l'existence d'un seuil d'énergie électrique excitatrice en deçà duquel l'explosif se décompose en déflagrant sans détoner.

Dans une Note précédente M. Rudi Schall [1] a décrit un dispositif différent employé par lui pour étudier le même phénomène, et présente différentes critiques sur le dispositif que nous avons utilisé. Il indique notamment que ni le bruit ni l'éclatement de l'enveloppe de paraffine ne sont des critères suffisants pour déterminer s'il y a détonation, déflagration, ou décomposition complexe.

Le bruit n'a jamais servi de critère dans nos expériences, une déflagration très rapide produisant à l'oreille une impression très voisine de celle d'une détonation. Mais par contre la pulvérisation du bloc contenant la pastille, sans bourrage, est un critère excellent (le diamètre de l'électrode verticale étant de 1,5 mm pour 4 mm de diamètre du trou et de la pastille.

On constate en effet que, dans les conditions décrites par nous, si la pastille de 30 mg d'explosif déflagre, le bloc de paraffine reste intact; à peine le trou intérieur est-il légèrement agrandi, quelle que soit la rapidité de la déflagration. Par contre s'il y a détonation le bloc est complètement pulvérisé en plusieurs centaines de morceaux. On ne constate pas de phénomène intermédiaire.

L'intérêt de notre mode opératoire réside dans l'emploi de très petites charges (30 mg) d'une masse telle qu'il n'est pas possible que, pratiquement, par suite de l'absence de bourrage, une déflagration puisse se transformer en détonation. On constate l'un ou l'autre mode de décomposition sans chevauchement possible.

D'autre part, la petite charge est pastillée en disques suffisamment plats pour que l'étincelle les traverse sûrement dans leur région centrale et ne puisse les contourner et les enflammer indirectement.

Enfin les dimensions du bloc sont choisies pour qu'il reste intact s'il y a déflagration, alors qu'il est complètement pulvérisé s'il y a détonation, le bruit n'étant en aucun cas un élément d'appréciation qu'on puisse considérer.

Le dispositif décrit par M. Schall présente divers inconvénients :

1° L'explosif en grande quantité se trouve contenu et bourré dans un tube résistant qu'il remplit sur une grande longueur. Cette disposition est éminemment favorable à la transformation d'une déflagration en détonation au bout d'un certain temps (ce phénomène a été observé par divers expérimentateurs et est utilisé dans certains projectiles de marine), d'où

la nécessité d'une analyse optique le long d'une génératrice du dispositif pour savoir comment se développe le phénomène.

2° La disposition du tube de métal portant l'explosif par rapport à l'embase lui servant de culasse et de seconde électrode, rend imprécis l'endroit où l'étincelle jaillit; celle-ci peut facilement contourner l'explosif le long du tube de verre et assurer une mise à feu purement thermique.

Pour ces raisons notre dispositif, extrêmement simple, nous paraît mieux adapté à l'étude de l'amorçage d'une détonation par étincelle et plus apte à déterminer les seuils énergétiques d'excitation électrique en fonction des paramètres tension et capacité de la source excitatrice. Le schéma électrique comportant une source à courant continu pour la charge du condensateur et une mesure précise de la tension au moment de l'éclatement. Nos expériences ont été faites en 1946.

ÉLECTRICITÉ. — *Centrage de la cathode dans un tube à rayons* X *démontable.* Note (*) de M. **René Fouret**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons mis au point une méthode électrique de centrage de la cathode d'un tube de rayons X démontable. Elle consiste à rendre minimum la capacité du condensateur formé par l'anode et la cathode.

Nous possédons un tube à rayons X démontable (type Baudouin) ancien modèle. Il est impossible de centrer le tube avant de faire le vide : au moment où l'on fait le vide les rodages jouent et décentrent la cathode. Il est également impossible, le tube étant sous vide, de voir à l'intérieur donc de le centrer directement. D'où l'idée d'un centrage électrique. L'anode forme avec la cathode un condensateur cylindrique (1) dont la capacité est minimum lorsque la cathode est centrée dans l'anode. Le principe du réglage consistera à rendre cette capacité minimum.

Pour étudier la précision des montages susceptibles d'être utilisés, nous avons construit un modèle simplifié de notre tube sur lequel nous avons fait nos expériences. L'anode est un cylindre creux fixe; la cathode rendue parallèle à l'anode est montée sur un chariot permettant des déplacements suivant deux axes perpendiculaires et perpendiculaires à l'axe de la cathode. Dans nos expériences nous avons, par un premier réglage, amené la cathode dans le plan méridien de l'anode, contenant la direction de la seconde translation, puis grâce à cette seconde translation, déplacé la cathode dans ce plan. Toutes les courbes correspondent à un déplacement de la cathode dans ce plan. Nous

(*) Séance du 23 avril 1951.

(1) L'anticathode qui se trouve en face de la cathode, n'intervient pratiquement pas dans la capacité du condensateur.

avons utilisé successivement afin d'améliorer la précision du centrage les montages suivants :

1. *Méthode de l'ampèremètre.* — Nous avons alimenté le tube en courant alternatif, 500 périodes ($V = 110$ v) et placé sur le circuit un galvanomètre muni d'un redresseur à oxyde de cuivre, un condensateur est placé en série avec l'ensemble pour éviter les court-circuits. En fonction des déplacements $x$, on note les déviations du galvanomètre, on obtient la courbe (I), la courbe I montre que le minimum observé est très aplati. Si l'on admet qu'on peut apprécier le demi-millimètre pour la déviation du galvanomètre, on a une erreur de centrage de 3 mm, erreur trop importante.

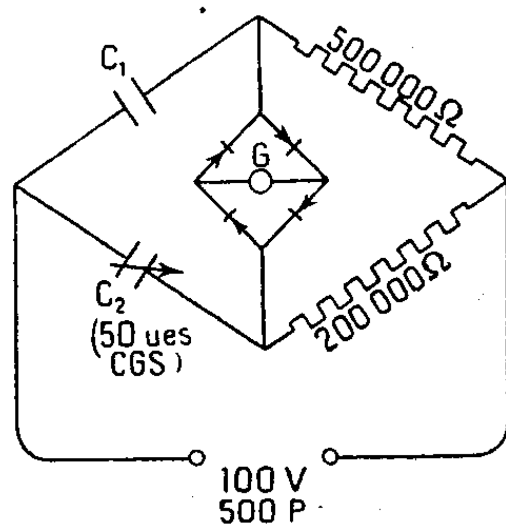



Fig. 1.

2. *Méthode du pont équilibré.* — Nous avons alors utilisé un montage en pont (*fig.* 1). Un condensateur variable $C_2$ permet pour chaque position de la cathode de ramener le pont au zéro et de mesurer la capacité $C_1$ correspondante du condensateur d'étude. En fonction du décentrage $x$, on obtient la courbe II (*fig.* 3). Les points expérimentaux sont très dispersés surtout au voisinage du minimum. Ce manque de sensibilité s'explique simplement. Soient $\Delta x$ le décentrage de la cathode, $\Delta i$ et $\Delta C_1$ le courant dans le galvanomètre et la variation de la capacité du condensateur d'étude. La sensibilité peut être caractérisée par

$$\frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{\Delta i}{\Delta C_1}\,\frac{\Delta C_1}{\Delta x}.$$

Or $\Delta i$ est du deuxième ordre par rapport à $\Delta C_1$ lorsque le pont est équilibré, $\Delta C_1$ est du deuxième ordre par rapport à $\Delta x$ quand la cathode est centrée. On comprend pourquoi la sensibilité reste faible. Pour comparer cette méthode aux précédentes, nous avons centré l'appareil et en fonction du décentrage $x$ noté l'intensité qui traverse le galvanomètre (courbe III). On voit que si l'on admet qu'on apprécie le demi-millimètre pour la déviation du galvanomètre, l'erreur de centrage est de 4 mm. On n'a pas gagné en précision sur la méthode précédente.

3. *Méthode du pont déséquilibré.* — Pour augmenter la sensibilité, il suffit de déséquilibrer le pont, la capacité $C_2$ est alors fixe. On note la déviation du galvanomètre en fonction du décentrage $x$. La courbe obtenue présente un maximum ou un minimum; l'extremum correspond au condensateur d'étude centré (courbe IV) (*fig.* 2). Si l'on admet qu'on apprécie le demi-millimètre

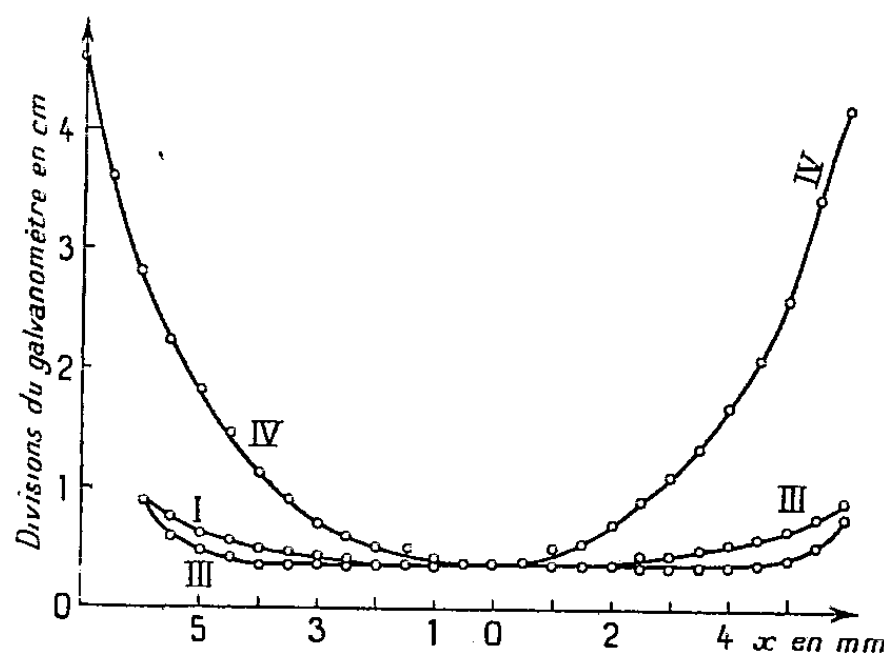



Fig. 2.

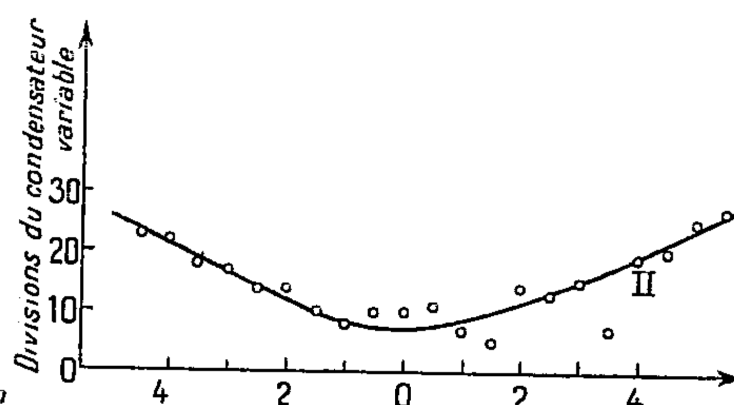



Fig. 3.

pour la déviation du galvanomètre, l'erreur de centrage est de 1 mm. En fait la précision obtenue est encore supérieure; on peut tracer le diamètre rectiligne de la courbe qui est parfaitement symétrique, on détermine alors l'extremum à 1/10 de millimètre près. En pratique, il suffit de repérer deux positions de la cathode pour lesquelles la déviation du galvanomètre est la même et de placer la cathode au milieu de ces deux positions.

C'est à cette dernière méthode que nous nous sommes arrêtés. Nous l'avons utilisée au centrage de notre tube : la manipulation est rapide et évite tout tâtonnement.

ÉLECTRONIQUE. — *La charge d'espace dans un magnétron en régime statique de coupure ; magnétron cylindrique.* Note (*) de MM. **Jean-Loup Delcroix** et **Georges-Albert Boutry** présentée par M. Louis de Broglie.

Comparaison des deux régimes statiques de coupure ; la charge d'espace totale est différente pour les deux régimes ; le niveau d'énergie le plus bas de l'atmosphère électronique correspond au régime « bidromique ». La surface de coupure n'a pas en général la même position pour les deux régimes.

Nous comparons ici les propriétés des deux régimes de charge d'espace dans le cas limite de magnétrons cylindriques où le rapport $b/a$ du rayon de courbure de la surface de coupure à celui de la cathode peut être considéré comme

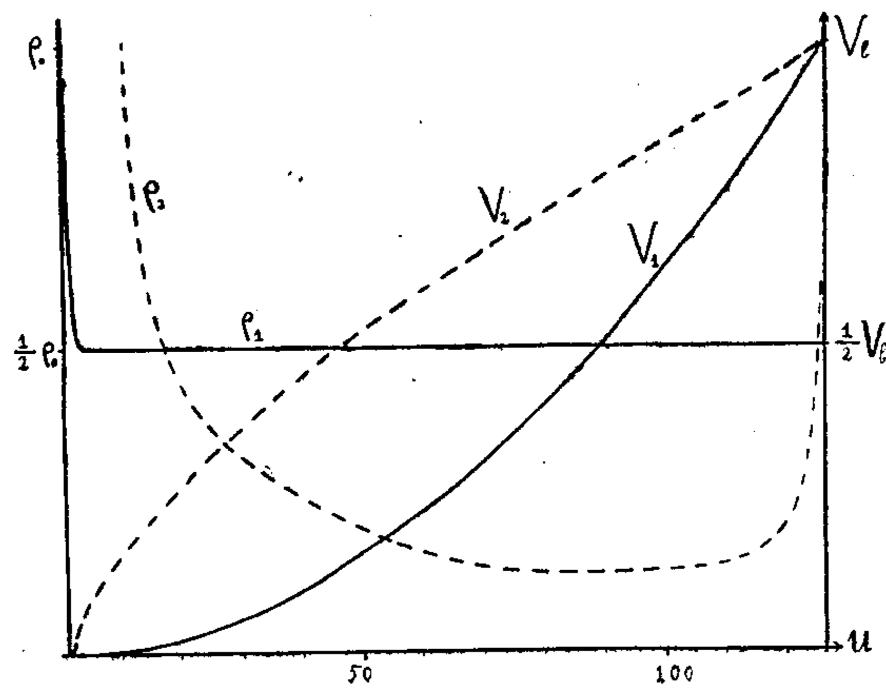
(*) Séance du 9 avril 1951.

grand. Un autre cas limite ($b/a$ voisin de 1) a fait l'objet d'une précédente Note [1]. Un cas intermédiaire sera étudié ultérieurement.

Quand $b/a$ n'est pas voisin de 1 les équations différentielles de la charge d'espace ne s'intègrent pas exactement. Page et Adams en ont donné une solution approchée [2]. Nous avons constaté au cours de calculs numériques effectués avec un rapport $b/a$ égal à 126,2 que leur solution cessait d'être utilisable quand on s'approchait beaucoup de la surface de coupure. Nous avons donc réalisé numériquement le prolongement du travail de Page et Adams par la méthode d'estimation (formule de Taylor à trois termes dans une suite de petits intervalles). Nous employons ici comme variable d'espace $u = r/a$. Voici les propriétés des deux régimes.

1° *Trajectoires électroniques.* — Tout ce qui a été dit dans le cas où $b/a$ est voisin de 1 reste valable.

2° *Densités de charge d'espace.* — Régime de Brillouin : on trouve $\rho = (\rho_0/2)[1 + 1/u^4]$; au voisinage immédiat de la cathode cette densité a la même valeur $\rho_0$ que dans le magnétron plan. Partout ailleurs elle est pratiquement constante et deux fois plus faible. Régime bidromique : on trouve $\rho = (\rho_0/4)g(u)$; comme dans le cas du magnétron plan la densité est infinie sur la cathode et sur la surface de coupure. La figure ci-dessous précisera.




3° *Distributions de potentiel dans l'atmosphère électronique :*

Régime de Brillouin :

$$V = V_b \left(\frac{r}{a} - \frac{a}{r}\right)^2 \left(\frac{b}{a} - \frac{a}{b}\right)^{-2}.$$

Régime bidromique :

$$V = V_b f(u).$$

(1) G. A. Boutry et J. L. Delcroix, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1413.

(2) *Phys. Rev.*, **69**, 1946, p. 494-500.

Les deux distributions de potentiel sont très différentes (*voir* figure). Par opposition avec le cas du magnétron plan elles correspondent à des *valeurs différentes du champ électrique sur la surface de coupure.*

4° *Quantité totale d'électricité contenue dans l'atmosphère électronique.* — Il résulte de la proposition précédente que cette quantité est différente pour les deux régimes :

$$Q_1 = \frac{\pi a^2 \rho_0}{2}\left(\frac{b^2}{a^2} - \frac{a^2}{b^2}\right)$$ pour le régime de Brillouin (3);

$$Q_2 = 0,46\, Q_1$$ pour le régime bidromique (à 2 ou 3 % près).

5° *Énergie cinétique totale de l'atmosphère électronique.* — L'intégration donne par centimètre de hauteur d'électrodes :

$$W_1 \sim \frac{\pi a^2 \rho_0 V_b}{4}\,\frac{b^2}{a^2}$$ pour le régime de Brillouin ;

$$W_2 = 0,58\, W_1$$ pour le régime bidromique (à 2 ou 3 % près).

On se trouve placé dans des conditions très différentes de celles que nous avons signalées dans le cas du magnétron plan. Le régime qui correspond au minimum d'énergie de l'atmosphère électronique est *cette fois le régime bidromique.* Le passage d'un régime à l'autre, s'il se produit, entraîne simultanément une libération ou une absorption d'énergie d'une part, un débit ou une absorption d'électrons par la cathode d'autre part. Il peut être utile de noter que ces résultats paraissent recouper ceux qu'ont obtenus, au cours de mesures directes sur la charge d'espace, Marton et Reverdin (4).

6° On doit enfin signaler que les résultats exposés ci-dessus ne s'appliquent rigoureusement que dans le cas où le potentiel appliqué à l'anode est très peu inférieur au potentiel de coupure. Si cette condition n'est pas réalisée la surface de coupure n'a pas la même position pour les deux régimes. Le nuage électronique est moins étendu dans le cas du régime de Brillouin que dans le cas du régime bidromique. La détermination de $Q_1$, $Q_2$, $W_1$, $W_2$ doit alors faire l'objet d'un calcul direct pour chaque cas. Les résultats de ce calcul ne peuvent être prévus à partir des considérations qui précèdent.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur un effet de recombinaison interne dans l'émission* β. Note de M. **Michel Fabre de la Ripelle**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour essayer d'expliquer la non-observation d'électrons dans certaines désintégrations $\beta^-$, certains auteurs avaient avancé l'hypothèse que cela

(3) Unités de Heaviside-Lorentz.

(4) Communication orale de M. Reverdin, *Société française de physique.*

pouvait être dû à une recombinaison interne [1] : un électron, venant se fixer, après sortie du noyau, sur une orbite permise de l'atome final, avec émission d'un photon emportant la différence d'énergie entre l'électron émis et l'électron sur son orbite finale.

Pour calculer l'ordre de grandeur de ce phénomène nous nous sommes limité à l'approximation dipolaire, et nous avons négligé l'influence coulombienne du noyau sur l'électron sortant, ainsi que les corrections relativistes.

Faisant alors appel à la théorie de l'émission dipolaire, on montre que la probabilité de recombinaison sur un niveau électronique de nombre quantique total $n$, pour un électron initial de vitesse $v$ et de nombre quantique orbital $l$ est donnée par

$$P_n^c = \frac{1}{v}\,\frac{4}{3}\,\frac{e^5}{\hbar^4 c^3}(V + V_n)^3 \frac{1}{2l+1}\left\{(l+1)\,|X_{l+1,l}(n)|^2 + l\,|X_{l-1,l}(n)|^2\right\},$$

où $eV$ est l'énergie de l'électron émis par le noyau, $eV_n$ est l'énergie du niveau électronique final, et

$$X_{l'l}(n) = \int_0^{+\infty} R_{nl'}^*(r)\,G_l(r)\,r^3\,dr,$$

$R_{nl'}(r)$ étant la partie radiale normée de la fonction d'onde du niveau électronique final, $G_l(r)$ la partie radiale de forme asymptotique $e^{-ikr}/r$ de la fonction d'onde décrivant l'électron issu du noyau. Négligeant l'effet coulombien du noyau et les effets relativistes, $G_l(r)$ sera la solution radiale de l'équation de Schrödinger pour une particule libre, on aura ainsi :

$$G_l(r) = \frac{e^{-ikr}}{r} P_l\left\{\frac{1}{-ikr}\right\}$$

avec

$$P_0 = 1,$$

$$P_l(u) = 1 + \sum_{q=1}^{l} (-1)^q \frac{[(l+1)l - q(q-1)][(l+1)l - (q-1)(q-2)]\ldots(l-1)l}{2^q\,q!} u^q.$$

Prenant pour ondes finales, celles d'un atome hydrogénoïde, on aura

$$R_{nl'} = -\left[\left(\frac{2Z}{na_0}\right)^3 \frac{(n-l'-1)!}{2n[(n+l')!]^3}\right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\rho}{2}} \rho^{l'} L_{n+l'}^{2l'+1}(\rho),$$

avec

$$L_{nl}^{2l+1}(\rho) = \sum_{q=0}^{n-l-1} (-1)^{q+1} \frac{[(n+l)!]^2}{(n-l-1-q)!\,(2l+1+q)!\,q!} \rho^q.$$

$$\rho = \frac{2Z}{na_0} r, \qquad a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2}.$$

---

(1) YVENENKO et LEBÉDEV, *J. Exp. Th. Phys. U. R. S. S.*, **20**, 1950, p. 91.

Nous avons calculé $P'_n$ dans les deux cas les plus fréquemment rencontrés en émission $\beta$, ceux où $l=0$ et $l=1$. Nous avons ainsi obtenu les probabilités

$$P_n^0 = \frac{8}{3}\sqrt{\frac{mc^2}{2eV_H}}\,\alpha^4 Z^2\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\frac{1}{x(1+x^2)},$$

$$P_n^1 = \frac{2}{9}\sqrt{\frac{mc^2}{2eV_H}}\,\alpha^4 \frac{Z^2}{n^2}\,\frac{1}{x^3}\left\{\frac{(3x^3+1)^2+4n^2x^2}{1+x^2}+\frac{(n^2-4)(n^2-1)}{4^3}(1+x^2)^3 \left|\sum_{q=\left\{\substack{\pm 1\\ \pm 2}\right.}(-1)^{q+1}\frac{2}{q(n+q)}\left[1-\left(\frac{ix-1}{ix+1}\right)^{n+q}\right]\right|^2\right\}.$$

avec

$$x=\frac{n}{Z}\sqrt{\frac{V}{V_H}},\qquad \alpha=\frac{1}{137},\qquad \sqrt{\frac{mc^2}{2eV_H}}=3{,}85.10^{-7},\qquad V_H=13{,}5.$$

On voit que de toute manière le phénomène est petit, prenant par exemple un Z effectif égal à 5 (ce qui correspond à peu près à la dernière couche dans le cas des éléments lourds), et une énergie de l'électron sortant du noyau $V=100\,V_H$ (soit $V=1{,}35$ kV), on obtiendra

$$P_n^0 = 2{,}56.10^{-5}\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\frac{1}{2n(1+4n^2)},$$

le phénomène est très petit.

Il est un peu plus grand dans le cas où $l=1$. Pour que ce phénomène puisse devenir important il faudrait avoir des noyaux nus, et des Z élevés, ce qui est pratiquement irréalisable.

Les mêmes calculs effectués en prenant des fonctions d'onde de Slater [2] au lieu de fonctions hydrogénoïdes conduisent à des probabilités encore plus faibles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de certains hydrocarbures cancérigènes sur la vitesse de polymérisation thermique du styrolène.* Note de M. **Michel Magat** et Mlle **Régine Bonême**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les hydrocarbures cancérigènes sont capables de ralentir la polymérisation thermique du styrolène. Il en est de même de certains hydrocarbures voisins non cancérigènes.

Il a déjà été suggéré [1] que l'action des hydrocarbures cancérigènes pouvait être due à l'inhibition de réactions d'oxydations normales de la cellule. Cette suggestion est fondée sur l'effet inhibiteur exercé par l'anthracène sur l'au-

(2) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

(1) A. Haddow, *British Medical Bulletin*, 4, 1947, p. 333.

toxydation de la benzaldéhyde. Elle trouve une certaine confirmation dans la présence, parmi les composés cancérigènes, de la β-naphtylamine qui est un antioxydant utilisé dans l'industrie du caoutchouc.

On sait que, *in vitro*, l'oxydation procède par un mécanisme de chaîne, faisant intervenir des radicaux libres. L'action des antioxydants consiste à réagir avec les radicaux libres, porteurs de chaînes, en donnant des « radicaux stables » et à interrompre ainsi les chaînes cinétiques.

Nous avons entrepris de vérifier expérimentalement l'hypothèse que les hydrocarbures cancérigènes étaient capables de jouer ce rôle, en étudiant l'influence de faibles quantités de tels hydrocarbures sur la vitesse de polymérisation thermique du styrolène, en l'absence d'oxygène. Les réactions de polymérisation sont très sensibles à des traces de catalyseurs et d'inhibiteurs. La réaction a été suivie par dilatométrie ([2]) et la polymérisation a été effectuée à 37° C, sauf pour les expériences concernant le 1.2.5.6-dibenzanthracène dont la faible solubilité nous a obligés à travailler à 49°,4.

Chaque série d'expériences comprenait, en plus des ampoules contenant les hydrocarbures étudiés, une ampoule de styrolène pur, provenant de la même distillation, scellée exactement dans les mêmes conditions et servant de témoin.

La purification des hydrocarbures cancérigènes posait un problème. En effet, l'expérience effectuée sur le 20-méthylcholanthrène (0,82 °/₀₀, conc. molaire), a donné au début, une accélération très notable de la polymérisation; un effet analogue a été observé sur du *p*-aminoazobenzène. Toutefois, dans ce cas, après une période d'accélération, la réaction se trouva sensiblement ralentie, même presque arrêtée. Ceci nous suggéra l'idée que les produits commerciaux pouvaient contenir des traces de peroxydes qui étaient décomposés par la chaleur et jouaient le rôle de catalyseurs. Une fois ces peroxydes usés, l'action ralentissante des produits apparaissait. Nous avons donc établi la procédure de purification suivante : le produit était chromatographié sur alumine, recristallisé et introduit, sous forme de solution benzénique, en quantité voulue, dans l'ampoule d'expérience. L'ampoule était scellée sous vide et maintenue 15 jours dans un thermostat à 37°. Au bout de ces temps, l'ampoule était ouverte et connectée à l'appareil de remplissage; le benzène était évacué et remplacé par le monomère. L'ampoule était rescellée et placée dans un thermostat à 37° C pour étude.

Le tableau ci-contre résume nos résultats.

Nous voyons que les hydrocarbures cancérigènes, débarrassés des peroxydes facilement décomposables, ralentissent la polymérisation, mais que cette propriété ne leur est pas spécifique, certains hydrocarbures non cancérigènes, comme le phénanthrène et le 2-méthylanthracène produisant le même effet.

([2]) H. W. Starkweather et G. B. Taylor, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 4708.

D'autre part, il n'apparaît aucune relation nette entre l'intensité de l'action cancérigène et l'effet ralentisseur ([3]).

| Hydrocarbures. | Concentration molaire (°/₀₀). | R. | Note. | Action cancérigène. |
|---|---|---|---|---|
| 3.4-benzpyrène | 0,71 | 0,20 | après préchauffage | + |
| | 3,52 | 0,14 | avant » | |
| 20-méthylcholanthrène | 2 | 0,80 | après préchauffage | + |
| | 0,82 | 2,30 | avant » | |
| 1.2.5.6-dibenzanthracène | 2 | 0,90 (49°,4) | après préchauffage | + |
| | 2 | 0,84 (45,1) | | |
| | 2,085 | 1 (42,6) | | |
| 2-méthylanthracène | 3,2 | 0,64 | avant préchauffage | — |
| | 4,0 | 0,51 | | |
| Phénanthrène | 4,0 | 0,25 | après préchauffage | — |
| | 4,0 | 1 | avant » | |
| Chrysène | 2,0 | 1 | après préchauffage | — |
| | 2,0 | 1 | avant » | |
| Pyrène | 2,0 | 1 | après préchauffage | — |
| | 2,0 | 1 | avant » | |

R, rapport des pourcentages de polymère formé au bout de 200 h d'expérience, avec et sans addition des hydrocarbures polycycliques.

Nous avons pu nous persuader que les hydrocarbures en question entrent effectivement dans la chaîne du polymère. En effet, même introduits dans la chaîne, ces corps conservent le spectre de fluorescence caractéristique ; l'intensité de la fluorescence du polymère décroît après les trois premières purifications par précipitation et reste constante par la suite.

Le même phénomène de ralentissement a été observé avec d'autres cancérigènes et leurs homologues : *p*-aminoazobenzène, azobenzène, diméthyl-aminostilbènes ([4]), il est bien connu pour le β-naphtylamine (inhibiteur industriel).

Nous n'avons pu observer de ralentissement ni avec l'uréthane ni avec la β.β-dichlorodiéthylnaphtylamine que nous n'avons jamais réussi à obtenir avec un degré de pureté satisfaisant.

---

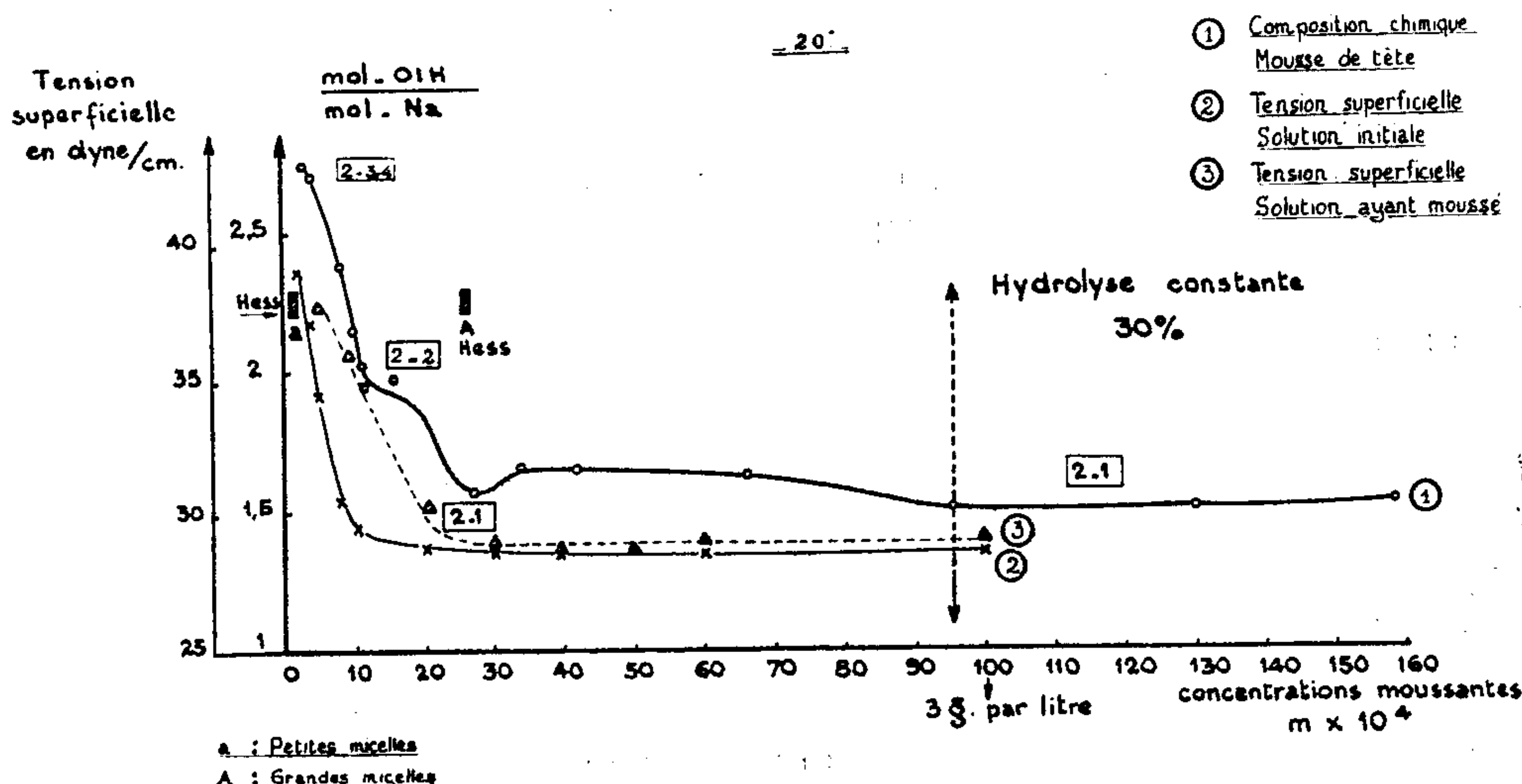
([3]) Il y a toutefois une certaine analogie entre l'ordre trouvé par nous et celui établi par Fieser pour les réactions de substitution.

([4]) M. le Professeur G. A. R. Kon, du Chester Beathy Institute, a mis ces composés à notre disposition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Moussage et hydrolyse des solutions de savon. Réversibilité et irréversibilité de la couche adsorbée.* Note (*) de M^lle **Madeleine Raison**, présentée par M. Paul Pascal.

Le moussage des solutions aqueuses d'oléate de soude montre que la couche d'adsorption est formée d'un savon acide dont la composition chimique dépend uniquement de la concentration initiale de la solution moussante. La redissolution de la mousse dans la solution à partir de laquelle elle a été formée permet l'étude de la réversibilité et de l'irréversibilité du processus d'adsorption.

*Technique expérimentale.* — 1° Le moussage est réalisé dans le mousseur essoreur d'Abribat ([1]) par passage d'un courant d'azote débarrassé d'oxygène. La mousse essorée ([2]) est prélevée et analysée : le $Na^+$ est dosé sous forme d'acétate triple d'uranium, de Mg et de Na et l'acide oléique total est déterminé par pesée après déplacement par l'HCl. La courbe 1 représente les résultats obtenus; 2° les mesures de tension superficielle des solutions initiales ont été faites avec l'appareil de Lecomte du Nouy et les valeurs ont été comparées à celles obtenues par redissolution de la mousse dans la solution épuisée. Les résultats obtenus sont représentés par les courbes 2 et 3.




*Résultats.* — La composition chimique de la mousse de tête figurée dans la courbe 1 est représentée par 2 OLNa $n$ OLH ([3]), cette courbe montre :

(*) Séance du 23 avril 1951.

([1]) M. Abribat, *Act. Sci. et Ind.*, 932, 1942, p. 123.

([2]) La quantité de mousse prélevée est telle que la concentration finale de la solution partiellement épuisée est au moins les 9/10 de celle de la solution initiale. Nous avons vérifié que dans ces conditions la composition de la solution moussante reste pratiquement inchangée.

([3]) Relation entre l'ordonnée $y$ de la courbe 1 et $n$ : $y = 1 + n/2$.

*a*. Aux concentrations inférieures à $m.10^{-2}$, $n$ est compris entre 1 et 3,4 ; à l'intérieur de ce domaine apparaissent deux discontinuités : à la concentration $2{,}5m.10^{-3}$ correspond la composition 2OLNa.1OlH et à la concentration $1{,}2m.10^{-3}$ correspond la composition 2OLNA.2OlH.

*b*. Aux concentrations égales et supérieures à $m.10^{-2}$, la composition de la mousse se stabilise à $n=1$.

L'examen des courbes 2 et 3 montre :

*a*. pour les concentrations inférieures à $2{,}5\,m.10^{-3}$, les tensions superficielles obtenues sur les solutions fraîches sont inférieures à celles enregistrées avec les solutions reformées à partir de la mousse;

*b*. pour les concentrations égales et supérieures à $2{,}5\,m.10^{-3}$ les tensions obtenues sont presque identiques pour les deux solutions.

*Interprétations*. — Tandis que Powney et Jordan ([4]) ont trouvé à 25° un maximum d'hydrolyse à la concentration $m.10^{-3}$, maximum égal à 7 %, le présent travail démontre que le moussage permet d'atteindre un taux d'hydrolyse de 60 % pour les solutions les plus diluées et de 30 % pour les solutions les plus concentrées à partir de $m.10^{-2}$.

Le moussage a donc pour effet de *déplacer l'équilibre d'hydrolyse* par prélèvement dans la couche superficielle de l'acide oléique formé au sein de la solution. Ceci résulte de la tensio-activité des savons acides plus grande que celle du savon neutre.

La courbe 1 présente un changement d'allure aux concentrations 1,2 et $2{,}5m.10^{-3}$. Matalon ([5]) a montré que, d'une part, l'étirement en lame mince commence à se manifester à $m.10^{-3}$, et, d'autre part, que dans l'intervalle de concentration compris entre 1,2 et $3\,m.10^{-3}$ il se produit des baisses de tension dans les lames de retour.

De plus, à la concentration $2{,}5\,m.10^{-3}$, la composition de la mousse est 2OLNa.OlH et il y a réversibilité dans le comportement de la couche superficielle (courbes 2 et 3). A cette concentration Ekwall ([6]) a trouvé la disparition du deuxième domaine de trouble par suite de la solubilité du savon acide, et Hess ([7]) a caractérisé le début de la formation des grandes micelles.

La stabilité de composition chimique et de la tension superficielle (courbes 1, 2, 3), observée aux concentrations égales et supérieures à $m.10^{-2}$ suggère qu'à partir de cette concentration la couche adsorbée a une composition constante quel que soit le traitement antérieur de la solution.

Aux concentrations égales et supérieures à $m.10^{-2}$, Matalon ([5]) a aussi montré que les lames d'oléate de soude se comportaient de façon réversible à l'étirement et au retour.

---

(4) *Trans. Farad. Soc.*, **34**, 1938, p. 363.
(5) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 896; **227**, 1948, p. 637.
(6) *Koll. Zeitsch.*, **77**, 1936, p. 330.
(7) *Fette und Seifen*, **46**, 1939, p. 572; **49**, 1942, p. 81.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence de deux complexes de la β-alanine et du cuivre*. Note (*) de M. **Jean Curchod** et M^lle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étude spectrophotométrique des complexes de la β-alanine et du cuivre en solution diluée. Mise en évidence de deux complexes à pH 5,70 de forme Cu (β-alanine) et Cu $(\beta\text{-alanine})_2$.

De nombreux auteurs ont abordé l'étude des complexes des acides aminés et des cations bivalents, mais leurs résultats concernent surtout le glycocolle (1). C'est pour cela qu'il nous a paru intéressant d'étudier les homologues supérieurs et en particulier les alanines.

De même que pour le glycocolle, on doit admettre que suivant le pH, la β-alanine existe sous trois formes : $^{+}NH_3 - CH_2 - CH_2 - COO^-$; $NH_2 - CH_2 - CH_2 - COO^-$; $^{+}NH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$; la forme chargée négativement prédomine aux pH fortement alcalins, celle chargée positivement aux pH acides, tandis que les trois formes coexistent pour des pH intermédiaires ($4 < \text{pH} < 8$), avec une très forte prédominance de la forme mixte.

Nous avons appliqué la méthode des variations continues de P. Job (2) à différents mélanges obtenus en faisant varier les proportions de $SO_4Cu$ et de β-alanine. Nous avons pris $x^{\text{cm}^3}$ de $SO_4Cu$ (concentration $a$) et $(1-x)^{\text{cm}^3}$ de β-alanine de même concentration $a$, ces deux solutions étant faites dans $SO_4K_2$ à une concentration $c \gg a$, de façon à avoir une force ionique constante.

Si un seul complexe se forme, nous avons de pH 4 à 8 :

$$ax = (Cu^{++}) + (CuR_m) \quad \text{et} \quad a(1-x) = (R^{\pm}) + m(CuR_m),$$

où les quantités ( ) représentent les concentrations. La concentration du complexe $CuR_m$ sera maximum quand $[d(CuR_m)/dx] = 0$. En différentiant ces équations ainsi que l'expression de la loi d'action des masses (3) appliquée à l'équilibre, on montre que $m = [(1-x)/x]$, d'où la possibilité, en étudiant la position du maximum de la courbe des variations de $(CuR_m)$ en fonction de $x$, de déterminer la formule du complexe.

---

(*) Séance du 19 mars 1951.

(1) R. K. Gould et W. C. Vosburgh, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1630; H. Boorsook et K. V. Thimann, *J. Biol. Chem.*, 98, 1932 p. 671; M. Quintin, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 898.

(2) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113; (11), 6, 1936, p. 97.

(3) La constante étant bien constante malgré la variation de $x$, puisque nous sommes à force ionique constante.

Nous avons étudié la variation de la concentration du complexe en fonction de $x$ au moyen de mesures spectrophotométriques effectuées au spectrophotomètre Beckmann. Pour une longueur d'onde donnée, la densité optique de la solution $[\Delta = (\log I_0/I)]$ est $\Delta = \varepsilon_0(Cu^{++}) + \varepsilon_m(CuR_m)$, la β-alanine n'absorbant pas dans le domaine de longueur d'onde considéré et $\varepsilon_0$ et $\varepsilon_m$ étant respectivement les coefficients d'extinction moléculaire de $Cu^{++}$ et du complexe $CuR_m$.

S'il n'y avait pas formation de complexe, la densité optique serait $\Delta_0 = \varepsilon_0(ax)$. La différence $\Delta - \Delta_0$ est égale à $y = \Delta - \Delta_0 = (\varepsilon_m - \varepsilon_0)(CuR_m)$; $y$ est donc maximum (ou minimum) en même temps que $(CuR_m)$ est maximum. La valeur de l'abscisse de ce maximum nous permet donc de calculer $m$. Il n'en est pas de même dans le cas où deux complexes coexistent. Mais nous pouvons généralement nous placer, soit dans une zone de pH où l'un des complexes prédomine, soit à une longueur d'onde telle que toutes les quantités $(\varepsilon_m - \varepsilon_0)$ soient nulles sauf une. Dans ces deux cas, nous pouvons déterminer l'abscisse $x$ du maximum, c'est-à-dire obtenir les formules des divers complexes.

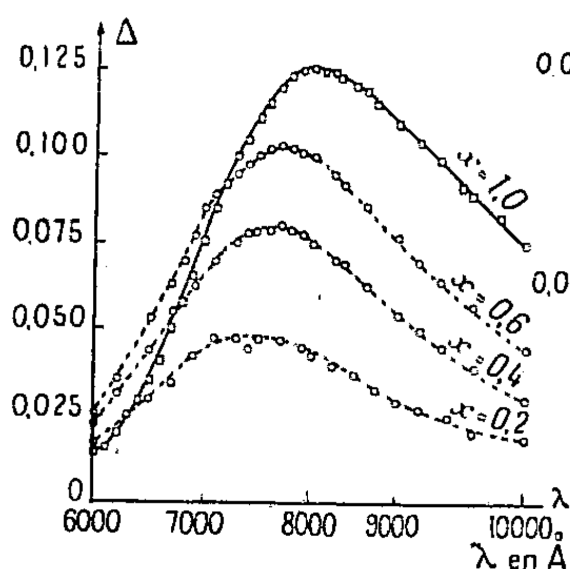



Fig. 1.

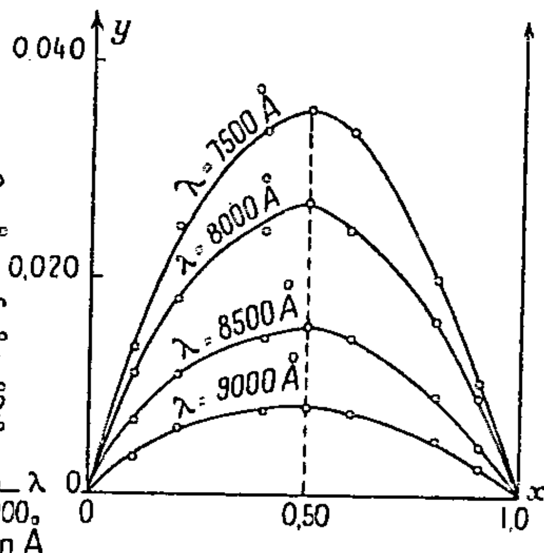



Fig. 2.

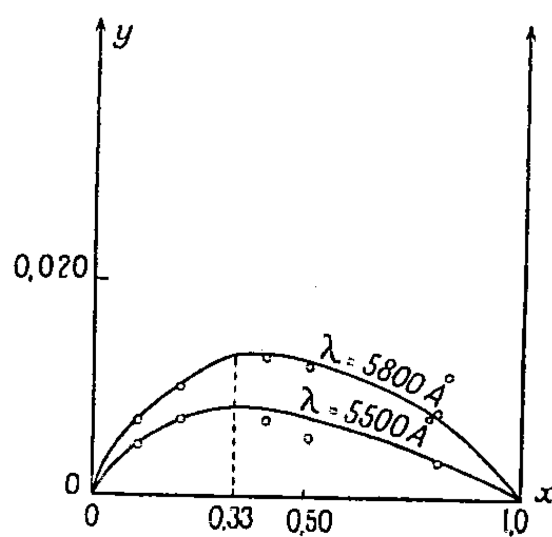



Fig. 3.

Ainsi à pH 5,70 (mesuré à l'électrode de verre), les courbes d'absorption des différents mélanges sont données par la courbe 1. La courbe 2 représente les variations de $y$ en fonction de $x$ pour quelques longueurs d'onde supérieures à 7000 Å. Comme nous le voyons le maximum a lieu très exactement pour 0,50, ce qui donne $m = 1$ et permet de supposer l'existence du complexe CuR dans lequel une molécule de β-alanine est associée à un atome de Cu. La courbe 3 représente $y = f(x)$ pour les deux longueurs d'onde de 5500 Å et 5800 Å. Le maximum dans ce cas se trouve sensiblement à 0,33. Mais il est moins bien défini que celui à 0,50; cela tient d'une part au fait que les densités optiques sont très faibles pour ces longueurs d'onde; d'autre part au fait que le complexe CuR quoique n'absorbant que fort peu à ces longueurs d'onde, est très prédominant à ce pH; il influe donc assez notablement et le maximum est

décalé vers 0,50. Néanmoins il est très plausible de supposer l'existence de ce deuxième complexe $CuR_2$.

Cette étude nous permet donc de mettre en évidence l'existence d'un complexe de forme CuR entre la β-alanine et le cuivre. De plus il y a de fortes présomptions pour que le complexe $CuR_2$ existe également. Nous verrons ultérieurement qu'on peut effectivement le mettre en évidence sans ambiguïtés en étudiant les mélanges à des pH plus élevés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption des gaz sur la fusion des corps cristallisés.* Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **J. Maurer**, présentée par M. Louis Hackspill.

On peut mettre en évidence une variation de la température de fusion des corps cristallisés, en relation avec l'atmosphère gazeuse en présence. Cet effet est lié à l'adsorption des gaz à la surface du réseau cristallin; il tend à disparaître lorsque la température devient assez élevée pour que l'adsorption physique soit négligeable.

La variation des températures de transformation polymorphique, selon la nature du gaz adsorbé ([1]), nous a conduits à examiner l'action des gaz adsorbés sur la température de fusion d'un certain nombre de solides cristallisés. En effet, ce phénomène devrait se manifester également dans le cas de la destruction complète du réseau cristallin, à la température de fusion.

Nous avons étudié dans différents gaz, la variation de température de fusion sur les corps suivants (provenant d'échantillons « purissimes » Kahlbaum et Merck) :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ClLi | 614° | ([2]) | Pb | 327°,3 | ([5]) |
| $NO_3K$ | 339 | ([3]) | Sn | 231,9 | ([6]) |
| Bi | 271,0 | ([4]) | | | |

Ces corps ont été étudiés à l'état de poudres : Bi, ClLi et $NO_3K$ ont été broyés au mortier, puis tamisés (diamètre des particules $\leq$ 0,2 mm); Pb et Sn se présentaient sous la forme de limaille, provenant d'échantillons refondus dans le vide (diamètre des particules $\leq$ 0,3 mm).

Les poudres métalliques ont été préparées immédiatement avant l'essai, pour éviter l'altération de la surface par oxydation; elles ont été ensuite traitées par

(*) Séance du 23 avril 1951.

([1]) H. Forestier et J. P. Kiehl, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2288-90.

([2]) Shemtschuskny et Rambach, *Z. Anorg. Chem.*, **65**, 1910, p. 405.

([3]) F. M. Jaeger, *Z. Anorg. Chem.*, **101**, 1917, p. 189.

([4]) Mylius et Groschuff, *Z. Anorg. Chem.*, **96**, 1916, p. 261.

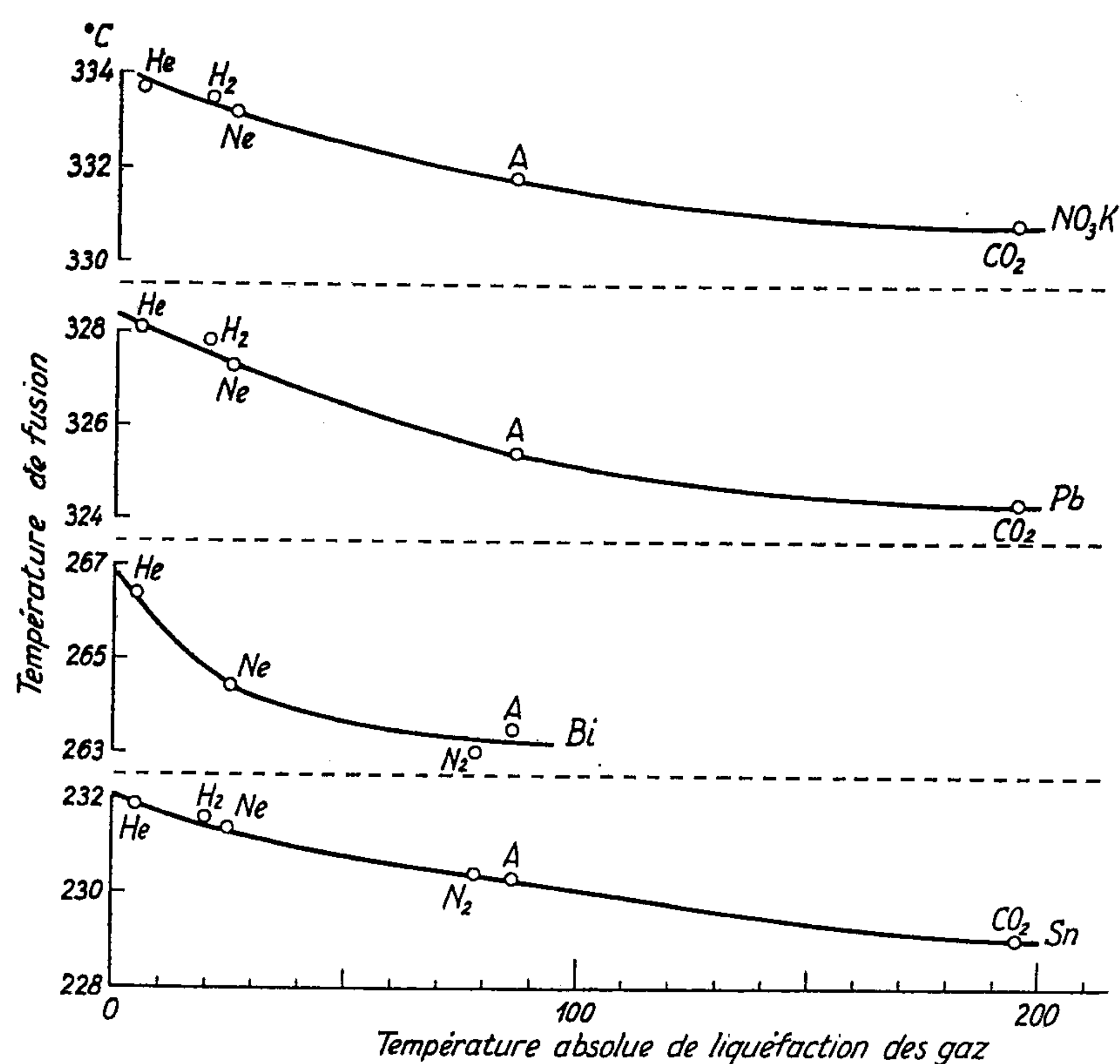
([5]) Adam et Johnston, *Am. J. Sci.*, (4), **33**, 1912, p. 534.

([6]) Dana et Foote, *Trans. Faraday Soc.*, **15**, 1920, p. 186.

l'hydrogène, à une température très proche de la température de fusion, afin de réduire l'oxyde, qui aurait pu éventuellement se former. Ces échantillons sont ensuite dégazés dans un vide compris entre $10^{-5}$ et $10^{-6}$ mm Hg aux températures suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cl Li | entre | 500° et 520°, | |
| $NO_3K$ | » | 320 et 325 , | |
| Bi | » | 260 et 265 , | |
| Pb | » | 315 et 320 , | |
| Sn | » | 220 et 225 . | |

Ces températures ont été choisies aussi proches que possible des températures de fusion.




Après introduction du gaz, purifié, et soigneusement desséché à travers une colonne de $P_2O_5$, le produit est chauffé à une vitesse uniforme de 1,5 degré : mn. La température de fusion est déterminée par analyse thermique au moyen d'un couple thermoélectrique en nichrome.

Notre montage permettait d'apprécier, avec certitude, le 1/10 de degré.

Les gaz utilisés sont He, $H_2$, Ne, $N_2$, A, $CO_2$.

L'influence de l'oxygène ne pouvait être mise en évidence sur les métaux.

Dans le cas de Bi, nous n'avons pu étudier l'influence de $H_2$ et $CO_2$ par suite de l'activité chimique de ces gaz, vis-à-vis de ce corps.

Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes ci-dessus, qui conduisent aux conclusions suivantes :

1° Les températures de fusion des différents corps examinés varient selon la nature du gaz adsorbé.

2° L'importance de la variation de la température de fusion dépend, dans une certaine mesure, du corps solide étudié. Cependant, à température comparable, cette variation reste du même ordre de grandeur.

3° Pour un même corps, l'abaissement de la température de fusion est une fonction croissante régulière de la température de liquéfaction du gaz utilisé, donc du pourcentage de gaz adsorbé.

Dans le cas de ClLi, nous nous trouvons en présence d'un sel, dont le point de fusion est situé dans une zone de température déjà élevée (614°), où les gaz très faiblement adsorbés ne doivent pas avoir d'influence notable : en effet, aucune variation nette de la température n'a pu être observée.

Nous avons également tenté l'étude de l'influence de l'adsorption des gaz sur la transformation magnétique du nickel (360°), mais nous n'avons pu mettre en évidence aucun effet sensible sur cette transformation du second ordre.

Le phénomène, antérieurement observé, sur les transformations polymorphiques se retrouve donc, dans le cas de la fusion de corps purs cristallisés et paraît bien relever du même mécanisme : variation de stabilité du réseau cristallin superficiel du solide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption gazeuse sur la vitesse de réduction de l'oxyde de nickel par le tungstène.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Kiehl**, présentée par M. Louis Hackspill.

La vitesse de réduction de l'oxyde de nickel par le tungstène, ainsi que la température de transformation $\alpha \rightarrow \beta$ de ce dernier, dépendent de la nature du gaz en présence; cet effet est lié au phénomène d'adsorption des gaz à la surface des solides, il tend à disparaître à haute température.

L'influence de l'adsorption des gaz sur les vitesses de réactions entre oxydes métalliques (¹) et sur les transformations polymorphiques (²), nous a conduit à étudier également l'action d'un certain nombre de gaz sur les vitesses de réduction entre phases solides.

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

(¹) H. Forestier et J.-P. Kiehl, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 165.

(²) H. Forestier et J.-P. Kiehl, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2288.

Cette étude porte sur la réaction

$$2NiO + Tu \rightarrow TuO_2 + 2Ni.$$

La réaction conduit à la formation de nickel, ce qui permet l'utilisation de la méthode d'analyse magnétique pour suivre l'évolution de la réaction.

Le mélange des deux poudres, broyé pendant une heure dans un broyeur à vibration, est placé dans le tube à réaction en silice, dégazé à 450° sous un vide de $10^{-5}$ mm Hg, puis recuit pendant 15 mn à différentes températures dans le gaz étudié.

Les gaz utilisés sont : He, Ne, Ar, $N_2$, $CO_2$.

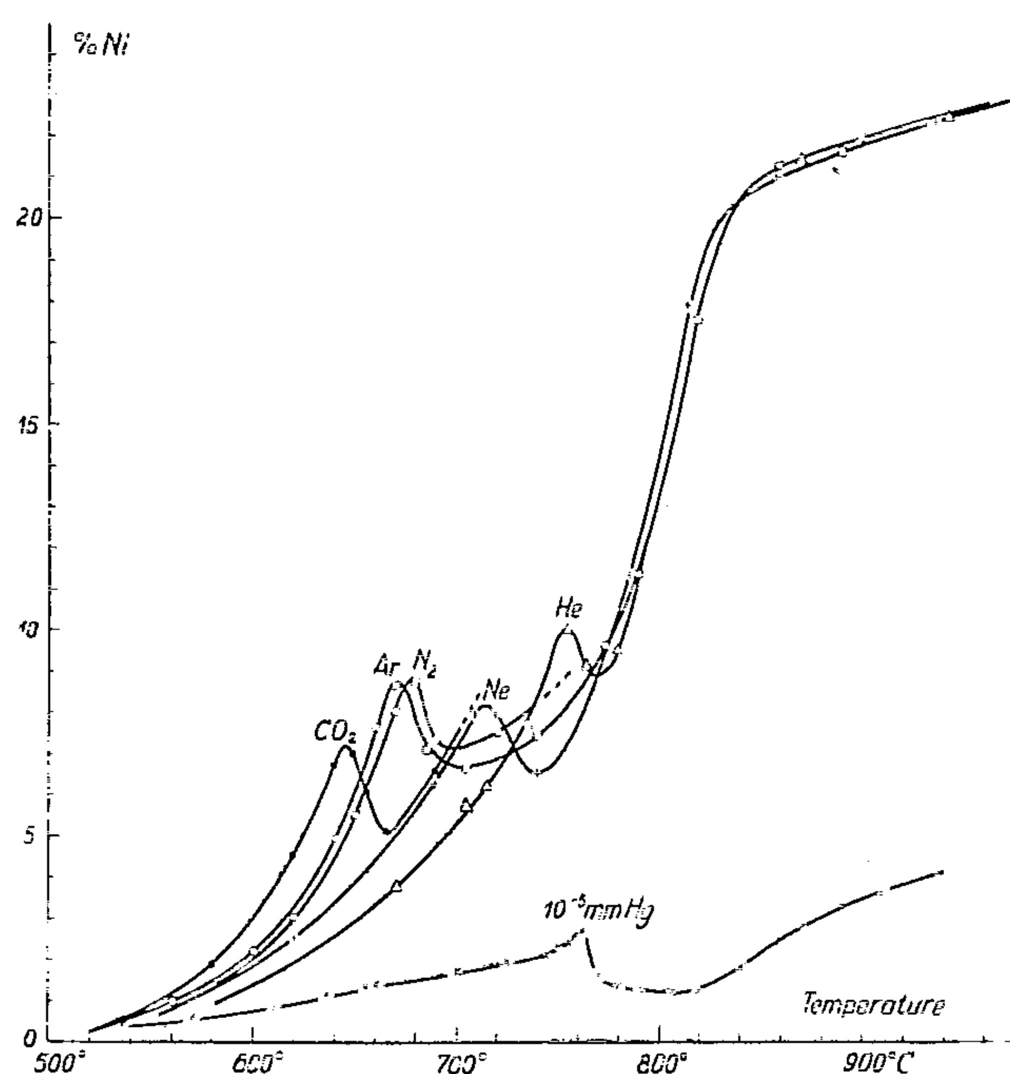



Fig. 1.

Vu la réactivité chimique du $CO_2$ et de $N_2$, nous n'avons utilisé ces gaz que jusqu'à 700°. Une série d'expériences a été également effectuée sous un vide de $6.10^{-6}$ mm. de Hg. Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 1; ils conduisent aux conclusions suivantes :

1° *Températures inférieures à 780°.* — *a*. La vitesse de réduction de l'oxyde de nickel par le tungstène varie suivant la nature du gaz adsorbé;

*b*. *A température et pression constantes, la vitesse de réduction est une fonction croissante de la température de liquéfaction du gaz utilisé* (*fig.* 2), *donc de la quantité de gaz adsorbé.*

*c*. La transformation $\alpha \rightarrow \beta$ du tungstène ([3]), mise en évidence par analyse

([3]) HARTMANN, EBERT et BRETSCHNEIDER, *Z. anorg. Chem.*, 198, 1931, p. 116; M. C. NEUBURGER, *Z. anorg. Chem.*, 217, 1934, p. 154.

dilatométrique et étude aux rayons X, s'observe sur nos courbes par une variation de la réactivité chimique du métal. *La température de transformation est d'autant plus abaissée, que la quantité de gaz adsorbé est plus grande* (*fig.* 3).

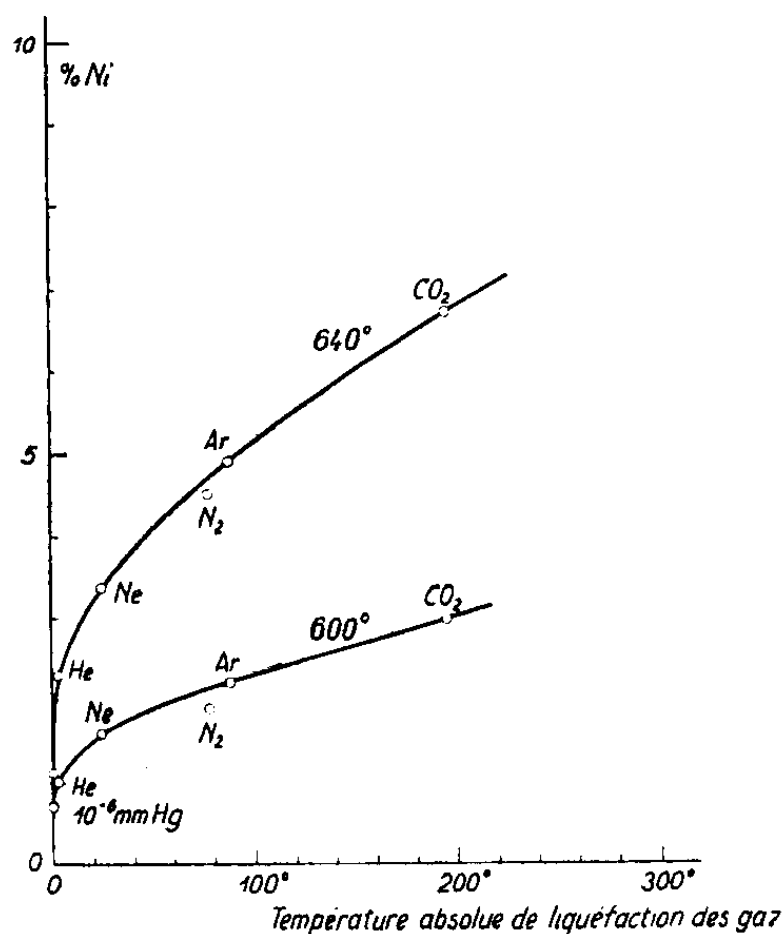



Fig. 2.

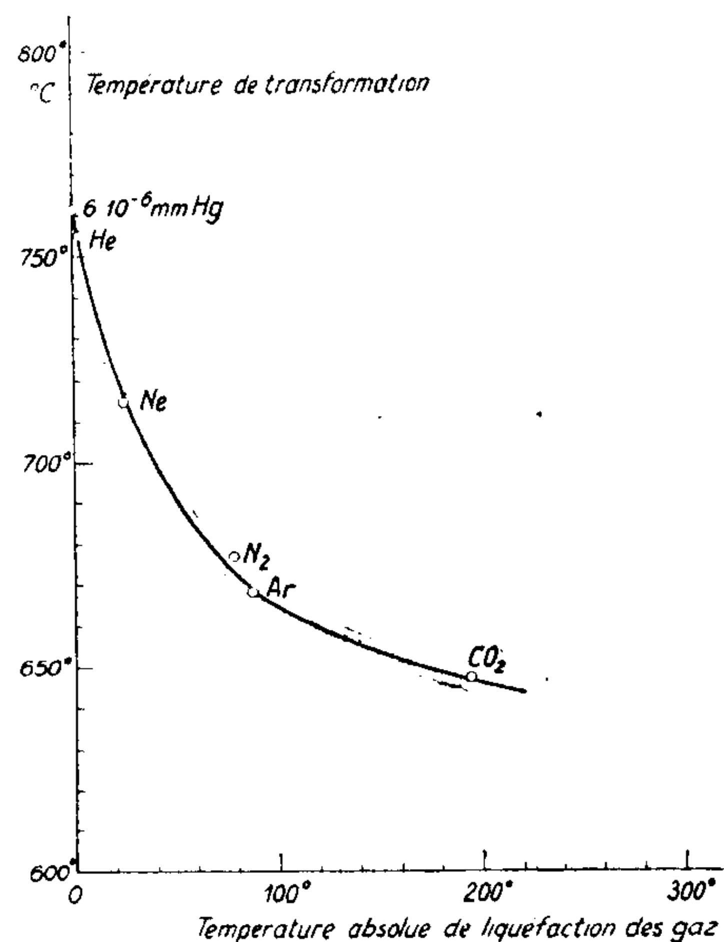



Fig. 3.

2° *Températures supérieures à* 780°. — La vitesse de réduction de l'oxyde de nickel reste sensiblement identique pour tous les gaz, par suite de la diminution trop marquée du phénomène d'adsorption. Au-dessus de 850° les gaz n'influencent plus la vitesse de réduction de l'oxyde (vitesse sensiblement égale dans le vide ou dans les gaz), probablement par suite d'une diminution rapide de la surface réagissante des grains par recristallisation des solides. A ce phénomène pourrait venir se superposer (dans le cas des courbes relatives aux gaz), l'épaisseur trop importante de la couche des produits de réaction. Les phénomènes de diffusion, proprement dits, deviennent alors prépondérants.

3° *Influence du vide.* — D'après la figure 1 nous voyons que la vitesse de réduction dans le vide poussé ($6.10^{-6}$ mmHg) est très petite. On peut donc supposer, dans le domaine de températures étudiées, que la vitesse de réduction doit tendre vers zéro, quand la pression tend vers zéro.

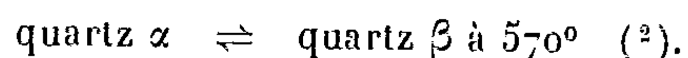
L'ensemble de ces résultats est en accord avec nos travaux antérieurs ([1]) et nous permet de conserver l'hypothèse que nous avons précédemment émise sur la variation de la stabilité du réseau superficiel des solides en fonction du degré d'adsorption des gaz.

([1]) H. Forestier et J.-P. Kiehl, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 197.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption des gaz sur la transformation polymorphique* $\alpha \rightleftharpoons \beta$ *du quartz*. Note (*) de M. **Paul Stahl**, présentée par M. Louis Hackspill.

On peut mettre en évidence une variation de la température de transformation allotropique du quartz à 570° suivant la nature du gaz en présence. Cet effet est lié au phénomène d'adsorption des gaz sur le réseau cristallin superficiel.

L'influence de l'adsorption des gaz sur un certain nombre de transformations polymorphiques (1) nous a conduit à étendre cette étude à la transformation allotropique $\alpha \rightleftharpoons \beta$ du quartz,



$$\text{quartz } \alpha \rightleftharpoons \text{quartz } \beta \text{ à } 570^{\circ} \quad (^2).$$

transformation dont on connaît l'importance dans la physico-chimie des verres et des réfractaires.

La faiblesse du phénomène thermique accompagnant la transformation, et son étalement, nous ont conduit à employer la méthode d'analyse thermique différentielle avec un couple thermoélectrique en nichrome (le montage utilisé permet la mesure des températures à 1/5 de degré près). Le sesquioxyde de chrome a servi comme produit de référence.

Nous avons utilisé pour ces expériences du quartz naturel finement broyé et passé au tamis de 150. Le produit est dégazé avant chaque mesure dans l'appareil même à 500°C, sous un vide voisin de $10^{-5}$ mm Hg pendant 30 mn. Il est refroidi à température ambiante dans le même vide et l'on introduit ensuite le gaz purifié, et soigneusement desséché, à travers une colonne de $P_2O_5$.

Les gaz utilisés sont : He, $H_2$, Ne, Air, A, $CO_2$, $H_2O$.

Les résultats obtenus sont résumés dans le graphique ci-après et conduisent aux conclusions suivantes :

1° La température de transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ du quartz varie selon la nature du gaz adsorbé.

2° Cette variation est encore très nette, malgré la diminution de l'adsorption physique du gaz à ces températures. Cette observation est probablement liée à la faiblesse de l'anomalie thermique comme nous le montrerons dans une prochaine publication.

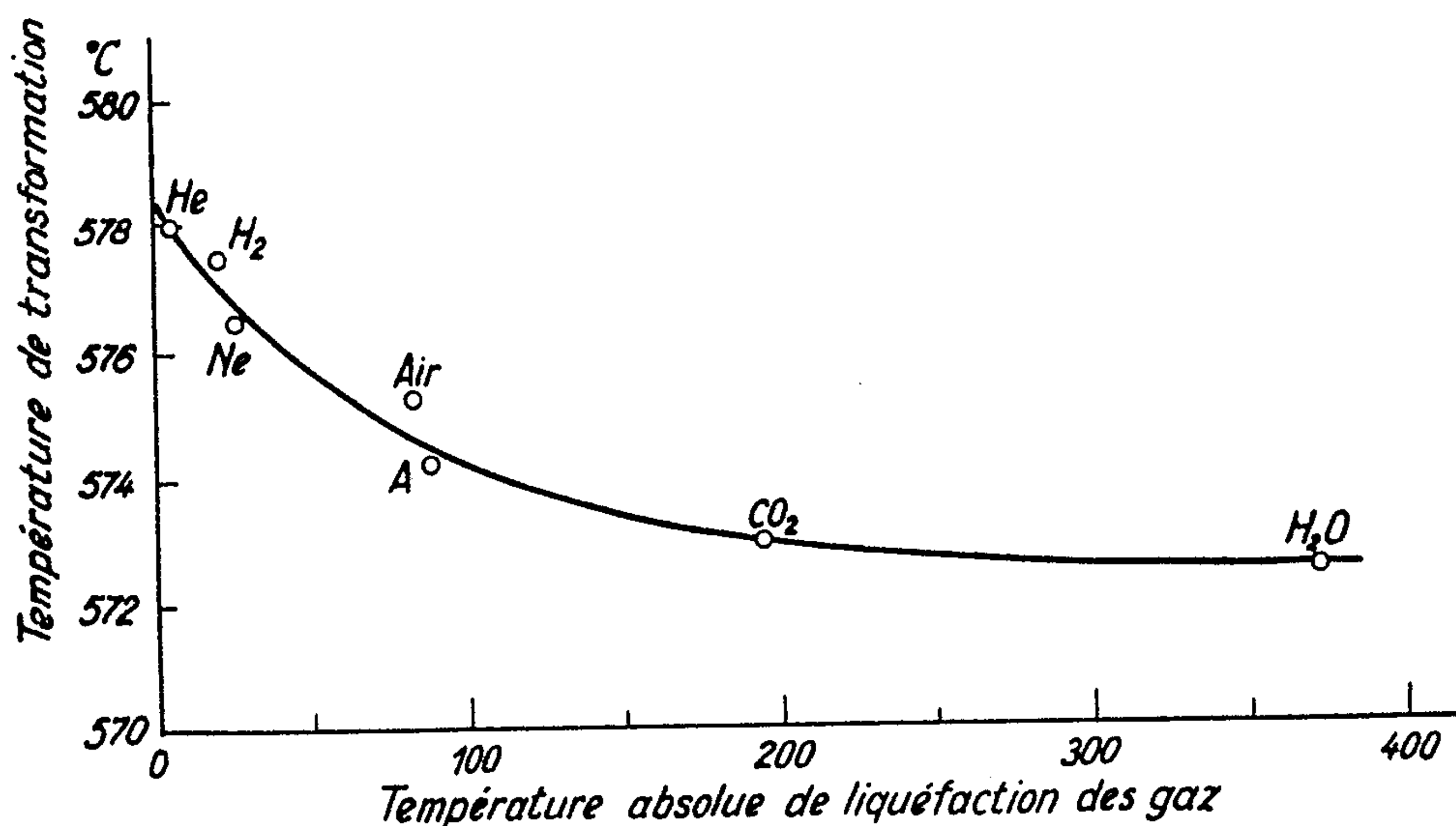
3° En accord avec les résultats antérieurement obtenus, l'abaissement de la température de transformation est une fonction croissante de la température

(*) Séance du 23 avril 1951.

(1) H. Forestier et J.-P. Kiehl, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2288.

(2) H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 1046; Whright et Larsen, *Z. Anorg. Chem.*, 68, 1910, p. 338; Fenner, *Z. Anorg. Chem.*, 85, 1914, p. 133.

de liquéfaction du gaz utilisé, donc du pourcentage de gaz adsorbé. Cet effet est probablement lié à une diminution de stabilité du réseau cristallin superficiel par adsorption des gaz.




Nous avons également tenté de mettre en évidence ce phénomène sur la transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ de la cristobalite, mais nous n'avons pu obtenir de résultats nets par suite du manque de stabilité de la température de transformation de nos échantillons de cristobalite, anomalie déjà signalée antérieurement, et que nous avons retrouvée au cours de nos expériences [3].

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'obtention d'un ménisque de séparation d'ions net et la détermination de leur mobilité.* Note (*) de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les ménisques de séparation d'ions, en milieu aqueux, sont très difficiles à obtenir dans des tubes horizontaux [1]. Le but de cette Note est d'exposer en détail un procédé très simple d'obtention de tels ménisques et son application au calcul de la mobilité d'ions ($MnO_4^-$).

On utilise un tube de verre en T (dimensions BC = 15 cm, AD = 8 cm,

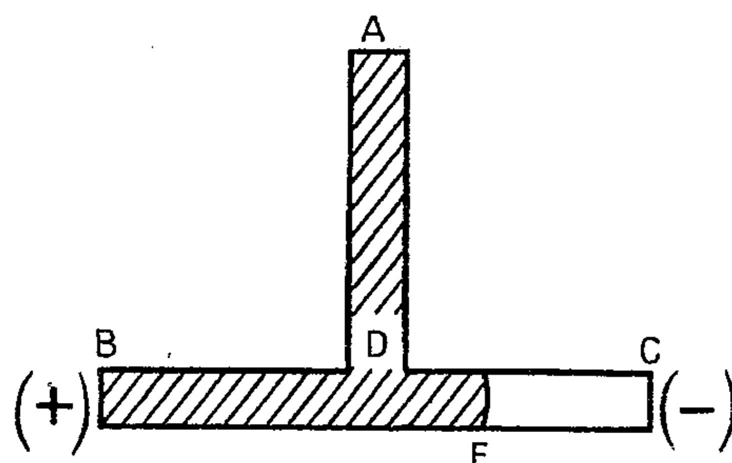
---

[3] Beals et Zerfoss, *J. Am. Ceram. Soc.*, 27, 1944, p. 285; Weil, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 753.

(*) Séance du 23 avril 1951.

[1] Toutefois il faut remarquer que M. P. Jolibois a obtenu des ménisques nets dans des tubes verticaux (*Comptes rendus*, 212, 1941, p. 858; 225, 1947, p. 609; 230, 1950, p. 888).

diamètre = 0,8 cm, voir *figure*) dont les extrémités sont recourbées. Le tube est placé horizontalement; on le remplit d'eau bidistillée et l'on introduit un certain nombre de cristaux de $MnO_4K$ (poids de chacun = 1 mg environ) dans l'extrémité A. Il se forme alors un front violet de diffusion du $MnO_4K$,




et lorsque ce front s'est approché de la région D on établit une différence de potentiel de 220 V entre deux électrodes de charbon placées l'une en B et l'autre en C. Les ions se déplacent alors dans la direction BC, dans les deux sens. Une dissymétrie apparaît immédiatement dans la répartition de la coloration violette qui s'étend davantage dans la branche DB que dans la branche DC. Le front de la branche cathodique prend rapidement l'aspect d'un ménisque qui, pour un potentiel donné, reste fixe quelques instants puis régresse lentement. La région située entre le ménisque E et la cathode reste incolore. Le tableau montre l'évolution d'une expérience de ce genre.

| Nombre de cristaux introduits. | Temps (mn). | Courant (mA). | Observations. |
|---|---|---|---|
| 2 | 0 | – | |
| – | 15 | 0,05 | Le front violet arrive en D. Application des 220 V. |
| 1 | 22 | 0,12 | |
| – | 31 | 0,68 | Ménisque bien délimité. Distance à la cathode 3,5 cm. |
| – | 33 | 0,85 | Le ménisque devient stationnaire. |
| – | 36 | 1,3 | Régression du ménisque. |
| – | 49 | 4,1 | Le ménisque devient flou. Perturbations. |

Il y a lieu de croire que la formation du ménisque cathodique, qui devient stationnaire, dérive du fait qu'à un certain moment, la répulsion électrique exercée par le champ sur les ions $MnO_4^-$ équilibre la force de diffusion. L'analyse chimique de la région incolore EC révèle la présence de $OH^-$ provenant de la réaction secondaire qui résulte des $K^+$. C'est précisément cette formation d'ions négatifs, $OH^-$, qui permet l'observation de ce phénomène, car sans cela

l'action du champ engendré dans cette région par les ions $K^+$ serait bien plus forte que la force de répulsion exercée par le champ dû aux électrodes. La régression du ménisque peut s'expliquer par l'accumulation des ions $OH^-$ dont la concentration, et par suite l'action répulsive, augmente avec le temps. On peut également penser à une diminution de la force de diffusion en liaison avec un abaissement très vraisemblable de concentration dans le ménisque. Cela a pu être mis en évidence en répétant l'expérience avec le $Cr_2O_7K_2$, au lieu de $MnO_4K$, et en versant dans l'eau bidistillée, tout au commencement, quelques gouttes d'une solution de phénomphtaléine, et nous avons vu alors apparaître une coloration rose qui s'est déplacée vers D.

Si l'on travaille avec une substance qui ne donne pas des réactions secondaires à la cathode, par exemple le $CrO_4H_2$, le phénomène observé est différent. La dissymétrie précédemment signalée disparaît presque tout de suite et le front de diffusion cathodique, très mal délimité, se déplace très rapidement vers la cathode. Cela peut s'expliquer par la grande prépondérance de l'action du champ créé par les ions $K^+$ sur la répulsion exercée par le champ dû aux électrodes ([2]).

Nous avons tenté d'adapter cette méthode au calcul des mobilités des ions. En comparant les résultats d'une expérience réalisée à 220 V et ceux d'une autre expérience au cours de laquelle on a porté la tension à 300 V pendant un certain laps de temps englobant le domaine de stationnarité du ménisque et en admettant que la variation de la vitesse de régression du ménisque soit uniquement due à l'accroissement du champ électrique, on trouve alors, pour la mobilité de l'ion $MnO_4^-$, la valeur $6,6.10^{-4}$ cm$^2$ s$^{-1}$ V$^{-1}$. Par ailleurs on a réalisé une expérience semblable en faisant évoluer la différence de potentiel entre 220 V et 0 au moment où le ménisque a déjà reculé considérablement et est devenu presque stationnaire. Après la coupure du courant le ménisque recommence à avancer, par diffusion pure. On a supposé la vitesse de ce déplacement égale et de signe contraire à celle que les ions auraient s'ils étaient repoussés uniquement par le champ. Nous avons alors trouvé la valeur $5,6.10^{-4}$ cm$^2$ s$^{-1}$ V$^{-1}$. Ces résultats ne sont pas encore très précis, mais l'ordre de grandeur des valeurs trouvées est satisfaisant et l'on peut penser que moyennant quelques améliorations techniques, la méthode pourra être efficacement utilisée pour la détermination des mobilités ioniques.

---

([2]) Nous avons songé à effectuer une séparation totale des ions en utilisant une différence de potentiel très supérieur à 220 V, mais les perturbations causées dans l'évolution du phénomène par l'augmentation du voltage, et la grande valeur du champ créée par une distribution dissymétrique des ions nous ont fait abandonner ces expériences.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence de la fréquence de la tension appliquée à une électrode à goutte de mercure. Étude des courbes polarographiques.* Note (*) de Mme **Martine Fournier**, présentée par M. Louis Hackspill.

La superposition d'un courant alternatif au courant continu de la méthode polarographique classique ne modifie pas le courant de diffusion limite, ni le potentiel de demi-vague des ions monovalents, mais rend plus électropositif le potentiel de demi-vague de certains ions divalents.

Dans une étude de la méthode polarographique à l'aide de l'oscillographe cathodique, j'ai mis en évidence les transformations, en fonction de la fréquence, des oscillogrammes traduisant la variation du potentiel de l'électrode à goutte en fonction du temps. En particulier, le potentiel des paliers produits par les cations sur ces courbes ne varie pas, aux erreurs d'expérience près, quand la fréquence de la tension appliquée varie; il est égal, dans le cas d'un oscillogramme symétrique, au potentiel de demi-vague du même ion d'un polarogramme en courant continu; dans le cas d'un oscillogramme dissymétrique, le potentiel anodique et le potentiel cathodique encadrent le potentiel de demi-vague et la différence de ces potentiels conduit au calcul de l'énergie libre de certaines réactions secondaires (1).

Pour essayer de préciser ces résultats, j'ai étudié les modifications des courbes polarographiques simples intensité-potentiel, lorsqu'une tension alternative est superposée à la tension continue croissante appliquée entre les électrodes.

Les mesures sont faites au moyen d'un montage polarographique classique; en outre, une tension alternative est appliquée aux bornes de la cellule à l'aide de l'un des deux oscillateurs suivants : l'un produit des fréquences déterminées comprises entre 10 et 20000 c : s, l'autre une fréquences de 20 Mc : s. L'amplitude de cette tension est maintenue constante et égale à 0,25 V efficace (2). Le débit du mercure est constant et de une goutte par 2 s.

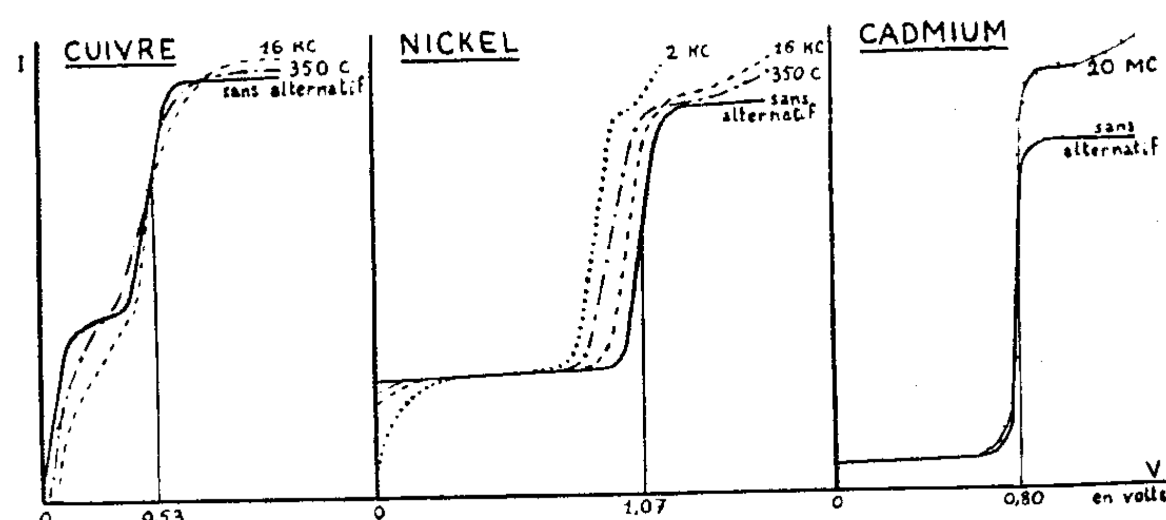
Au début et à la fin de chaque série d'expériences concernant un cation, deux courbes polarographiques sans courant alternatif montrent que celui-ci n'a pas produit un effet permanent. En outre, l'allure générale de la courbe (*fig.* 1) est la même avec et sans courant alternatif, ce qui permet de toujours déterminer comme en polarographie classique le potentiel de demi-vague ainsi que le courant de diffusion limite. Ces mesures mettent en évidence les faits suivants :

(*) Séance du 23 avril 1951.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 834.

(2) Une amplitude supérieure produit, pour les plus grandes fréquences, une chute irrégulière du mercure.

1° Quel que soit l'ion considéré, le courant de diffusion limite est le même avec et sans courant alternatif, et il reste constant quand la fréquence croît jusqu'aux environs du mégacyle; au-dessus il est très fortement augmenté (effet Debye-Falkenhagen).




2° Le courant de charge à un potentiel donné croît linéairement avec la fréquence jusqu'à 2 kc, ensuite il tend à rediminuer.

3° Le potentiel de demi-vague de certains ions, en particulier des ions monovalents, est le même avec et sans courant alternatif quelle que soit la fréquence. Au contraire, le courant alternatif rend moins électronégatif le potentiel de demi-vague de la plupart des cations divalents.

Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus à l'oscillographe, on constate que le potentiel de demi-vague est constant pour les ions à oscillogramme symétrique et, inversement, il est déplacé vers des valeurs plus électropositives dans le cas des ions à oscillogramme dissymétrique. J. Heyrovsky ([3]) a interprété la dissymétrie des oscillogrammes par le fait que les cations correspondants ne peuvent acquérir deux électrons en un seul stade, mais seulement après un réarrangement interne. La variation du potentiel de demi-vague dans ce cas doit donc correspondre à l'énergie nécessaire à ce réarrangement interne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du méthylmalonate d'éthyle avec les phénols.* Note de MM. **Charles Mentzer** et **Paul Vercier**, présentée par M. Marcel Delépine.

En favorisant le départ de l'éthanol formé au cours du chauffage d'un phénol avec le méthylmalonate d'éthyle, il est possible d'augmenter considérablement le rendement final en l'hydroxy-4 coumarine correspondante,

Au cours d'une précédente publication ([1]), nous avons montré, en collaboration avec D. Molho, qu'il est possible de préparer des aryl-3 hydroxy-4

([3]) *Ost. Chem. Z.*, **48**, 1947, p. 24.

([1]) *Bull. Soc. chim.*, (5), **16**, 1949, p. 749.

coumarines avec des rendements très acceptables par simple chauffage des arylmalonates d'éthyle avec les phénols correspondants. Des essais en vue d'aboutir dans des conditions analogues à des alcoyl-3 coumarines étaient jusqu'ici restés pratiquement infructueux. L'un de nous, en collaboration avec M[lle] G. Urbain [2], avait bien réussi à isoler quelques cristaux de méthyl-3 hydroxy-4 coumarine en partant d'un mélange de phénol et de méthylmalonate d'éthyle préalablement chauffé à 250°, mais le rendement de l'opération était à l'époque si faible que nous avons pendant longtemps considéré ce procédé comme un mode d'obtention et non comme une préparation de la coumarine en question. Ayant eu l'occasion tout récemment de reprendre ce problème, nous avons tenu compte, dans la poursuite de ces essais, des connaissances acquises au cours de la synthèse de la phényl-3 hydroxy-4 coumarine [3].

Tout d'abord, nous avons pensé améliorer le rendement de l'opération en ajoutant au milieu réactionnel certains catalyseurs de condensation. Dans cet ordre d'idées, ni les métaux alcalins, ni la pyridine, ni la pipéridine, ni la diéthylaniline n'ont donné de résultats. L'augmentation de la durée et de la température de chauffage n'influence pas non plus le résultat final de l'opération. Après six jours d'ébullition au reflux d'un mélange équimoléculaire de phénol et de méthyl-malonate d'éthyle, le rendement en méthyl-3 hydroxy-4 coumarine est inférieur à 1 %. La cause de ces échecs successifs a pu être finalement attribuée au fait que l'alcool éthylique, apparu au cours de la réaction, inhibe considérablement la fermeture de l'hétérocycle coumarinique. En chassant cet alcool au fur et à mesure de sa formation grâce à un dispositif expérimental convenable, la cyclisation finit par s'effectuer dans de très bonnes conditions. Dans la pratique courante, il suffit de remplacer le réfrigérant à reflux à circulation d'eau froide par un simple tube en verre long de 1 m (diamètre intérieur 10 mm) pour assister à une amélioration considérable du rendement qui peut atteindre 67 % de la théorie, après 4 jours de chauffage à 250°. Le refroidissement par l'air ambiant est en effet assez efficace pour provoquer la condensation des vapeurs de phénol et d'ester malonique qui auraient tendance à s'échapper, mais ne permet pas de retenir l'alcool éthylique. Ainsi améliorée, la nouvelle technique s'applique non seulement au phénol ordinaire mais également à plusieurs phénols substitués (crésols, gaïacol etc...) [4]; mais c'est avec la résorcine que la vitesse de condensation atteint sa valeur la plus élevée et cela n'a rien de surprenant, puisque dans ce diphénol, l'hydrogène mobile du noyau est activé non

---

([2]) *Bull. Soc. chim.*, (5), **11**, 1944, p. 171.

([3]) *Bull. Soc. chim.*, (5), **17**, 1950, p. 1248.

([4]) L'ensemble des substances ainsi préparées fera l'objet d'une étude plus approfondie de la part de l'un de nous (P. Vercier, thèse en cours).

seulement par le groupement phénolique en ortho, mais également par celui qui se trouve en para par rapport à ce même hydrogène

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — *Méthyl-3 hydroxy-4 coumarine*, $C_{10}H_8O_3$. — Obtenue avec 67 % de rendement à partir de 9 g de méthyl-malonate d'éthyle et de 5 g de phénol. Durée de chauffage, 4 jours à 280°, F 231° ([5]). Un mélange avec cette coumarine préparée selon ([6]) ne montre aucune dépression du point de fusion. Les deux méthodes donnent le même dérivé acétylé en 4 (F 154°), F mélangé, non abaissé.

*Méthyl-3 dihydroxy-4,7 coumarine*, $C_{10}H_8O_4$. — Après une heure de chauffage à 275° de 10 g de méthyl-malonate d'éthyle et de 6,9 g de résorcine, on obtient 8,5 g de cette coumarine (Rdt 77 %). Après des cristallisations répétées, on élève le point de fusion à 302-303°. Ce composé avait déjà été préparé par Späth par une méthode tout à fait différente ([7]). C % calculé 62,5; trouvé 62,2; H % calculé 4,1; trouvé 4,3. On prépare le dérivé acétylé en position 4, suivant ([7]), F 181°.

*Méthyl-3 hydroxy-4 méthoxy-7 coumarine*, $C_{11}H_{10}O_4$. — 6 g de méthyl malonate d'éthyle et 4 g de monométhyl-résorcine sont chauffés 60 h à 230-250°, Rdt 62 %, F 227° ([6]). L'acétate en 4 fond à 135° ([6]). C % calculé 62,9; trouvé 62,8; H % calculé 4,8; trouvé 4,9.

*Diméthyl-3.7 hydroxy-4 coumarine*, $C_{11}H_{10}O_3$ (corps nouveau). — On obtient 2,7 g de cette coumarine en chauffant 5,5 g de méta-crésol avec 8 g de méthyl-malonate d'éthyle pendant 4 jours à 250-275°, F 228°, Rdt 31 %. Dérivé acétylé en 4, F 131°.

*Diméthyl-3.8 hydroxy-4 coumarine*, $C_{11}H_{10}O_3$ (corps nouveau). — 9 g de méthyl-malonate d'éthyle et 6 g de ortho-crésol donnent cette coumarine avec un rendement de 25 %, après 300 h de chauffage à 260-300°, F 199°. Dérivé acétylé en 4, F 172°.

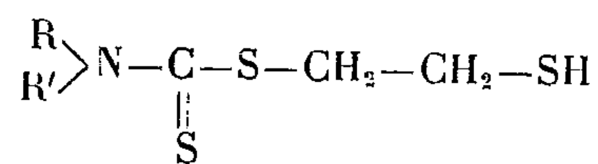
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dithiocarbamates* N-*disubstitués de* β-*mercapto-éthyle*. Note de MM. **RAYMOND DELABY, CHRISTIAN WAROLIN, PIERRE CHABRIER** et **PIERRE PIGANIOL**, présentée par M. Marcel Delépine.

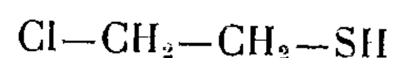
1. Dans une Note récente ([1]), nous avons décrit deux méthodes de préparation des dithiocarbamates N-disubstitués de β-mercapto-éthyle. [formule (I)]. Ces composés s'obtiennent soit par action des amines secondaires sur le trithiocarbonate d'éthylène, soit par action du chloroéthanethiol (II) sur les sels de

([5]) HEILBRON et HILL, *J. Chem. Soc.*, 1927, p. 1707.
([6]) J. BOYD et A. ROBERTSON, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 174.
([7]) E. SPÄTH, A. SIMON et LINTNER, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 69 B, 1936, p. 1664.

([1]) R. DELABY, P. PIGANIOL et C. WAROLIN, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1671.

sodium des acides dithiocarbamiques N-disubstitués

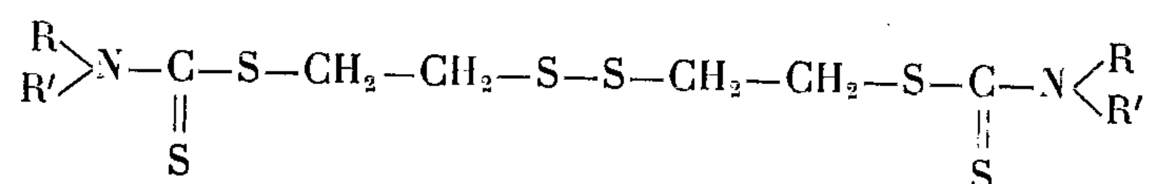




(I) (II)

L'étude des propriétés chimiques des composés obtenus nous a conduits, en dépit des résultats de l'analyse élémentaire, à reconsidérer leur structure.

En fait, les dithiocarbamates de β-mercapto-éthyle formés primitivement s'oxydent à l'air avec une telle rapidité que l'on isole finalement les disulfures correspondants (III)



(III)

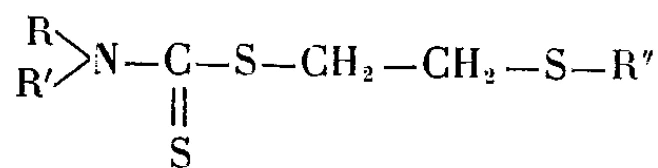
Toutefois, on peut obtenir aisément et rapidement les dithiocarbamates de β-mercaptoéthyle sous la condition essentielle déjà formulée d'opérer à l'abri de l'air, soit donc en vase clos ou sous atmosphère inerte.

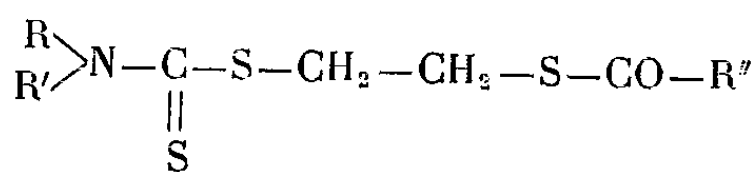
Ainsi, il va de soi que les constantes précédemment attribuées ([1]) aux dithiocarbamates (I) sont celles des disulfures (III).

2. Les dithiocarbamates de β-mercaptoéthyle sont des substances généralement liquides, colorées en jaune, malodorantes, se décomposant par distillation dans le vide sous 1 mm Hg.

Ils sont solubles dans le benzène, donnent aisément des mercaptides par action des sels métalliques (cyanure mercurique, acétate de plomb, etc.) en solutions alcooliques.

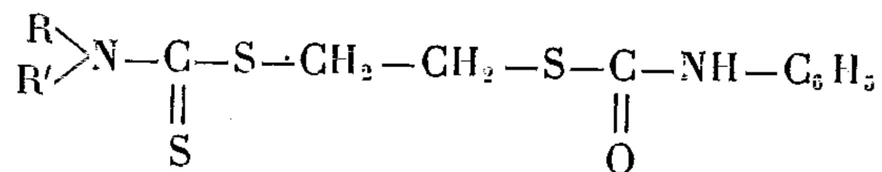
3. L'action directe des halogénures d'alcoyle ou d'aryle conduit aux sulfures (IV) ou aux thioesters (V)





(IV) (V)

4. L'isocyanate de phényle réagit sur les dithiocarbamates N-disubstitués de β-mercaptoéthyle en conduisant aux dérivés thiocarbamylés correspondants (VI)

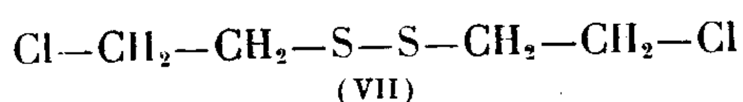


(VI)

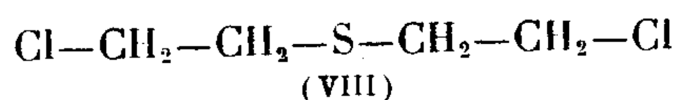
5. Les dithiocarbamates N-disubstitués de β-mercaptoéthyle s'oxydent facilement au contact de l'air en conduisant aux disulfures (III); la vitesse

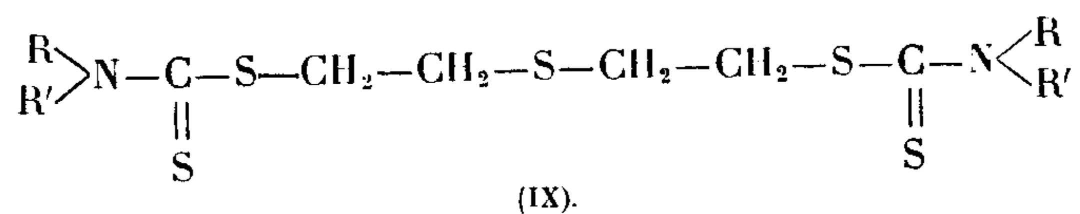
d'oxydation, rapide en solution alcoolique, pourrait être évaluée par la précipitation du disulfure, très peu soluble dans ce milieu, à froid. Les disulfures (III) peuvent être obtenus instantanément et quantitativement par action d'une quantité équimoléculaire d'iode en milieu alcalin. L'iode peut d'ailleurs se fixer, en milieu benzénique, sur les disulfures à raison de 4 atomes d'halogène par molécule.

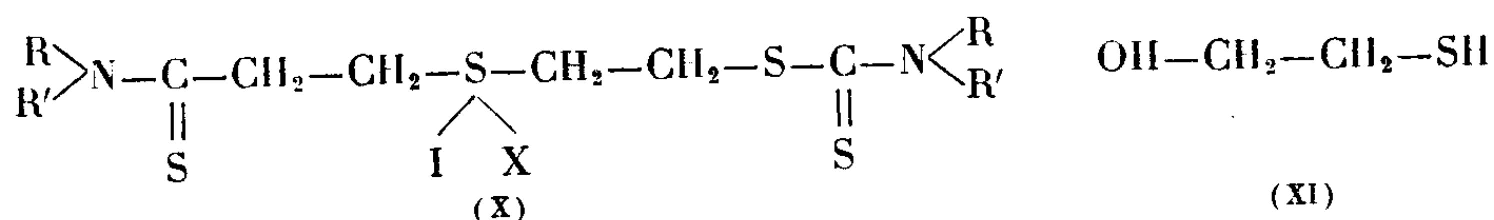
Nous avons obtenu, par voie indirecte, ces mêmes disulfures en faisant agir le disulfure de β-dichloréthyle (VII) sur les sels de sodium des acides dithiocarbamiques N-disubstitués




Si au lieu d'utiliser le disulfure de β-dichloroéthyle on met en œuvre le sulfure de β-dichloroéthyle (VIII), on obtient des sulfures (IX), donnant aisément des dérivés sulfonium (X) par action des halogénures d'alcoyle en milieu acétonique




*En résumé*, la présence d'un groupement dithiocarbamique en position β des groupements thiol, exalte la réactivité de l'hydrogène thiolique dont nous avons pu constater le caractère de relative stabilité dans le mercaptoéthanol (XI) par exemple.

Dans une prochaine Note, nous étudierons de nouveaux dérivés des dithiocarbamates N-disubstitués de β-mercaptoéthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Interprétation de transpositions en série diphényl-2.2 indanique.* Note (*) de M. **Michel Vaillant**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les expériences effectuées sur la déshydratation de diphényl-2.2 indanols du type I, excluent l'existence, même transitoire, des isoindènes du type IV.

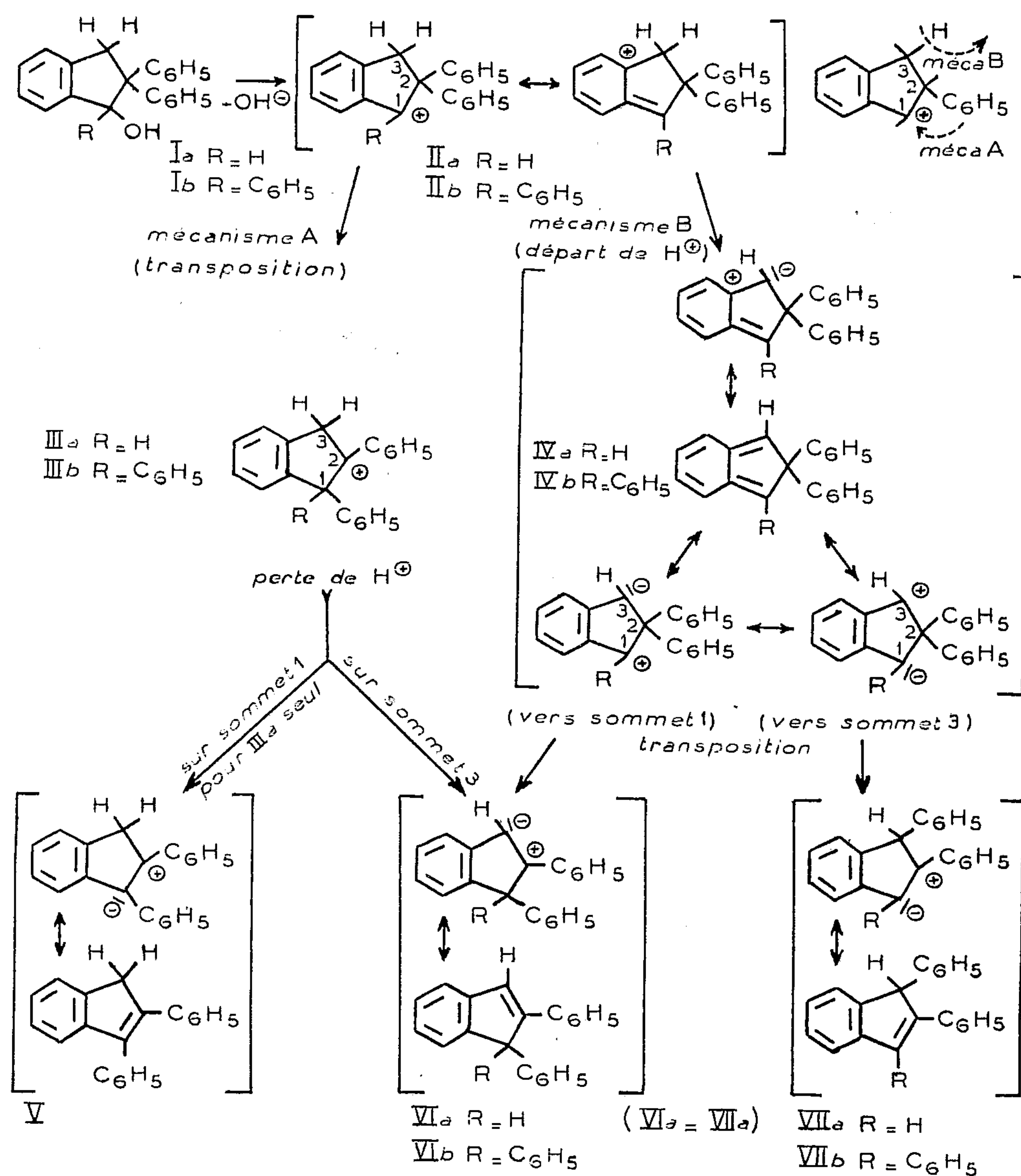
On se proposait, au cours de travaux antérieurs ([1]), ([2]), de parvenir aux

(*) Séance du 23 avril 1951.

([1]) Ch. Dufraisse et M. Vaillant, *Colloque de Montpellier*, avril 1950 (sous presse).

([2]) M. Vaillant, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1161.

diphényl-2.2 isoindènes IV (IV*a* et IV*b*), en déshydratant les indanols I*a* et I*b* correspondants. En fait, cette méthode conduit à une série d'indènes V, VI et VII, issus de transpositions du type rétropinacolique. La présente Note s'appuie sur ces résultats expérimentaux pour établir, à l'aide d'une analyse purement théorique, que les isoindènes IV espérés ne figurent pas dans ces réactions, même comme produits intermédiaires.




La première étape, communément admise dans ce genre de réarrangements anionotropiques, est la production, en milieu acide, d'un ion carbénium, qui est ici l'ion II (II*a* et II*b*). Au deuxième stade, apparaissent deux modes

distincts de stabilisation pour l'ion II; ou bien, conformément au schéma classique A, c'est un phényle substituant en 2 qui vient sur le sommet 1 pour former un nouvel ion, III (III*a* et III*b*); ou bien, conformément au mécanisme B, c'est un proton qui abandonne le sommet 3 pour engendrer l'isoindène IV envisagé ci-dessus, opération que favorise la résonance avec le noyau benzénique du squelette indanique.

Comme chacun de ces deux mécanismes doit satisfaire à la réaction globale de déshydratation en indènes, les deux opérations précédentes sont interverties dans l'étape finale : le départ d'un proton, qui venait le premier dans le mécanisme B, sera au contraire le second dans le mécanisme A, et, par contre, la migration d'un phényle substituant en 2, par quoi débutait le mécanisme A, achèvera le mécanisme B. C'est là que les deux indanols I*a* et I*b* se comportent différemment : en effet, dans le mécanisme A, l'ion III*a*, issu du diphényl-2.2 indanol-1, I*a*, peut perdre un proton soit du sommet 1, soit du sommet 3, ce qui conduit aux deux diphénylindènes V et VI*a*; mais l'ion III*b*, où R représente un phényle, et non plus un hydrogène, n'a de proton disponible qu'au sommet 3, ce qui aboutit à un seul indène, VI*b*. Ces possibilités sont inversées dans le mécanisme B : le diphényl-2.2 isoindène, IV*a*, est symétrique, et ne peut se réarranger qu'en un seul produit, le diphényl-1.2 indène, VI*a* identique à VII*a*; mais le triphényl-1.2.2 isoindène, IV*b*, n'est plus symétrique, et peut se transformer en deux triphénylindènes distincts VI*b* et VII*b*, suivant que le phényle migre vers le sommet 1, VI*b*, ou vers le sommet 3, VII*b*.

En définitive, un composé final est commun à l'un et à l'autre de ces mécanismes, mais les isomères obtenus, tous probables *a priori*, sont en nombres différents dans les deux cas : cette alternative mérite d'être soumise à l'épreuve de l'expérience. La réponse est très nette : A partir du diphényl-2.2 indanol-1, I*a*, on obtient un mélange des deux diphénylindènes V et VI*a* (1), (3) et on a déjà (2) spécifié formellement que la déshydratation du triphényl-1.2.2 indanol-1, I*b*, fournissait le triphényl-1.1.2 indène, VI*b*, seul, sans traces décelables de triphényl-1.2.3 indène, VII*b*. C'est justement ce que prévoyait de manière exclusive le mécanisme A. Ainsi le mécanisme B n'intervient pas, même partiellement. En conséquence, l'interprétation ionique invoquée laisse peu d'espoir d'atteindre par des réactions de ce genre, la structure orthoquinoïde IV, encore inconnue.

---

(3) On avait vérifié évidemment que ces deux carbures, soumis au même traitement déshydratant, ne s'isomérisaient pas l'un en l'autre.

MINÉRALOGIE. — *Sur la différenciation du xénotime, du zircon et du sphène par l'étude de l'absorption des rayons X*. Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les minéralogistes éprouvent souvent des difficultés à différencier le xénotime ($YPO_4$) du zircon ($ZrO_2$, $SiO_2$). En effet bien que les compositions chimiques de ces deux minéraux soient nettement différentes, leurs propriétés physiques et minéralogiques sont extrêmement voisines.

L'utilisation de l'absorption des rayons X permet une différenciation nette et rapide de ces deux espèces.

On sait en effet que les rayons X traversent les substances en subissant une absorption qui dépend de leur composition chimique et de la longueur d'onde de la radiation utilisée. Pour un élément donné le coefficient d'absorption croît régulièrement avec la longueur d'onde pour de grands intervalles mais subit des chutes brusques pour certaines longueurs d'onde caractéristiques de l'élément. C'est ainsi que la première chute se produit pour le zirconium à 0,687 Å et pour l'yttrium à 0,726 Å.

Il en résulte que si l'on utilise une radiation X de longueur d'onde intermédiaire, l'abaissement du coefficient d'absorption s'est produit pour le zirconium et n'a pas eu lieu pour l'yttrium. Nous avons utilisé la longueur d'onde $\lambda = 0,71$ Å (raies $\alpha$ du molybdène) pour laquelle le coefficient massique du zirconium est égal à 17 et celui de l'yttrium égal à 110. Ces valeurs conduisent à des coefficients voisins de 10 pour le zircon et de 60 pour le xénotime.

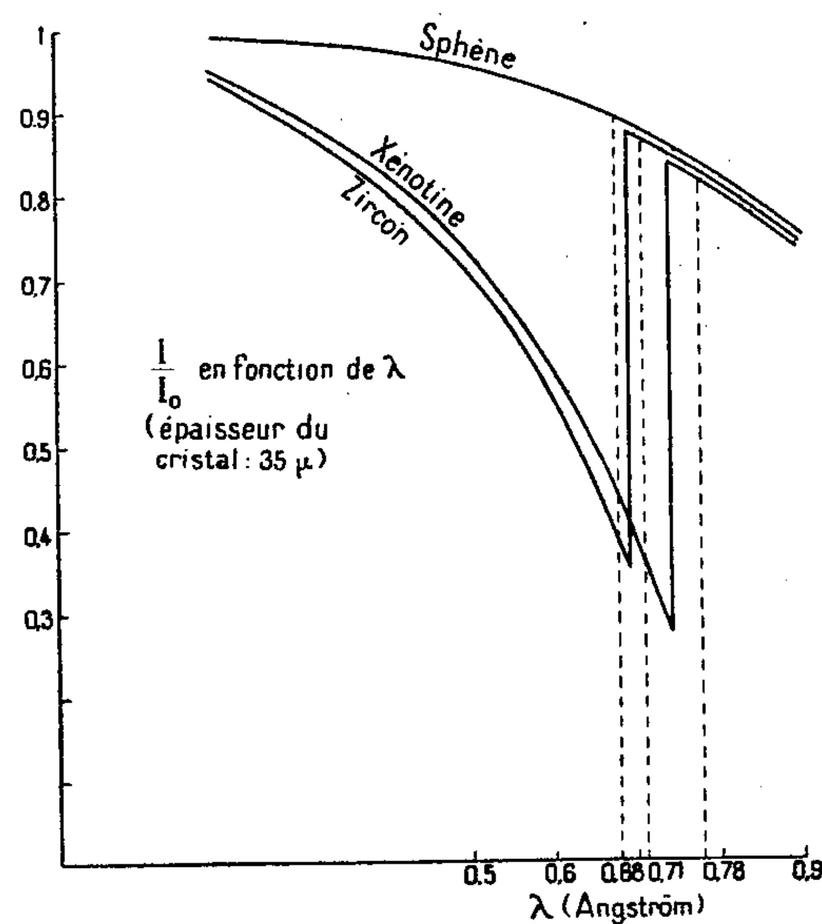
Les calculs effectués pour une épaisseur de 30 $\mu$, montrent que l'intensité du rayonnement après traversée du zircon est $I = 0,87\, I_0$ et après traversée du xénotime $I' = 0,47\, I_0$ ($I_0$ étant l'intensité de la radiation incidente).

La variation d'intensité est très grande et peut être facilement déterminée par l'impression d'une émulsion photographique à grains fins (genre émulsion nucléaire), les cristaux de xénotimes laissant une tache beaucoup plus claire que les cristaux de zircon, même si ces derniers ont une absorption accrue par la présence d'un élément lourd tel que le thorium. Ces faits ont été confirmés par l'expérience. Une simple observation radioscopique peut d'ailleurs suffire dans de nombreux cas.

Il serait toujours préférable de comparer des cristaux ayant exactement la même épaisseur ce qui se produit lorsqu'on étudie une lame mince dont l'épaisseur est de l'ordre de 30 $\mu$. On peut alors disposer d'une lame témoin portant un xénotime et un zircon de l'épaisseur voulue.

(*) Séance du 23 avril 1951.

Cependant la différence d'absorption est telle qu'il est encore possible d'étudier les minéraux avec des différences d'épaisseurs assez grandes car un zircon doit être six fois plus épais qu'un xénotime pour produire la même absorption. On peut posséder des cristaux témoins d'épaisseurs variant de 50 en 50 μ et comparer l'absorption du cristal étudié à celles des témoins inférieurs et supérieurs. D'autre part, si le cristal à examiner est important, on peut en pulvériser une faible partie, radiographier la poudre tamisée et comparer les résultats obtenus à ceux donnés par des poudres types.




La méthode peut être étendue à des cristaux autres que la xénotime et le zircon en déterminant chaque fois la longueur d'onde de discontinuité d'absorption K des éléments lourds qu'ils renferment en forte proportion. Si le cristal ne contient que des éléments légers comme le sphène ($CaTiSiO_5$) la méthode ne peut s'appliquer. Il est cependant possible de distinguer ce dernier minéral des deux précédents en étudiant l'absorption sous deux longueurs d'onde (0,68 et 0,71 Å). Nous donnons en effet dans le tableau et le graphique les rapports $I/I_0$ en fonction de la longueur d'onde.

| Longueur d'onde (Å) | 0,68. | 0,71. | 0,78. |
|---|---|---|---|
| Xénotime | 0,44 | 0,35 | 0,80 |
| Zircon | 0,37 | 0,85 | 0,82 |
| Sphène | 0,90 | 0,87 | 0,82 |

GÉOLOGIE. — *Les caractères géologiques du Haut-Maroni (Guyane française).* Note de M. **Edgar Aubert de La Rüe**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le bassin du Haut-Maroni apparaît formé par trois grandes unités géologiques. Au Nord, un complexe métamorphique et volcanique attribué au Précambrien supérieur. Plus au Sud, une série de schistes cristallins et dans l'extrême Sud une série de granites porphyroïdes. Ces deux dernières représentent le Précambrien supérieur.

L'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer m'ayant confié le soin d'établir la carte de reconnaissance de la Guyane méridionale, j'ai étendu en 1950 au bassin du Haut-Maroni les études commencées en 1948 dans l'Oyapock. Ce premier lever fait apparaître dans le SW du département trois unités géologiques principales, toutes attribuées au Précambrien.

Une vaste zone de granites porphyroïdes occupe tout l'extrême Sud, débordant au Surinam le long de l'Itany et au Brésil dans le massif des Tumuc-Humac. Ces granites ne dépassent guère au Nord le 3ᵉ parallèle. Ils sont de caractère monzonitique, avec de grands cristaux de microcline rose. La biotite est souvent accompagnée de hornblende et de sphène. L'allanite, localement très abondante (en amont de Kiboué Soula sur l'Itany, Grand Saut du Marouini, Saut Awali du Tampoc, etc.) est un élément caractéristique de ces granites. Leur structure est parfois orientée et certaines parties laminées sont devenues de véritables gneiss œillés. Des faciès non porphyroïdes accompagnent à l'occasion ces granites monzonitiques qui, par disparition du feldspath alcalin, passent à des diorites quartzifères. On observe, en relation avec ces roches, des bandes diversement orientées et même des zones assez étendues de paragneiss, d'orthogneiss et d'amphibolites, vestiges d'une série plus ancienne correspondant au Précambrien inférieur et bien représentée immédiatement au Nord. Je l'ai désignée du nom de « Série des schistes cristallins ».

Cette seconde unité, où des subdivisions devront être établies par la suite, large de près de 70 km du Sud au Nord le long du cours inférieur de l'Itany et du Marouini, s'amincit à l'Est le long du moyen Tampoc et du haut Ouaqui. Ce complexe comprend des types lithologiques divers, intimement associés, passant graduellement des uns aux autres, sans que l'on puisse jamais observer un contact net. Il y a là des paragneiss, contenant occasionnellement un peu de grenat et de graphite (bas Marouini), souvent accompagnés d'amphibolites feldspathiques rubanées. ces dernières très développées dans le haut Ouaqui. Des migmatites, riches en enclaves surmicacées et amphiboliques, ont une large extension. Très caractéristiques en beaucoup de points, elles deviennent ailleurs difficiles à distinguer des orthogneiss pour peu qu'elles aient acquis une certaine homogénéité.

Ces gneiss, qui jouent un rôle important dans cette série, correspondent à des granites monzonitiques et à des diorites quartzifères, les uns et les autres souvent riches en hornblende et en sphène. Ces roches se rencontrent également privées d'orientation ou de rubanement. Je dois aussi signaler des faciès très basiques, comprenant des hornblendites à olivine, des gabbros et des orthoamphibolites, qui ont une certaine extension sur le cours inférieur du Marouini et sur l'Itany près du confluent des deux rivières. Ces roches basiques très résistantes, accompagnées de diorites quartzifères, forment notamment les seuils qui provoquent les grands rapides de ces parages.

Il est important de souligner le rôle très restreint des pegmatites, qu'elles soient filoniennes ou diffuses, parmi la série des schistes cristallins, comme du reste dans toutes les autres formations rencontrées dans le Haut-Maroni.

La troisième unité, la plus septentrionale et la plus récente du territoire étudié, est attribuée au Précambrien supérieur en raison de son métamorphisme moins accentué et de l'absence de phénomènes de granitisation. La limite méridionale de cette série dessine une ligne sinueuse qui, partant du Lawa vers 3°22′ Nord, traverse le bas Tampoc, le Ouaqui à 8 km en aval du saut Macaque, pour atteindre le Grand Inini un peu en aval du saut Emérillon. La presque totalité du bassin de l'Inini, le cours moyen et inférieur du Ouaqui, le bas Tampoc et l'Arawa sont donc situés sur des terrains considérés comme étant du Précambrien supérieur. Ce dernier comprend des formations sédimentaires et volcaniques, souvent étroitement associées. Aux premières se rapportent différents types de schistes (schistes satinés, séricitoschistes, chloritoschistes, quartzophyllades), des paragneiss à grains très fins et des faciès arénacés généralement subordonnés, notamment des quartzites et des arkoses gneissiques. Les schistes métamorphiques dominent le long du Lawa et du Grand Inini, tandis que les arkoses gneissiques affleurent de façon continue le long du Ouaqui et de l'Arawa. Ces dernières, à grains de quartz bleuté, renferment principalement comme feldspaths des plagioclases.

Les roches volcaniques sont surtout des andésites, fréquentes dans la région montueuse au Nord du Grand Inini, notamment dans le haut de la crique Eau Claire qui coule en aval sur des tufs rhyolitiques assez étendus. Les amphibolites, communes en beaucoup d'endroits, dérivent vraisemblablement de laves et de tufs basiques fortement modifiés.

De nombreuses intrusions percent le Précambrien supérieur, dont les plus notables se rencontrent sur le Petit Inini, qui traverse un massif de diorite quartzifère en amont et un autre, de nature granitique en aval de la crique la Grève.

De rares filons de basalte et de dolérite, dont les affleurements limités ne permettent pas de préciser l'orientation des fractures qu'ils ont emprun-

tées, recoupent toutes les autres formations. Celles-ci ont subi des déformations intenses. Les schistes cristallins montrent deux directions principales de plissements qui se superposent en quelques points. Celle qui domine est Nord-Est, l'autre étant Nord-Ouest. Les formations du Précambrien supérieur, fortement plissées et redressées, ont une orientation assez constante vers le Nord-Ouest, devenant NNW le long du Lawa.

De faibles signes de minéralisation ont été relevés, en particulier quelques sulfures (chalcopyrite, bornite et pyrrhotite) accompagnés parfois de magnétite dans certaines amphibolites et gneiss du Ouaqui. Un peu de chalcopyrite et de pyrrhotite sont visibles dans les roches ultra-basiques du bas Marouini. Des indices de molybdénite ont été relevés dans les gneiss de la crique Alice (Tampoc) et dans une amphibolite proche de Dorlain (Petit Inini). Les seuls placers productifs du territoire sont en relation avec le Précambrien supérieur; l'or alluvionnaire y est accompagné de tourmaline. La présence, dans un filon de quartz voisin de Saül, d'incrustations d'or natif parmi des agrégats de cristaux de tourmaline montre qu'il existe une relation génétique entre ce minéral et l'or.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du soubassement jurassique de la chaîne des Aravis (Haute-Savoie).* Note de M. **Jean Rosset**, transmise par M. Léon Moret.

Tous les plis de Malm de la coupe classique de la rive droite de l'Arve se retrouvent sur la rive gauche, aux Aravis, mais plongent ici vers le Nord-Ouest en donnant des pli-failles.

La coupe transversale naturelle à peu près Nord-Sud de la rive droite de l'Arve entre Sallanche et Cluses, déjà observée par de Saussure, puis étudiée successivement par Haug, Ritter, Moret et Collet, montre près du village d'Oex de magnifiques replis dans les calcaires du Jurassique supérieur (Malm) sur lesquels se précipitent les eaux de la cascade du Torrent d'Arpenaz.

Si la correspondance entre les plis du Crétacé superposé du massif de Platé avec ceux des Aravis est actuellement à peu près au point, il n'en est pas encore de même pour les plis du Malm, et cela à cause de l'érosion qui a largement déblayé les couches vers le Sud-Ouest, parallèlement à leur direction d'affleurement et de la présence d'un épais manteau morainique.

Grâce à des observations détaillées effectuées ces dernières années et facilitées par les excellents plans directeurs au 1/20 000$^e$, je puis apporter quelques précisions ou rectifications aux travaux précédemment parus [1].

---

[1] On les trouvera résumés *in* L. Moret, *Mém. Soc. Géol. France*, n° **22**, 1934 et L. W. Collet, *Mat. Carte Géol. Suisse*, **79**,, 1943.

Alors que sur la rive droite de l'Arve, les profils de Moret, puis de Collet présentent trois anticlinaux couchés superposés, on ne retrouve aux Aravis dans les coupes de Haug, puis de Moret, qu'un anticlinal et un synclinal dans le Malm.

Une série de profils NW-SE, à l'échelle, sensiblement normaux à la direction des plis et établis du Nord au Sud, va nous permettre de retrouver les deux anticlinaux supérieurs (III et II) et le synclinal 1 compris entre les deux anticlinaux inférieurs II et I. Seul l'anticlinal inférieur (I) n'apparaît pas en surface. L'affleurement de Malm commence au Nord près du village de Saxel, en face d'Oex : la falaise correspond au flanc normal de l'anticlinal II; le flanc inverse se voit au bas d'une pente d'éboulis, au bord du chemin qui mène de Saxel à Blancheville.

Un deuxième profil, descendant de la Pointe d'Areu au village de la Provence, coupe la tête de l'anticlinal II au-dessus du village d'Outredière et trouve, plus bas que ce village, le flanc inverse de l'anticlinal I, qui forme les parois de la gorge du torrent de Diara. Le fond de la gorge est même taillé en un point dans les schistes oxfordiens fossilifères sous-jacents.

Le troisième profil passe par les chalets de Doran, plantés sur un petit promontoire de Malm qui correspond à l'extrême tête de l'anticlinal III, puis il remonte jusqu'à la tête de l'Adroit dans le Berriasien, flanc normal de cet anticlinal. Le classique pli de la cascade de Doran appartient à la charnière du synclinal 2. En continuant, nous ne retrouvons plus le Malm, mais la grande épaisseur des schistes s'explique par une triple superposition due à la présence en profondeur du synclinal 1.

Au fond de la combe de Doran, un petit pointement rocheux sur la rive gauche du torrent représenterait un lambeau de charnière de l'anticlinal III. La pente qui monte de là vers l'arête des Saix et, de l'autre côté de l'arête, le plateau des Saix, ne laissent apparaître que le Berriasien; au-dessous, une falaise de Malm constitue le flanc normal de l'anticlinal II dont le noyau oxfordien affleure largement. Plus bas, au plan du Saut, quelques pointements de Malm plongeant d'abord vers le Nord-Ouest, puis vers le Sud-Sud-Est, représentent la tête du synclinal 1.

Le versant Nord-Ouest des Quatre Têtes montre plusieurs ressauts dans le Malm (flanc normal de l'anticlinal III) surmontant un petit noyau oxfordien; immédiatement au-dessous vient le Berriasien, donc le flanc inverse de l'anticlinal III a disparu par étirement. Nous retrouvons ensuite la même succession que précédemment jusqu'à l'affleurement du synclinal 1 au Tournieux.

Le profil suivant, passant par le Pas de Monthieu, n'apporte que peu de modifications : le noyau oxfordien ne repose plus sur le Berriasien, noyau du synclinal 2, mais sur du Malm. L'érosion a donc enlevé ici

seulement l'extrémité de la charnière de ce synclinal. Enfin le Malm du synclinal 1 cesse d'apparaître en surface.

Au Sud de la cascade des Fours, on assiste à la disparition progressive de la vire oxfordienne, et les deux parois de Malm finissent par se réunir. La falaise unique correspond alors à la superposition de deux charnières (anticlinal III sur le synclinal 2), structure bien visible sur le flanc de la pointe de Mia qui domine le torrent de Niel.

Enfin la charnière supérieure puis la charnière inférieure disparaissent, mangées par l'érosion, et la paroi de Malm est maintenant simple jusqu'à la Giettaz.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Failles quaternaires sur la bordure du Jura à Pont-d'Ain.* Note (*) de M. **André Journaux**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'escarpement orienté NNO-SSE entre Turgon (hameau à 3 km au Nord de Pont-d'Ain) et Pont-d'Ain correspond à un abrupt de faille de 20 à 50 m de dénivellation, qu'il est possible d'observer et de dater grâce à quelques gravières et à des destructions de guerre au carrefour de Pont-d'Ain.

A l'angle Nord-Est du carrefour des routes nationales n$^{os}$ 75 et 84, l'abrupt, constitué dans les calcaires kimméridgiens, dénivelle le plateau portant le Mont-Olivet et dont le rebord est à 293 m et un bloc abaissé à 244 m. Le compartiment affaissé, rongé par un karst, visible sur 20 m de longueur et 3 m de hauteur grâce aux travaux de la Reconstruction, est accidenté de deux failles contraires, jalonnées par des filons de calcite et une brèche tectonique. Les poches de dissolution sont remplies soit d'argiles beiges et blanches, litées et plissottées, dont les plicatures sont dues aux déformations tectoniques de ces poches, soit d'argiles sableuses brunes ou blanches renfermant de très nombreux galets patinés. Le sable (1) est formé de grains de quartz émoussés luisants et de calcaire provenant de la molasse miocène toute proche; mais, en outre, on remarque des agglomérats de grains de quartz à ciment ferrugineux ou siliceux, des concrétions ferrugineuses, et de petites concrétions siliceuses à auréoles de quartz et d'oxyde de fer qui semblent être d'origine pédologique, élaborées probablement sous climat chaud (2). Les galets sont surtout des quartz et des quartzites, mais aussi quelques chailles et silex, des calcaires et des grès molassiques, tous magnifiquement patinés, évoquant une patine déser-

(*) Séance du 23 avril 1951.

(1) Analysé par M. A. Cailleux.

(2) A. Cailleux, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 17, 1947, p. 475-482.

tique. Quelques galets siliceux ont les bords déchiquetés indiquant une attaque chimique. Ce compartiment affaissé est bordé par un talus d'éboulis de sables et de galets de toutes natures, qu'on peut observer sur le même chantier, et dans lequel on retrouve au milieu de galets calcaires plus frais de nombreux galets siliceux ou calcaires patinés et une curieuse concrétion : des croûtes de silice et de calcite alternent, formant de petites auréoles, indiquant un climat tropical à saison sèche [3].

Ces diverses remarques, jointes au fait qu'on retrouve sur le compartiment soulevé les mêmes galets patinés, laissent à penser que patine et concrétions se sont formées sous un climat chaud, semi-aride, au moment où se développait un karst à la surface des plateaux. Les failles accidentant cette bordure ont rejoué postérieurement à ce karst que nous pouvons dater ici du Pliocène (karst postérieur au Miocène puisque des galets de molasse sont remaniés; antérieur au Quaternaire dont les calcaires sont plus frais et jamais patinés, et par suite de l'absence de toute trace d'éolisation sur les sables et les galets).

A 2 km au Nord de Pont-d'Ain, près de Nécudey, un petit abrupt de 15 à 20 m est jalonné par des failles affectant le Kimméridgien et visibles le long de la rive Sud du Suran; à 100 m à l'Est du pont de la route nationale n° 75 sur le Suran, une petite coupe nous montre les graviers qui recouvrent le compartiment abaissé de 275 m à 258 m. Sous 1 m de limon brun avec quelques galets siliceux, un lit d'argile de décalcification de 1,50 m d'épaisseur, contenant uniquement des galets de quartz et de quartzites, et cryoturbé, repose sur 3 m de cailloutis en majeure partie calcaires. Le contact de ces deux dernières formations est très irrégulier; mais la rubéfaction est progressive, ayant gagné peu à peu les zones profondes et ayant déterminé des horizons de forte concentration ferrugineuse. Les terrasses de l'Ain d'altitude comparable ne sont jamais décalcifiées : la rubéfaction s'est bien opérée en place à un niveau supérieur dénivelé ensuite par faille, et n'est pas le produit d'une solifluction sur un versant de vallée préalablement creusée.

Nous sommes en présence du même accident qu'à Pont-d'Ain, mais l'âge de la faille peut être précisé. Les mêmes formations rubéfiées de cette gravière s'observent à 500 m au Nord, au Mas Pommier à 275 m d'altitude, et à la Chapelle à 316 m : le cailloutis fluvio-glaciaire de la base est recouvert de 1,50 m de la même argile décalcifiée et cryoturbée. Cette décalcification est donc interglaciaire [4]. Pour des raisons morphologiques qui seront développées ultérieurement, la faille serait vraisembla-

---

(3) Étudié par M. Deicha. *Cf.* Deicha, *C. R. somm. S. G. F.*, 1945, p. 93; A. Vatan, *Ibid*, 1947, p. 99.

(4) Mindel-Riss pour F. Bourdier, *C. R. somm. S. G. F.*, 1949, p. 283.

blement contemporaine du stade glaciaire Saint-Jean-de-Niost-Villette d'Anton-Grenay.

Cette faille récente est d'une importance morphologique considérable : elle explique l'allure très jeune du Revermont au Nord de Pont-d'Ain et l'épaississement brusque de la nappe alluviale de l'Ain, qui coule sur la roche en place à Oussiat (Est de Pont-d'Ain) et sur 35 m d'alluvions à Bellaton (4 500 km au Sud d'Oussiat), soit pour la base de la nappe une pente de près de 8 °/₀₀ (contre 0,93 °/₀₀ pour l'Ain actuel sur 20 km en amont d'Oussiat), ce qui laisse présumer le prolongement de cette faille au Sud de Pont-d'Ain à travers de la vallée de l'Ain. Elle se rattache au Nord à une faille masquée, indiquée sur la carte géologique au 1/80 000 de Nantua (n° 160, 2ᵉ édition), et passant entre la Chapelle et le Revermont. Le Mont-Margueron, à l'Ouest de Pont-d'Ain, est un bloc faillé et basculé vers l'Est. De même la dénivellation entre la Chapelle et le Mas Pommier s'explique par le prolongement de la faille transversale à la précédente, orientée NE-SO et aboutissant au hameau de Turgon.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez* l'Alkanna lutea *A. DC.* (Nonnea lutea *DC.*). Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'étude embryogénique de l'*Alkanna lutea* A. DC. confirme l'homogénéité de la tribu des Anchusées. Avec plus de précision que chez les *Lycopsis* et les *Anchusa*, elle permet de déterminer l'origine des initiales de l'écorce de la racine et de la coiffe. Elle démontre encore une fois que c'est avec raison que l'on invoque avant tout les caractères tirés du mode d'insertion des nucules dans la classification de la famille.

L'étude embryogénique des Boragacées a révélé que leurs représentants appartiennent à des types embryonomiques suffisamment différents les uns des autres pour que soit mise en doute leur origine à partir d'ancêtres communs. Nous avons donné récemment, R. Souèges [1] et moi-même [2], un aperçu de l'état actuel de nos connaissances à ce sujet. Les Héliotropioïdées répondent à un type du développement de l'embryon qui a été retrouvé chez le *Lithospermum arvense* L., une Boraginoïdée. Au sein même de cette dernière sous-famille, les lois de l'embryogenèse sont différentes pour chacune des tribus actuellement examinées, les Anchusées, les Lithospermées et les Echiées. Mais le nombre réduit des genres qui nous sont connus à ce point de vue ne permet pas de conclure à l'homo-

(*) Séance du 23 avril 1951.

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2142.

[2] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1198.

généité des tribus elles-mêmes, sauf dans le cas des Anchusées, où, chez les *Anchusa* ([2]), les *Lycopsis* ([3]) et les *Symphytum* ([4]), le sporophyte se rattache, à titre de type régulier de la variante $A_1$ du premier groupe embryogénique, à l'archétype du *Senecio vulgaris*. Gürke, dans Engler et Prantl ([5]), fait des *Nonnea*, des *Alkanna* et des *Pulmonaria* une subdivision des Anchusées en se basant sur l'absence d'écailles creuses sur le tube de la corolle. En m'adressant à l'*Alkanna lutea* A. DC., j'ai vérifié que ce caractère ne correspondait pas, au même titre que ceux que l'on emploie généralement pour l'établissement des divisions et sous-divisions dans la famille, à un mode particulier du développement de l'embryon.

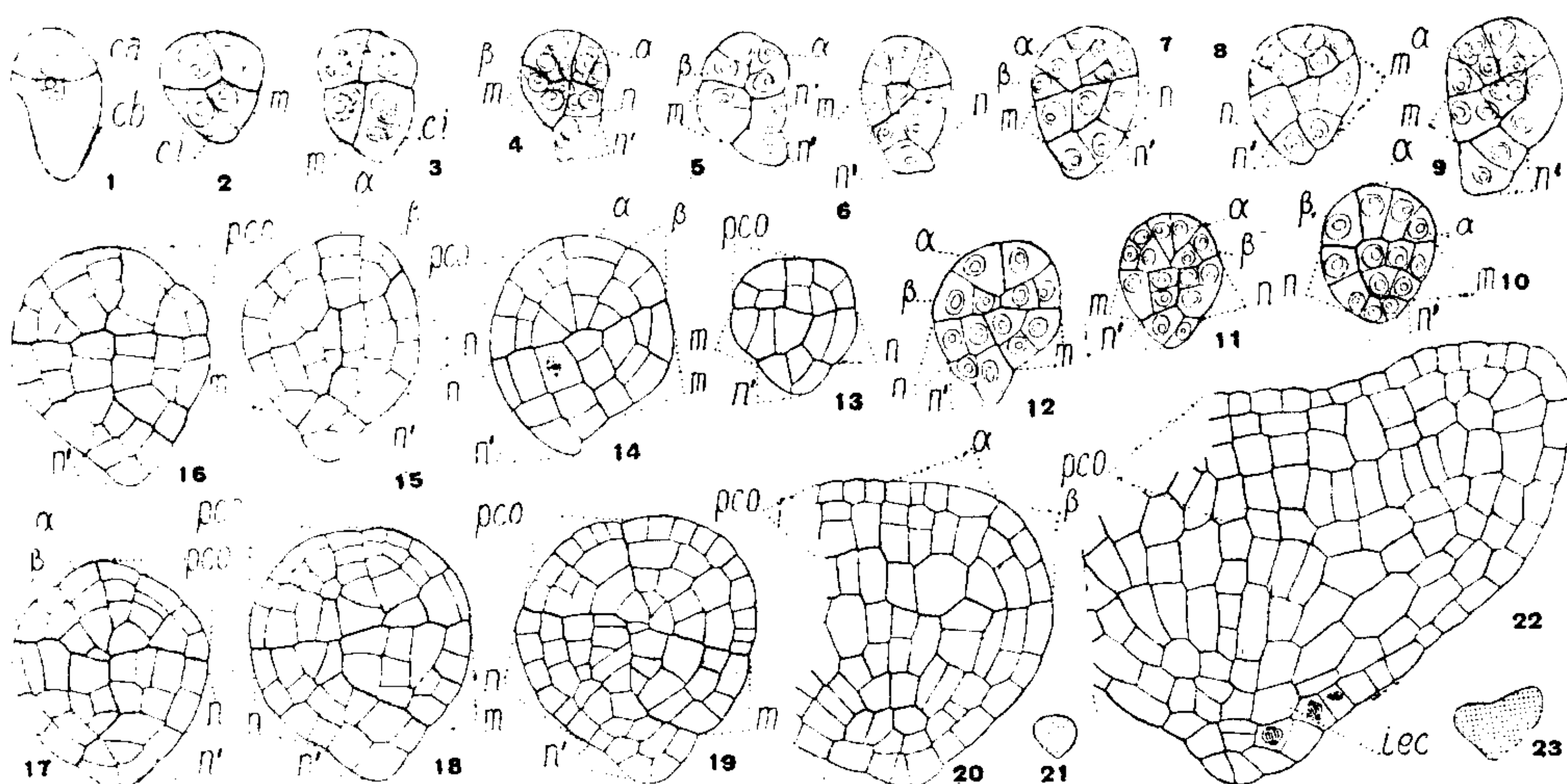


Fig. 1 à 23. — *Alkanna lutea* A. DC. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *n* et *n'*, groupes cellulaires produits par *ci*; *q*, quadrants; α et β, cellules-filles des quadrants; *pco*, partie cotylée; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 230; 35 pour les schémas figurés en 21 et 23 et correspondant aux embryons partiellement représentés en 20 et 22.

A la première génération, le proembryon de l'*A. lutea* présente deux cellules, puis, à la deuxième génération, quatre cellules disposées en deux étages (*fig.* 1 et 2). C'est à ce stade qu'il se différencie du type fondamental où la paroi inférieure est transversale, alors qu'elle est toujours oblique chez les *Alkanna*. A la troisième génération, le proembryon est constitué par deux étages de quatre cellules comme le montre la figure 3, où trois noyaux seulement ont été représentés à l'étage supérieur. Le groupe *m* intervient dans la construction d'une moitié latérale de l'hypo-

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 640.
([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 245.
([5]) *Die nat. Pflanzenfamilien*, IV, 3*a*, 1897, p. 112.

cotyle. Le groupe *ci* se segmente transversalement en deux dyades *n* et *n'* (*fig.* 4); la dyade supérieure, juxtaposée au groupe *m*, contribue à l'édification de la seconde moitié latérale de l'hypocotyle; c'est à partir de la dyade inférieure, occupant la base du proembryon, que prennent naissance les initiales de l'écorce au sommet radiculaire et la portion moyenne de la coiffe. La partie cotylée tire son origine des quadrants de l'embryon octocellulaire (*fig.* 3), qui se segmentent obliquement pour engendrer deux éléments α et β (*fig.* 4). Les formes irrégulières sont plus rares que chez les *Lycopsis* et les *Anchusa* et les limites entre la partie cotylée de l'hypocotyle sont encore bien distinctes quand l'embryon présente des cotylédons nettement différenciés.

L'étude embryonomique de l'*A. lutea* présente un triple intérêt. Elle confirme la valeur des arguments invoqués habituellement pour délimiter la tribu des Anchusées. Elle permet de suivre, bien plus nettement que chez les *Anchusa* et les *Lycopsis*, l'origine exacte des initiales de l'écorce de la racine et de l'assise calyptrogène. Grâce à l'apparition plus précoce de la symétrie bilatérale caractérisant l'embryon proprement dit, elle permet de bien vérifier que la partie cotylée intervient tout entière et seule dans la construction du point végétatif de la tige et des méristèmes cotylédonaires. En ce qui concerne l'ensemble des Boraginoïdées, on peut admettre, dès maintenant, que les caractères d'insertion du nucule, généralement invoqués pour les répartir en tribus, correspondent, malgré les apparences, à des modifications profondes de leurs caractères embryogéniques, et que c'est avec raison que les particularités de la corolle sont considérées comme des critères d'une valeur tout à fait secondaire.

## CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison de l'action exercée par les saponosides et par les sels biliaires sur la division des cellules végétales.*

Note de Mme **Micheline Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Les saponosides et le cholate de sodium, qui possèdent la propriété commune de détruire les cénapses cholestéroprotéidiques, exercent, sur les cellules méristématiques de l'*Allium Cepa* L., une action de même type; cependant, le cholate de sodium provoque, en outre, des troubles de l'ana- et de la catachromase ainsi que du fonctionnement fusorial qui indiquent un mécanisme d'action plus complexe.

On sait que les sels biliaires et les saponosides possèdent en commun la propriété d'être tensio-actifs et de détruire électivement les cénapses cholestéroprotéidiques (1). En raison de l'importance de ces cénapses dans la cellule, il nous a paru intéressant d'étudier et de comparer l'action exercée sur la mitose par les sels biliaires, d'une part, et les saponosides, d'autre part. En ce qui

(1) F. Tayeau, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 571; *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943 p. 240.

concerne les saponosides, nous avons rapporté nos premiers résultats ([2]), obtenus avec le saponoside A du *Sapindus Mukurossi* Gaert., qui est précisément préconisé pour l'extraction du cholestérol du sérum sanguin ([3]). Nous avons, depuis, étudié l'action d'autres saponosides, provenant de l'*Hedera Helix* L., de l'*Esculus Hippocastanum* L. et du *Polygala senega* L. Il résulte de ces recherches, dont les détails seront publiés ailleurs, que ces divers saponosides exercent une action identique et ne se distinguent guère que par le degré de leur toxicité. Nous envisagerons successivement l'action mitodépressive, l'action léthale, l'action sur la durée des différents stades mitotiques et enfin l'action mitoclasique; au fur et à mesure de la description, nous comparerons les résultats obtenus avec l'action exercée par le cholate de sodium, que nous avons étudiée antérieurement ([4]).

1° *Action mitodépressive.* — Le saponoside du Lierre, à la concentration de 0,50 %, abaisse l'index mitotique de 38 % en 12 h; à la concentration de 1 %, il ne reste, après 24 h, que 50 à 80 cinèses par méristème (contre plus de 500 normalement). Le saponoside du *Sapindus* abaisse l'index mitotique d'environ 50 % en 48 h à la concentration de 0,50 %, en 24 h à 0,75 %. Avec le saponoside du Marron d'Inde, l'activité mitotique est diminuée de 44 % pour un traitement de 48 h par une solution à 0,10 %. L'action exercée par le saponoside du *Polygala* est sensiblement de même intensité. Ces divers saponosides sont donc des agents très nettement mitodépresseurs; ils se rapprochent, sur ce point, du cholate de sodium qui provoque un abaissement de l'index mitotique de 58 % en 24 h à la concentration de 0,01 %, de 56 h à 0,05 %.

2° *Action léthale.* — Si l'on met en œuvre des concentrations plus élevées que les précédentes ou des traitements de plus longue durée, les saponosides, comme les sels biliaires, provoquent des troubles irréversibles, entraînant la mort des cellules. Cette action léthale est obtenue avec le saponoside du *Sapindus* à 1 % en 48 h, à 2 % en 24 h, à 5 % en 5 h; avec le saponoside du Lierre à 1 % en plus de 24 h, avec le saponoside du Marron d'Inde à 0,50 % en plus de 24 h, avec le saponoside du *Polygala* à 0,25 en 24 h, à 0,75 en 3 h. Dans les mêmes conditions, l'action léthale du cholate de sodium se manifeste en 3 jours avec une solution à 0,01 %, en 48 h pour 0,02 %, en 30 h pour 0,05 %, en 24 h pour 0,10 %.

3° *Action sur la durée des différents stades mitotiques.* — Avec les divers saponosides étudiés, nous n'avons jamais observé de modification dans les proportions des différents stades, même lorsque l'index mitotique est abaissé de 50 %. Au contraire, sous l'influence du cholate de sodium, nous avons signalé un ralentissement des phénomènes d'ana- et de catachromase se traduisant par une augmentation du pourcentage des prophases et des télophases. Un traitement de 4 h par le cholate de sodium à 0,10 %, par exemple, qui ne diminue l'index mitotique que de 23 %, provoque la disparition presque totale des méta- et anaphases. Avant même toute action mitodépressive, on peut déjà observer cette accumulation des prophases et des télophases, qui entraîne alors une augmentation transitoire de l'index mitotique (0,15 %, 1 h 30 mn).

---

([2]) M. Deysson, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **97**, 1950, p. 190.

([3]) F. Tayeau, *Ann. Biol. clin.*, **8**, 1950, p. 602.

([4]) G. Deysson et M. Deysson, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1357 et **230**, 1950, p. 121.

4° *Action mitoclasique.* — Les saponosides provoquent, dans certains cas, des stathmodiérèses, aboutissant à la formation de cellules binucléées. Celles-ci apparaissent dès la concentration de 0,50 % avec le saponoside du Lierre, de 0,25 % avec le saponoside du *Polygala*, de 0,10 % avec le saponoside du Marron d'Inde, mais leur nombre reste toujours peu élevé (une cinquantaine par méristème au maximum). Nous avions également observé cette action sous l'influence d'un traitement continu par le cholate de sodium; cependant, en faisant agir des concentrations élevées pendant des temps très courts, nous avions pu provoquer, au cours des heures suivantes, les divers troubles du syndrome mitoclasique (stathmocinèses, hémicinèses, etc.). Des expériences analogues, effectuées avec les saponosides, nous ont conduite à des résultats différents. Un traitement de 3 h par le saponoside du *Sapindus* à 5 % ou de 30 mn par le saponoside du *Polygala* à 1 %, entraîne un abaissement important de l'index mitotique; si l'on interrompt alors le traitement, il faut attendre assez longtemps (48 h par exemple) pour obtenir une reprise de l'activité mitotique, mais celle-ci n'est accompagnée d'aucune anomalie, même transitoirement.

En conclusion, les actions exercées sur les cellules méristématiques de l'*Allium Cepa* L., par divers saponosides d'une part, et par le cholate de sodium d'autre part, présentent une parenté qui s'accorde bien avec l'existence d'une action biochimique commune; dans tous les cas, en effet, ces substances provoquent une diminution importante de l'index mitotique, suivie plus ou moins rapidement d'une action léthale. Elles exercent également une action inhibitrice modérée sur le cloisonnement cellulaire. Mais le cholate de sodium provoque, d'autre part, le ralentissement des phénomènes d'ana- et de catachromase et peut exercer une action mitoclasique nette; il agit donc sur les cellules méristématiques d'une manière plus complexe que les saponosides.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure du noyau chez les Discomycètes.* Note de Mme **Panca Heim**, présentée par M. Roger Heim.

Si la structure du noyau des plantes supérieures a fait l'objet d'un grand nombre de travaux, surtout dans ces dernières années, par contre les publications concernant la structure et les divisions nucléaires chez les Champignons sont beaucoup plus rares.

Dans la présente Note nous exposons brièvement nos observations sur la structure du noyau des Champignons, structure encore très mal connue et qui n'a jamais fait l'objet d'une étude générale. Cette étude a été entreprise sur plusieurs espèces et genres de Discomycètes.

La structure des noyaux dans les filaments mycéliens, dans les paraphyses, dans les hyphes ascogènes et dans les ascospores révèle une membrane nucléaire et un nucléoplasme qui contient un certain nombre de granules chromatiques fortement colorés en rouge par la réaction nucléale et reliés entre eux par de fins tractus faiblement teintés de rose.

Le nombre de ces granules correspond en général à celui des chromosomes dans les espèces où nous avons pu déterminer ce nombre. Il peut être inférieur au nombre chromosomique mais jamais supérieur. Ainsi avons-nous compté quatre granules dans les noyaux végétatifs de *Melastiza miniata* qui correspondent au nombre haploïde de quatre chromosomes; cinq granules dans *Anthracobia melaloma*, *Acetabula vulgaris*, *Peziza aurantia*, etc., dans lesquels le nombre chromosomique est celui de cinq; dans *Bulgaria inquinans*, *Aleuria micropus*, *Ciliaria hirta* et *C. asperior*, *Helvella crispa*, *H. lacunosa*, *H. atra* et *H. elastica*, *Spathularia flavida*, *Otidea vitellina* et *O. onotica*, *Leotia lubrica*, *Pustularia ochracea* et *Pulvinula convexilla* nous avons nettement dénombré six chromosomes alors que les noyaux des hyphes mycéliennes contiennent cinq à six granules. Granules et traînées chromophiles n'emplissent pas l'espace nucléaire, mais s'étalent seulement sur un côté du noyau. Du côté opposé se trouve un corpuscule qui se colore intensément en rouge par la réaction de Feulgen. Ce corpuscule n'est autre chose qu'un nucléole très riche en chromatine. Quant aux granules chromatiques ils représentent des chromosomes incomplètement transformés lors de la catachromase et conservés à la fois sous forme de granules compacts ou chromocentres et de filaments très tenus.

Il reste à préciser la nature de ces chromocentres : s'agit-il d'euchromocentres (= prochromosomes) ou de chromocentres ordinaires ? L'examen de nos préparations nous permet de préciser que, dans la plupart des espèces, on est en présence d'éléments qui, tout en présentant la relative fixité numérique (nombre égal à celui des chromosomes) qui caractérise les euchromocentres, sont cependant reliés par des tractus chromatiniens correspondant à des chromonéma déspiralisés. L'état de ces noyaux est donc intermédiaire entre celui des noyaux euchromocentriques sans réseau et celui des noyaux réticulés chromocentriques. Cet état paraît lié à un degré moyen de complication du processus catachromasique, les chromosomes étant plus complètement régressés que dans les noyaux à prochromosomes mais moins déspiralisés que dans les noyaux vraiment réticulés. D'ailleurs, le degré de réticulation du noyau est inégal dans les espèces que nous avons étudiées et dont certaines (type *Humaria*) offrent des noyaux plus proches de l'état euchromocentrique tandis que d'autres (type *Pustularia*) présentent des noyaux relativement réticulés.

Le nombre de chromocentres est beaucoup plus élevé dans le noyau de l'asque. En effet, les deux noyaux qui ont fusionné à l'origine de l'asque ont apporté chacun un nombre égal de chromosomes. Ceux-ci subissent des transformations qui ont pour effet d'imprimer au noyau une structure qui varie selon le degré de déchromatinisation. Il existe un rapport entre les chromocentres et les filaments qui les relient, rapport qui se traduit

soit par la disparition partielle des chromocentres au profit d'une structure presque réticulaire (*Calycella*, *Macropodia*, *Disciotis*, *Ciliaria*, *Lachnea*, *Aleuria*, etc.), soit, au contraire, par la persistance de ces éléments au détriment du réseau qui demeure plus ou moins visible (*Otidea*, *Helvella*, etc.). Chromocentres et filaments plongent dans un nucléoplasme coloré en rose pâle. Le nucléole très gros devient Feulgen-négatif.

En résumé, les noyaux des Discomycètes présentent les mêmes structures fondamentales que ceux des plantes supérieures.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Réactions tumorales et tératologiques d'une tomate tétraploïde au* Phytomonas tumefaciens Sm et Twnsnd. Note de MM. **László J. Havas** et **Alfred Heusner**, présentée par M. Roger Heim.

La production en série de Pelargoniums tétraploïdes « *gigas* » et tératologiques par inoculations répétées du *Phytomonas tumefaciens*, a prouvé le remarquable pouvoir polyploïdogène et mutagène de cet organisme ([1]). Des réactions analogues furent obtenues par L. J. Havas au cours des mêmes expériences et chez la même variété de *Pelargonium*, par traitement colchicinique. D'autre part, administré aux tumeurs à *Phytomonas* (Crown-gall) de la Tomate, l'alcaloïde provoqua, quoiqu'il fût tumorigène lui-même ([2]), une réduction considérable de ces phytocarcinomes ([3]), ([4]). En intervertissant le problème, l'investigation de la réaction de plantes polyploïdes obtenues par traitement colchicinique envers cet autre agent polyploïdogène et tumorigène qu'est le *Phytomonas*, se présenta donc automatiquement à l'esprit.

Dix-sept plantes de tomates tétraploïdes de la variété « Antiboise », que nous devons à l'obligeance de MM. R. de Vilmorin et R. Chopinet, furent inoculées à 10 endroits chacune par piqûre des tiges avec une aiguille chargée d'une culture de *Phytomonas tumefaciens* (souche A6/Rx de l'Institut Pasteur). Vingt-sept plantes diploïdes de la même variété identiquement inoculées servirent de témoins. Le nombre total des inoculations fut donc 190 chez les tétraploïdes et 270 chez les témoins diploïdes.

Treize jours après les inoculations, le nombre moyen des « prises » était 2,81 par plante chez les diploïdes et 4,35 chez les tétraploïdes. Dès le 28e jour de l'expérience le nombre des tumeurs des plantes diploïdes a atteint celui des tétraploïdes, et dès le 54e jour il l'a largement dépassé, les nombres respectifs étant 8,9 et 6,2 par plante. En ce qui concerne la croissance en surface des

(1) L. J. Havas, *Bull. Acad. Roy. Belgique*, 28, 1942, p. 318-336.
(2) *Nature* (London), 139, 1937, p. 71-72.
(3) *Bull. Assoc. Fr. Cancer*, 26, 1937, p. 635-651.
(4) N. Brown, *Phytopathol.*, 29, 1939, p. 221-240.

tumeurs (exprimée par la moyenne de leur plus grand diamètre), après avoir accusé une stimulation initiale chez les tétraploïdes, elle fut suivie par une période d'inhibition considérable, s'atténuant cependant vers la fin de l'expérience.

Quatre-vingt neuf jours après les inoculations, les tumeurs des plantes tétraploïdes et diploïdes furent excisées et pesées. Le tableau montre certains des résultats enregistrés.

| | Tumeurs. | | | | | Relevé biométrique. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nombre | | Diamètre moyen (mm). | Poids (g) | | Hauteur (cm). | Diam. Tiges (mm). | Poids (g). | | Coefficient de croissance. |
| Tomates. | total. | par plante. | | par tumeur. | par plante. | | | Feuilles. | Racines. | |
| Diploïdes...... | 175 | 8,40 | 9,70 | 0,36 | **3,10** | 155 | 8,6 | 109 | 22 | **65,30** |
| Tétraploïdes.... | 140 | 6,47 | 9,79 | 0,29 | **1,89** | 143 | 9,5 | 120 | 20 | **65,21** |

$$\text{Coefficient de croissance} = \frac{\text{haut.} + \text{diam.} + \text{poids des tiges} + \text{nombre de feuilles} + \text{poids des racines}}{5}.$$

La différence significative (61 %) entre le poids des tumeurs des plantes tétraploïdes et diploïdes démontre la résistance antitumorale considérable des premières. Le relevé de la croissance somatique respective des plantes des deux catégories infirme d'autre part l'objection qu'on serait tenté de faire, à savoir que le rendement inférieur des plantes tétraploïdes en tumeurs pourrait n'être que la conséquence d'une inhibition générale de leur développement somatique.

En outre, nous avons pu constater chez les plantes tétraploïdes une proportion surprenante (64 %) de fasciations, tandis que chez les témoins diploïdes il n'y eut que 0,7 % des plantes ainsi atteintes, phénomène d'autant plus notable qu'il est analogue à celui observé chez des tomates à Crown-gall rendues polyploïdes par traitement à l'acénaphtène ([5]).

En résumé, nous pouvons conclure à une plus grande résistance de la tomate « Antiboise » tétraploïde à l'action tumorigène du *Ph. tumefaciens* que celle qu'ont présentée les témoins diploïdes de la même variété. Cependant, pour autant que nous puissions juger d'après les réactions tumorales de deux variétés de tabacs tétraploïdes (dont l'une s'est montrée résistante et l'autre réceptive), il est douteux que le seul fait du doublement des chromosomes suffise, chez toutes les autres variétés de la Tomate, pour dominer les réactivités inhérentes à leur constitution génotypique globale.

Quoi qu'il en soit, étant donné les multiples analogies entre le cancer des plantes et le cancer des animaux, l'intérêt de la sélection et de la collection de races végétales à réactivité tumorale définie, comme celle que nous venons d'étudier, n'échappera pas aux cancérologues.

(5) L. J. Havas, *Arch. Biol. Hung.*, 18, 1948, p. 132-144.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un moyen d'inhiber l'absorption du glucose par l'intestin.* Note de M^mes^ **Marguerite Lourau** et **Odette Lartigue**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

1° La vitesse d'absorption du glucose par l'intestin est sous la dépendance de la *glycémie*; 2° L'absorption est *ralentie* et l'on amène la glycémie à un niveau élevé et stable avant le début de l'épreuve; 3° L'inhibition peut aller jusqu'à un *arrêt* complet si l'on réalise une forte hyperglycémie locale en injectant une solution concentrée de glucose dans la cavité péritonéale.

Les expériences qui font l'objet de cette Note montrent que chez *l'animal vivant* et dans des *conditions physiologiques*, l'absorption intestinale dépend de la concentration du glucose sanguin, et qu'elle peut être ralentie et même complètement arrêtée si l'on élève suffisamment la glycémie.

Pour établir ce fait, nous avons utilisé le matériel et les méthodes, inspirés de Cori (1) qui nous ont servi dans un travail antérieur auquel nous renvoyons pour les détails techniques (2). Nous avons travaillé sur le Cobaye. Tous nos animaux ont reçu 1 g de glucose sous un volume de 7,5 cm$^3$ et l'absorption a duré 60 mn.

Dans une première expérience, résumée dans le tableau I, nous avons comparé 13 témoins et 13 animaux rendus hyperglycémiques au moyen d'une injection de 1,5 g de glucose, soit 10 cm$^3$ d'une solution à 15 %. L'injection est faite dans le muscle droit antérieur de la patte postérieure 30 mn avant le début de l'épreuve d'absorption. Elle a pour effet d'élever le sucre sanguin jusqu'aux environs de 400 mg pour 100 et de l'élever d'une manière stable.

Les colonnes 2 et 5 du tableau donnent sous le nom de « glycémies moyennes » la moyenne arithmétique entre la glycémie du début et celle de la fin de l'expérience; les colonnes 3 et 4, les quantités de sucre absorbées. Les résultats sont disposés de manière à ce que chaque animal hyperglycémié figure en regard du témoin qui lui correspond, ayant même poids et faisant partie de la même expérience.

Ce tableau montre, d'une part, que les quantités de sucre absorbées par les animaux hyperglycémiques sont toujours moindres que celles de leurs propres témoins, d'autre part que les moyennes des deux groupes diffèrent d'une manière hautement significative. Nous trouvons une valeur de $t = 5,8$. ce qui correspond à une probabilité très inférieure à 1 % (3).

(1) *Journ. Biol. Chem.*, 66, 1925, p. 691.

(2) *Arch. Sc. Physiol.* (sous presse). Manuscrit déposé le 15 janvier 1951.

(3) R. A. Fisher, *Les méthodes statistiques.* Traduction Ivan Bertrand, Presses Universitaires, Paris, 1947.

TABLEAU I.

| Dates. | Glycémies moyennes (mg%). | Glucose absorbé (mg) Témoins. | Glucose absorbé (mg) Hyperglycémiques. | Glycémies moyennes (mg%). |
|---|---|---|---|---|
| 19 février | – | 460 | 203 | – |
| | – | 326 | 26 | – |
| 28 février | 224 | 355 | 181 | 505 |
| | 225 | 349 | 307 | 402 |
| | 176 | 400 | 225 | 413 |
| 6 mars | 174 | 564 | 330 | 345 |
| | 171 | 538 | 173 | 419 |
| | 164 | 448 | 270 | 374 |
| 11 mars | 134 | 397 | 357 | 326 |
| | 160 | 579 | 187 | 355 |
| | 141 | 359 | 96 | 377 |
| 15 mars | 152 | 810 | 84 | 370 |
| | 156 | 655 | 132 | 396,5 |
| | | $t = 5,8$. | | |
| Moyennes | 171±8,9 | 480±39,8 | 199±27 | 390±14,4 |
| | | $p < 0,01$ | | |

Nous nous sommes demandé s'il n'était pas possible d'obtenir des résultats encore plus significatifs en injectant la solution glucosée dans le péritoine, de manière à élever très fortement la glycémie dans le réseau vasculaire irriguant l'intestin.

Le tableau II montre que l'absorption a été *complètement arrêtée* chez les huit animaux traités de cette manière. Il semble même que l'on retrouve toujours un peu plus de matières réductrices que n'en contenait la solution ingérée, fait dont nous rechercherons ultérieurement la signification. Par ailleurs on constate que la plus grande partie du glucose se retrouve dans l'estomac.

TABLEAU II.

| Dates. | Glucose ingéré (mg). | Glucose absorbé témoins. | Glucose retrouvé en supplément hyperglycémiques. | |
|---|---|---|---|---|
| 12 février | 1050 | –312 | + 46,4 | 1 g de glucose intra-péritonéal |
| | | –332 | + 81 | |
| 3 avril | 1160 | –629 | + 18 | |
| | | –568 | | |
| 6 » | 1160 | –460 | + 67 | 2,5 g de glucose intra-péritonéal |
| | | | +140 | |
| | | | +168 | |
| | | | + 92 | |
| | | | +174 | |
| Moyennnes | | –460 | + 98 | |

Pour nous assurer qu'il n'y a pas de raisons mécaniques à l'arrêt de la vidange stomacale, nous avons, mais sans constater d'effet, injecté dans le péritoine de deux témoins, les deux derniers du tableau, une quantité équivalente de NaCl isotonique, puis dans un autre essai dont nous ne donnons pas le détail, 15 $cm^3$ d'eau distillée à quatre animaux. Ce n'est donc pas le fait d'introduire du liquide dans le péritoine qui ralentit l'absorption, mais bien d'y introduire du glucose.

ZOOLOGIE. — *Tardigrade marin nouveau, commensal de* Limnoria lignorum (*Rathke*). Note de M. **Alexandre Cantacuzène**, présentée par M. Louis Fage.

Description de *Pleocola limnoriæ*, type d'un nouveau genre d'Halechiniscidés étroitement apparenté aux trois genres déjà connus. *Pleocola* vit sur le pléotelson d'un Isopode *Limnoria lignorum*, dont 3 % des individns sont en moyenne infestés. Cette association est le deuxième cas de commensalisme observé chez les Tardigrades.

Le seul cas de commensalisme connu jusqu'à présent chez les Tardigrades était celui de *Tetrakentron synaptæ* décrit par Cuénot. Un Tardigrade marin nouveau que nous avons découvert à Roscoff en offre un deuxième exemple; il s'agit, cette fois encore, d'un Hétérotardigrade de la famille des Halechiniscidæ, au sens de Thulin, vivant en commensal sur *Limnoria lignorum* (Rathke); il se localise sur le pléotelson et parfois sur la base des pléopodes de cet Isopode, qui en porte habituellement un ou deux, parfois davantage. Ce commensal n'a jamais été vu sur les autres parties du corps de l'hôte; jamais non plus dans les galeries creusées dans le bois par le Crustacé. Le taux d'infestation, très variable suivant les lots de Limnoria examinés, est en moyenne de 3 %.

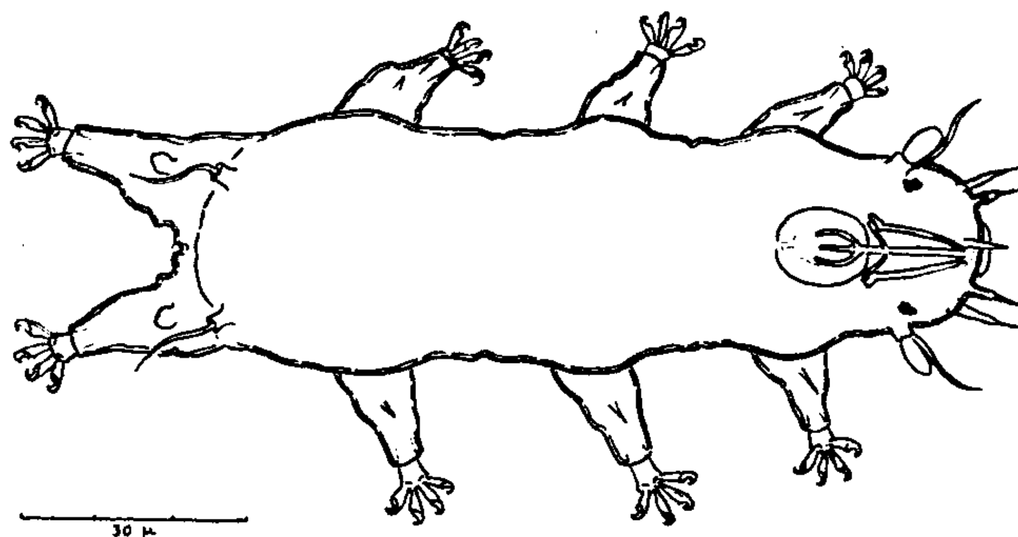
Voici les caractères de cette nouvelle espèce :

Animal incolore, nu, transparent. Le corps, trois fois et demi plus long que large, présente de légères constrictions dans l'intervalle des trois premières paires de pieds, correspondant ventralement à des plis peu accusés. La longueur du corps varie de 90 à 130 μ avec une moyenne de 115 μ; sa largeur maxima atteint 32 à 35 μ au milieu du corps.

La tête fortement bombée, apparaît de profil comme tronquée. La bouche entourée d'un disque saillant est placée peu au-dessus du plan ventral. Deux taches oculaires brun orangé sont disposées latéralement, au dessous des clava. Les appendices céphaliques, au nombre de sept, comportent chacun un socle et une partie effilée : cirre médian, long de 6 μ, cirres buccaux internes et supérieurs, cirres buccaux externes (12 μ) situés sous le plan buccal. Il n'y a pas de papilles sensorielles dans cette région. Le cirre latéral A et la clava sont portés sur un socle commun haut de 3 μ. La clava, ovale, mesure 6 μ sur 3, le cirre A de 15 à 17 μ. La situation de ces organes sensoriels, placés dans un même plan vertical que les taches oculaires et la limite antérieure du bulbe, comme chez *Styraconyx haploceros* Thulin, contraste avec le fort déplacement en avant de ces mêmes appendices chez les autres Halechiniscidés. Caractéristiques de l'armature buccale : tube buccal de 15 μ, bulbe ovoïde de 13 μ sur 11 μ, portant trois apophyses; stylets de 15 à 16 μ

se terminant par une courte portion proximale renflée et déjetée en dehors sur laquelle s'appuient les baguettes de support. Le cirre D est porté dorsalement par la partie postérieure du corps et mesure 17 à 19 μ.

Les pieds, du type Arthrotardigrade, ont tous même structure; la portion moyenne du pied, qui peut se télescoper dans le segment basal élargi, porte quatre doigts écartables, aplatis transversalement en lames et terminés par de fortes griffes simples et très arquées;



les deux doigts médians sont plus longs que les externes. Les trois premières paires de pieds portent chacune, sur la face externe de leur partie basale, une petite épine, plus longue pour la première paire et la quatrième, sur sa face postérieure, une papille ovoïde.

Notons enfin que les orifices anaux et génitaux sont distincts. Nous n'avons pu jusqu'à présent observer ni mues, ni œufs pondus. L'examen d'un stade jeune nous a montré qu'il ne présente pas de différences morphologiques avec l'adulte, excepté la présence de deux doigts seulement à chaque pied.

Les caractères que nous avons indiqués révèlent de nombreuses affinités avec les trois genres d'Halechiniscidés : *Halechiniscus* Richters, *Bathyechiniscus* Steiner et *Styraconyx* Thulin, mais ne permettent pas d'y intégrer cette nouvelle espèce : l'absence de clava et de cirre D chez le dernier genre, les caractères et la position du cirre latéral et de la clava chez les deux autres, les caractéristiques biologiques enfin, séparent le commensal des Limnoria des genres cités. Il nous paraît ainsi justifié de faire de cette espèce le type d'un genre nouveau *Pleocola*, en lui attribuant le nom spécifique de *limnoriæ*.

L'existence de ces quatre genres étroitement apparentés, représentés chacun par une seule espèce, nous semble devoir provoquer l'examen de la valeur générique de certains caractères utilisés; sans doute une révision des coupures génériques élargissant les cadres actuels permettraient-ils un regroupement plus satisfaisant de ces Halechiniscidés.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Écologie et répartition des Ephéméroptères du Massif Central.* Note de M^lle **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Fage.

La faune des Éphéméroptères du Massif central est abondante et variée. Au cours de ces dix dernières années, en réunissant les matériaux nécessaires à la constitution de la faune de France relative à ce groupe d'Insectes,

j'ai trouvé, dans cette région, des représentants de 10 familles et de 22 genres sur les 13 familles et les 29 genres entre lesquels se répartissent actuellement les Éphéméroptères de l'Europe. Jusqu'à plus ample informé aucune autre région de France ne présente une telle variété de formes.

L'étude des larves donne des renseignements plus précis que la capture des adultes, en ce qui concerne la répartition géographique : les premières vivent au moins six mois, les seconds, en moyenne quelques heures et leurs éclosions, pour une même espèce, peuvent s'échelonner sur un temps très court.

Dans le Massif central, on trouve des larves d'Éphéméroptères appartenant à toutes les catégories établies, soit par Pictet (larves rampantes, nageuses, pétricoles et fouisseuses), soit par les Éphémérologues américains (formes lénitiques et formes lotiques). Ce fait s'explique par l'extrême variété des substrats et des régimes d'eau où vivent ces larves. De plus, des larves d'un type bien déterminé peuvent s'accomoder de substrats et de milieux très différents de ceux où l'on a coutume de les capturer. Par exemple, les formes typiquement fouisseuses du genre *Ephemera* vivent, fort nombreuses, une vie torrenticole parmi les roches volcaniques du fond des torrents des Monts Dores et les ruisseaux des Monts Dômes; de même les larves rampantes du genre *Caenis*; *Oligoneuriella rhenana* Im., considérée comme une forme des grands fleuves, est abondante dans des torrents jusqu'à 500 m d'altitude; *Rhitrogena alpestris* Etn. classé parmi les mieux organisés pour vivre sur les pierres des torrents, est abondant sur les fonds sableux de l'Allier dans la plaine de Brioude.

La comparaison de la faune d'Éphéméroptères du Massif central et d'autres régions montagneuses de France, les Vosges et les Alpes de Savoie, d'après les recherches de Hubault [1], les Alpes, d'après les travaux de Dorier [2], les Pyrénées, d'après les observations que je poursuis depuis 4 ans avec H. Bertrand [3], permet les remarques suivantes :

Les formes de hautes altitudes : *Baetis alpinus* Pict., *Rhitrogena alpestris* Etn., *Ecdyonurus venosus* Fab., *Epeorus torrentium* Etn., n'apparaissent nombreuses dans le Plateau central qu'à partir de 1200 m, et s'y maintiennent tout aussi abondantes jusqu'à 400 m. Les mêmes espèces, ou des espèces très voisines, sont fréquentes aux environs de 2000 m dans les Pyrénées (H. Bertrand et M.-L. Verrier) et au-dessus de 1500 m dans les Alpes (A. Dorier). Il semble que les facteurs température, oxygène dissous et vitesse du courant dominent leur répartition et que des condi-

---

(1) *Bull. biol. France-Belgique* 1927, suppl. IX, p. 1-338.

(2) *Trav. Ass. Int. de Limnologie*, 8, 3, 1937, p. 33-41.

(3) *Bull. biol. France-Belgique*, 83, 1949, p. 1-24; *Vie et Milieu*, 8, 1950, p. 219-234.

tions climatiques amènent un déplacement dans le Massif central vers des altitudes plus basses que dans les Alpes et surtout dans les Pyrénées.

D'une façon générale, la plus grande variété et la plus grande richesse de la faune s'observent entre 400 et 600 m. A ce niveau, les formes torrenticoles typiques coexistent avec des représentants des genres les plus variés : *Ephemera*, *Polymitarcis*, *Ephemerella*, *Torleya*, *Chitonophora*, *Caenis*, *Potamanthus*, *Choroterpes*. Au-dessus de 600 m, l'association larve pétricole (type *Ecdyonurus*) et larve nageuse (type *Baetis*) seule persiste, avec prédominance de ces dernières, auxquelles s'ajoutent des formes plus proches des espèces nageuses que des espèces pétricoles : *Ephemerella ignita* Poda et *Habroleptoïdes modesta* Hag. Cette dominance s'accentue au-dessus de 1200 m; certains ruisseaux de montagne peuvent ne présenter que des *Baetis*.

Il convient de noter, dans la faune des Éphémères du Plateau central, la présence de formes méridionales : les *Chitonophora* de la vallée de l'Allier s'apparentent étroitement à ceux de Cauterets, les seuls actuellement connus en France; les *Procloeon* du littoral méditerranéen et de la région orientale des Pyrénées se retrouvent dans la plupart des lacs de la région des Monts Dores; de même *Thraulus bellus* connu au Portugal, puis capturé à Banyuls-sur-Mer, abonde aussi bien dans les lacs de barrages que dans les lacs de cratères.

De tels faits et, en particulier, le déplacement de la faune des Éphéméroptères vers des altitudes plus basses dans le Plateau central que dans d'autres régions montagneuses de la France, les Pyrénées notamment, se retrouvent dans d'autres groupes. Je cite, à titre d'exemples, le cas des Insectes cécidogènes et celui des Diptères blépharocérides que j'ai spécialement étudiés.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Les migrations des Rennes dans la province préhistorique des Eyzies.* Note de M. **Fernand Lacorre**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Sous la dénomination de Province préhistorique des Eyzies nous désignons une zone, la plus riche en dépôts paléolithiques moyen et supérieur, correspondant à la glaciation Wurmienne, où le Renne a joué un rôle de premier plan. Constituée en gros par les bassins de la Garonne et de l'Adour, elle a joui durant les oscillations glaciaires de conditions bioclimatiques privilégiées, dues à sa position géographique, à son faible relief et aux influences continentale et océanique auxquelles elle est soumise. D'où l'affluence de la faune, spécialement des Rennes, poussés par l'impératif des climats et à leur suite, des Hommes, leurs chasseurs. Si bien que cette Province offre un champ de recherches exceptionnel.

Grâce à une longue enquête et à l'enseignement de nos fouilles, nous avons établi pour la région une statistique de la faune de nombreuses stations de tous les niveaux [1] et dressé une « courbe fauno-climatique », non encore publiée, tenant compte des indications climatiques fondées sur la composition des gisements et les prédominances des animaux révélateurs des climats. Les espèces retenues sont les herbivores les plus représentatifs de leurs associations biologiques, qui existent, mais dans des proportions différentes, à tous les niveaux : le Renne, le Cheval de pays froid du type Prjewalski, le Bison et l'Auroch, hôtes respectifs de la Toundra-Taïga, des steppes et des prairies de zone tempérée. Cette documentation montre : 1° que la composition faunique et les proportions respectives des espèces sont sensiblement les mêmes à chaque niveau, témoignant de l'uniformité du climat à toute époque, mais : 2° que les fréquences respectives des espèces, spécialement des Rennes, changent d'un niveau à l'autre, en corrélation avec les industries, ce qui prouve que le climat a constamment varié durant la glaciation et, fait remarquable, que les transformations de la faune, liées à celles de la flore, provenant elles-mêmes des modifications climatiques, sont parallèles aux changement des industries, qui concordent avec la succession des migrations.

De toutes les espèces, c'est le Renne dont l'histoire s'associe le plus complètement à celle des Préhistoriques, étant le lien paléontologique qui unit toutes les stations des temps wurmiens. Notre statistique révèle les vicissitudes de son existence, de son arrivée au Micoquien à son départ au Magdalénien final. Son histoire est marquée, en outre, par de vraies migrations, dues à l'avènement de climats tempérés et d'autre part, par des migrations saisonnières bi-annuelles.

Après avoir progressé numériquement du Moustérien ancien au Moustérien typique, le Renne atteint à la prépondérance faunique au Moustérien final, époque du paroxysme glaciaire et de la disparition de l'Homme de Néanderthal. Sa supériorité apparaît aux autres époques de grand froid : à l'Aurignacien typique, au Gravettien, au Solutréen inférieur et au Magdalénien final. Mais dans les intervalles, sous des climats radoucis, les grosses hardes de Rennes ont fait leur exode vers le Nord, d'où la prédominance alternée : des Chevaux au niveau de Chatelperron, des chevaux et des Bovidés à l'Aurignacien évolué, des Équidés encore aux niveaux de Font-Robert et du Solutréen supérieur et, enfin, des Chevaux, associés avec les Saïgas au Magdalénien ancien, la faune moderne s'implantant après le Magdalénien. L'ensemble figure un mouvement cyclique remarquable des migrations-exodes des Rennes. Il est fort admissible qu'aux époques de rareté des Rennes, ceux-ci aient été de la variété *sylvestris* de climat tempéré.

---

[1] *Utilité de tableaux synoptiques de faune. Congrès Soc. préh. franç.*, 1937, p. 824.

A côté de ces exodes, notre enquête a révélé l'existence de migrations saisonnières par la constatation, dans les gisements, de la supériorité numérique des bois de mue des Rennes mâles adultes sur ceux adhérant au crâne. Nous avons observé le fait en 1937 en étudiant les débris osseux du Magdalénien III de la Grotte des Fées à Marcamps ([2]) et en examinant la faune de Pair-non-Pair au Muséum de Bordeaux. Cette constatation confirmait celles déjà faites dans nos fouilles de Patary (Aurignacien), la Gravette (Périgordien IV), les Jean Blanc (Solutréen) et l'abri de la Cavaille (Magdalénien ancien) et les mêmes indications nous furent données pour des stations de tous âges, notamment par les Abbés Breuil et Bouyssonie, Delage, Cheynier, Passemard. Nous avons encore constaté, par contre, que les bois grêles des femelles et des faons étaient recueillis adhérant au crâne. Nous apprîmes plus tard que M. de Saint-Périer avait fait des observations identiques dans ses gisements pyrénéens, affirmant toutefois, mal renseigné, qu'il en était autrement pour le Périgord ([3]). En réalité, notre observation témoigne d'un fait biologique commun à tous les gisements des temps wurmiens de la Province. Or, on sait que, généralement, les Rennes actuels, qui font dans les pays de plaine des migrations bi-annuelles de 1000 à 1500 km, les effectuant, au contraire, en altitude dans les zones montagneuses, perdent leurs bois : les Rennes mâles adultes, chaque année après le rut, vers novembre, ceux des pays plats, sous les premiers conifères, au point méridional extrême de leur migration et ceux des régions élevées au pied des montagnes et que les femelles et les faons « jettent leur tête » au printemps seulement ([4]). Ainsi présumons-nous que les Rennes arrivaient dans la région peu avant le rut, courte période où les ramures des tués adhéraient au crâne; qu'ils y restaient l'hiver, où se ramassaient les bois de mue des mâles adultes; mais qu'ils partaient avant le printemps, puisque les bois des femelles et des faons sont trouvés soudés au frontal. Double preuve que les Rennes faisaient, dans la Province, des migrations saisonnières, comme ceux actuels du Grand Nord et que, parvenus là à leur migration hivernale, ils y étaient dans une région analogue à la zone russe d'indentation de la Toundra-Taïga. La Province des Eyzies n'a donc pas connu le régime climatique de la Toundra.

BIOLOGIE. — *La différenciation neuronale « indépendante » dans la greffe bréphoplastique endoculaire*. Note de M. **Pierre-A. Chatagnon**, présentée par M. Robert Courrier.

Au cours de longues séries d'expériences et utilisant la greffe endoculaire selon la technique de bréphoplastie de R. M. May, nous avons étudié la

([2]) *P. V. de la Soc. linnéenne de Bordeaux*, 1938, p. 8-12.
([3]) *Les migrations des tribus magdaléniennes* (*Rev. anthrop.*, 3e année, nos 5-6).
([4]) A. Jacobi, *Das Renntier*, p. 208 suiv. et 235 suiv.

croissance et la différenciation de la cellule nerveuse embryonnaire du Rat blanc dans la greffe. La nécessité de la prise du greffon au stade le plus précoce possible de l'évolution de l'ébauche nerveuse nous a amené à sacrifier des Rates à tous les stades de leur état gestatif. Les prises de greffons ont porté sur des centres nerveux d'embryons à partir du 12e jour de la vie intra-utérine (premier stade auquel on peut isoler le tissu nerveux), jusqu'au part.

L'appréciation de la croissance et de la différenciation neuronale s'est effectuée par comparaison entre les images obtenues par les préparations histologiques des transplants endoculaires et celles des centres nerveux sur lesquels ont été prélevés les greffons, après imprégnations argentiques selon la technique de Cajal.

Les résultats obtenus permettent d'affirmer que la greffe de tissu nerveux embryonnaire est possible, qu'elle est même relativement aisée et que la croissance et la différenciation neuronale « indépendante » s'effectuent bien dans le milieu endoculaire. Toutefois, il y a des degrés dans la différenciation, lesquels sont liés : 1° à la dimension du greffon; 2° à la durée d'implantation.

Les greffons volumineux, occupant la totalité de la chambre antérieure de l'œil se développent et se différencient peu. Les greffons de petit volume (de quelques microns à 1 $mm^3$) se développent remarquablement et rapidement. Pour les greffons de petit volume on note même parfois une différenciation plus rapide que celle observée sur le système nerveux intact.

Après la période d'adaptation du greffon à son hôte (3 à 4 jours) succède la phase d'organisation qui peut s'étendre sur plus de six mois dans nos expériences, sans entraîner de résorption, fait confirmant les constatations antérieures de R. M. May (1930). Le moment optimum de prise du greffon pour examen histologique s'étend pratiquement du 10e au 30e jour. A ces stades, le développement du greffon se caractérise quantitativement et qualitativement.

*Différenciation quantitative.* — Elle est toujours évidente. En effet, prenant pour type de description les cellules du cortex cérébral, on voit que les cellules corticales chez l'embryon varient peu en dimension : de 3 à 6 μ du 12e jour à la naissance, et en différenciation durant ce troisième septennaire de la gestation. Par contre, chez les tissus greffés, on constate une augmentation constante du volume cellulaire qui passe de 3 à 4 μ à 10-30 μ et plus. Cette croissance est caractérisée essentiellement par la disjonction entre la croissance cytoplasmique et la croissance nucléaire que traduit la courbe du rapport nucléoplasmique. Ce dernier, calculé sur les volumes, va de 60 à 12 pour le tissu embryonnaire des témoins et s'abaisse légèrement les deux ou trois derniers jours de la vie intra-utérine; pour le tissu nerveux des transplants, il fléchit de 2 à 0,20.

*Différenciation qualitative.* — Alors que la cellule nerveuse embryonnaire est typiquement caractérisée par un volumineux noyau occupant pratiquement toute la surface cellulaire, la cellule nerveuse embryonnaire greffée nous permet de suivre le déroulement de l'apparition de tous les attributs caractéristiques du neurone adulte. Une étude comparative de la précession dans le temps des différents constituants de la cellule nerveuse sera donnée ultérieurement. Les neurofibrilles tant intra qu'extra-cellulaires se sont différenciées et ont pu être imprégnées dans toutes nos expériences, sauf sur celles appartenant aux transplants des 13e, 14e, 15e jours. Nous attribuons ce résultat négatif à une mauvaise nutrition de greffons trop volumineux. L'imprégnation neuro-fibrillaire est capricieuse (caractère signalé par Cajal) pour des préparations différentes d'une même pièce, pour des zones différentes d'une même préparation. L'expression la plus parfaite de la différenciation neuro-fibrillaire est obtenue sur les greffons ayant une longue durée d'implantation : 20 à 60 jours. Sur les centres nerveux embryonnaires c'est seulement au 22e jour de la vie fœtale que nous avons pu obtenir l'imprégnation des neuro-fibrilles. Nous pouvons donc affirmer que la différenciation neuro-fibrillaire, qui n'existait pas lors de la greffe, s'est bien opérée dans le transplant.

Des expériences précédentes nous déduisons que deux facteurs essentiels président au développement quantitatif et qualitatif du tissu nerveux embryonnaire greffé dans la chambre antérieure de l'œil : 1° un facteur intrinsèque dû aux potentialités biochimiques de la cellule nerveuse embryonnaire, c'est le plus important. 2° Un facteur extrinsèque lié aux conditions de nutrition et partant, à la vascularisation du greffon.

Toutefois, la plupart des neurembryologistes accordent aux stimulations d'origine périphérique un rôle prééminent dans la différenciation neuronale. Nos expériences semblent prouver que l'action des stimulations périphériques, si importante qu'elle puisse être, ne peut être que secondaire, puisque nous avons réalisé, avec la plus grande facilité, la différenciation « indépendante » de la cellule nerveuse embryonnaire.

BIOLOGIE. — *Ponte induite chez la Perruche ondulée maintenue à l'obscurité et dans l'ambiance des volières.* Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

La Perruche ondulée, *Melopsittacus undulatus*, niche, en volière, dans de petits pondoirs (3 dm³ environ) portant, sur le côté, une ouverture d'un diamètre voisin de 4 cm. En vue de dissocier les stimuli complexes agissant sur la femelle, lors de la reproduction, j'ai entrepris diverses expériences qui m'ont révélé :

1° l'importance des stimuli auditifs provenant de la volière;

2° la possibilité d'obtenir la ponte dans l'obscurité.

A six reprises, j'ai enfermé, seules ou par groupes de deux à quatre, des Perruches femelles dans des boîtes obscures de dimensions variées (5 à 50 $dm^3$) où elles recevaient une réserve suffisante d'eau et de nourriture. Ces oiseaux, agés de cinq à six mois, provenaient de petites cages situées dans le voisinage des volières et dans lesquelles ils séjournaient, sans pondre ([1]), depuis plusieurs mois.

Lors de chaque essai, une des boîtes était disposée à proximité immédiate ou même à l'intérieur des volières contenant des couples de Perruches en reproduction, et une autre boîte témoin était placée dans une pièce éloignée, d'où l'on ne percevait pas les cris des volières.

Après un délai d'une douzaine de jours environ, la plupart des Perruches des boîtes situées dans l'ambiance des volières manifestaient une intense réaction génitale rendue apparente par le gonflement de l'abdomen et par la dilatation de la marge du cloaque. Sept sujets sur quinze ont pondu à ce moment. Quant aux autres, sacrifiés au bout de trois semaines, ils présentaient, dans les trois quarts des cas, non détachés de l'ovaire, de gros ovocytes pouvant atteindre 9 mm de diamètre, ainsi qu'une intense dilatation de l'oviducte.

Par contre, les Perruches gardées dans la pièce éloignée n'ont jamais pondu. Chez les sujets sacrifiés vers trois semaines, l'oviducte était réduit et l'ovaire portait des ovocytes dont le diamètre ne dépassait pas 1,5 mm.

Une partie de ces témoins, toujours prisonniers dans leur boîte noire, furent, à leur tour, placés à proximité ou à l'intérieur des volières des couples en reproduction. J'ai alors obtenu quatre fois la ponte dans un délai d'une douzaine de jours et, généralement, après ce court laps de temps, une nette réaction de l'ovaire et du tractus génital.

Il est à noter que ce dispositif expérimental entraîne également la ponte des femelles infirmes (rémiges non développées, ailes ou pattes paralysées) qui, d'ordinaire, ne se reproduisent pas, même lorsqu'on dispose, à leur portée, un pondoir habituel.

Ainsi :

1° l'ambiance bruyante des volières, où dominent les cris caractéristiques des mâles, exerce une action manifeste et décisive sur la ponte des femelles mises en état de réceptivité par leur séjour dans les boîtes obscures;

2° l'absence de lumière n'empêche pas, dans les limites des expériences, la ponte des perruches. L'obscurité, vraisemblablement associée à d'autres composants du dispositif, semble même plus favorable que la pleine lumière car, dans d'autres tentatives, je n'ai jamais obtenu la stimulation des

---

([1]) Les Perruches ne pondent pas en captivité dans des petites cages.

femelles infirmes dans des pondoirs de verre transparent. Il est possible que les boîtes noires, bien que de dimensions variées, réalisent des conditions analogues à celles des pondoirs ordinaires où règne une lumière diffuse. Les cris des mâles et peut-être aussi ceux des femelles s'ajoutent certainement à cette ambiance complexe pour déclencher la ponte.

D'autres expériences sont en cours en vue de provoquer la ponte des femelles par transmission téléphonique des cris des mâles.

L'action des stimuli auditifs sur les gonades s'exercent probablement par l'intermédiaire des centres nerveux supérieurs et de l'hypophyse antérieure.

En conclusion, un ensemble de facteurs extrêmement complexes doit conditionner le comportement reproducteur des Oiseaux et, en particulier, la ponte des femelles. Ces facteurs agissent vraisemblablement suivant des seuils spécifiques et, en opposition avec les notions actuelles, la lumière ne serait pas toujours absolument indispensable à la ponte. En tout état de cause, chez la Perruche ondulée, les sollicitations auditives des couples en reproduction, associées sans doute à divers éléments propres au pondoir, peuvent déclencher expérimentalement, dans l'obscurité, la ponte des femelles.

Ces résultats sont à rapprocher notamment des travaux de J. Benoit (1934) concernant le rôle de la lumière dans la stimulation sexuelle du Canard, de L. H. Matthews (1939) révélant, chez la Pigeonne, que la vue de sa propre image réfléchie par un miroir suffit à déclencher la ponte, de K. Lorenz (1931) et de N. Tinbergen (1939) sur les interréactions des Oiseaux en groupes, de L. Vaugien (1945) qui montrent expérimentalement l'influence du nid, du partenaire et de la lumière sur la ponte de la Serine.

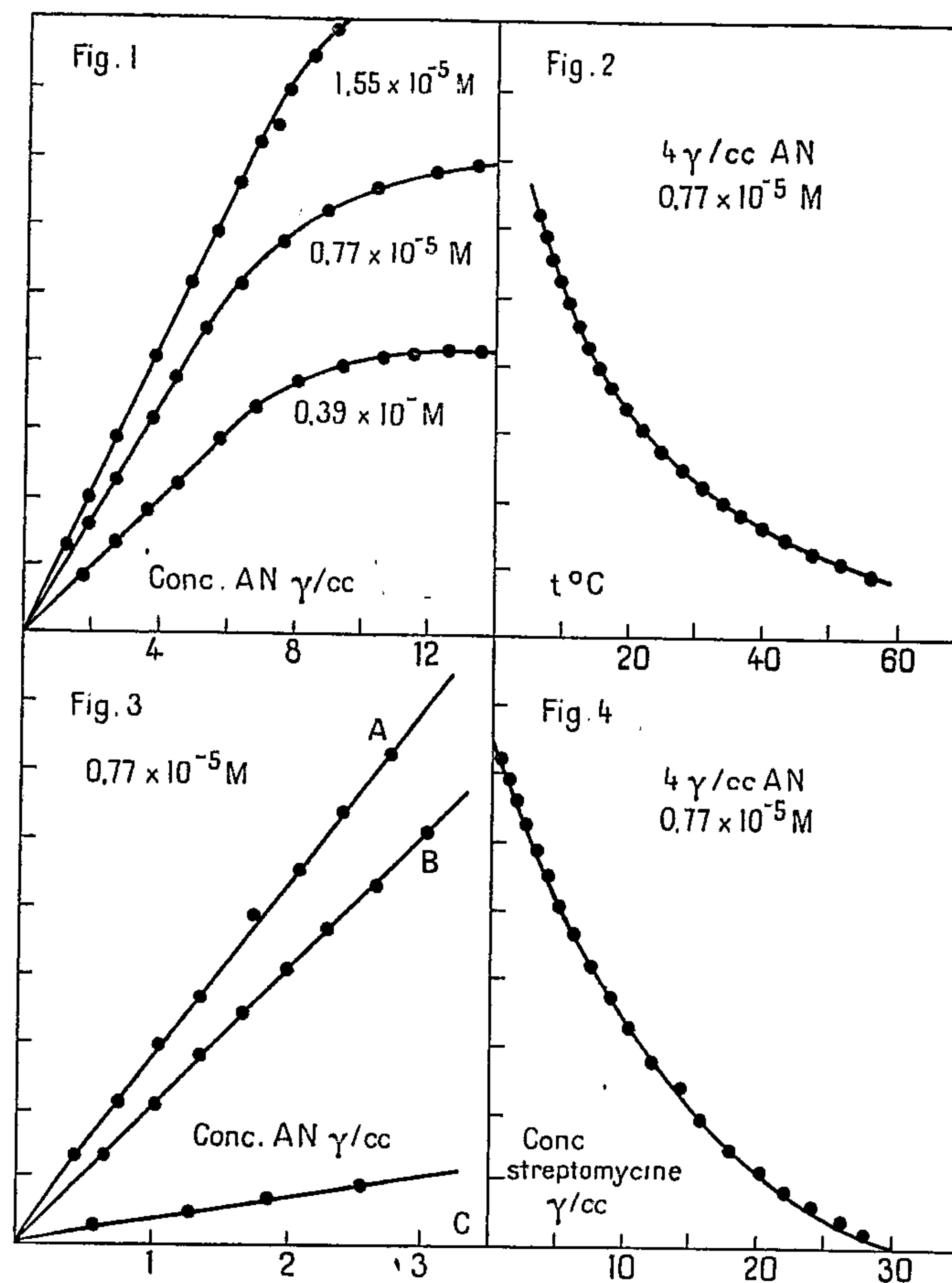
BIOPHYSIQUE. — *Fluorescence de l'auramine O en présence d'acide nucléique.* Note (*) de M. **Gerald Oster**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'auramine O se combinant avec l'acide nucléique, donne naissance à une fluorescence qui permet de mettre en évidence l'interaction entre l'auramine et divers échantillons d'acide nucléique en présence de streptomycine.

L'auramine O (hydrate d'hydrochlorure de diméthylaminodiphénylamine) ne manifeste qu'une faible fluorescence verte en solution aqueuse. Mais, par addition de petites quantités d'acide nucléique, il apparaît une fluorescence jaune intense. Cette forte fluorescence semble être due à la rigidité donnée à la molécule d'auramine quand elle est liée à l'acide nucléique par les groupes basiques du colorant. Une fluorescence similaire (ou même une phosphores-

(*) Séance du 23 avril 1951.

cence) se manifeste avec l'auramine en milieu rigide ou visqueux comme dans l'acide borique vitrifié et le glycérol, mais non dans la gélatine gélifiée. La liaison de l'acide nucléique avec l'auramine et sa liaison avec l'acriflavine sont analogues, avec toutefois cette différence que l'acriflavine présente une fluorescence élevée qui décroît quand elle se combine avec l'acide nucléique ([1]).




La fluorescence est excitée par une lampe de Wood et l'intensité de fluorescence est mesurée avec une cellule photoélectrique automultiplicatrice munie d'un filtre orange. La figure 1 montre que l'intensité de fluorescence (en unités arbitraires) pour les trois concentrations d'auramine exprimées en molarité varie avec la concentration d'acide nucléique (AN) selon une isotherme de Langmuir. L'acide nucléique est une variété d'acide désoxyribonucléique obtenue à partir de thymus de veau par la méthode de Signer et Schwander ([2]) et son poids moléculaire est $3{,}26 . 10^6$ ([3]). Les courbes de la figure 1 nous donnent pour la

---

(1) G. Oster, *Trans. Faraday Soc.* (sous presse).
(2) *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 853.
(3) G. Oster, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, nos 7-8.

constante d'équilibre du complexe auramine-acide nucléique une valeur égale à $8,15.10^7$, c'est-à-dire une énergie libre $\Delta F^\circ = -10,8$ kcal : mol-g; il y a pour deux tétranucléotides environ une position dans laquelle l'auramine peut se fixer. A partir des variations de fluorescence avec la température (*fig.* 2), nous calculons la chaleur de liaison $\Delta H = 7,0$ kcal : mol-g.

La fluorescence diminue quand diminue le poids moléculaire de l'acide nucléique. Sur la figure 3 on voit l'intensité de fluorescence pour trois échantillons d'acide nucléique : A. désoxyribonucléique de Signer et Schwander; B. échantillon obtenu par M^me^ Khouvine à partir d'acide désoxyribonucléique partiellement dégradé par précipitation à l'alcool acidifié; C. acide ribose nucléique de la levure. Des portions aliquotes d'une solution d'acide désoxyribose nucléique contenant de la désoxyribonucléase et des ions magnésium ont été étudiées par la technique de fluorescence. L'intensité de fluorescence en présence de l'auramine décroît exponentiellement avec le temps depuis lequel l'acide nucléique et l'enzyme sont en présence. Cette méthode est une manière très simple d'étudier la cinétique de la réaction.

La streptomycine ($p$K 12) peut remplacer l'auramine ($p$K 9) dans le complexe colorant-acide nucléique comme l'indique la décroissance de la fluorescence du mélange colorant-acide nucléique par addition de streptomycine (*fig.* 4). Par cette méthode, des concentrations de streptomycine aussi faibles que 1 $\gamma$:cm$^3$ peuvent être facilement déterminées. L'acriflavine ($p$K 12) d'autre part est remplacée dans le complexe colorant-acide nucléique seulement par l'addition de quantités beaucoup plus élevées de streptomycine, ce qui indique qu'il y a compétition entre ces deux substances dans leur liaison avec l'acide nucléique ([4]).

Des applications de cette méthode de fluorescence à l'étude de la nature de l'action des médicaments et à la cytologie sont maintenant en cours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le mode d'action de l'acide usnique sur les bactéries.* Note de MM. **Yoshiaki Miura**, **Yasuyoshi Nakamura** et **Hiromichi Matsudaira**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'acide usnique des lichens a été reconnu doué d'activité antibiotique ([1]). Quel est son mode d'action ? Il inhibe les mitoses (chez l'œuf d'Oursin) par inhibition de la phosphorylation (Marshak et Harting) ([2]), limite la

([4]) L. Massart, *Arch. int. Pharmacodyn. Théor.*, 80, 1949, p. 44.

([1]) Pour la comparaison à ce point de vue des dérivés usniques *voir* notre travail : *Jap. Med. J.* 1, (2), 1948, p. 152.

([2]) *J. Cell. compar. Physiol.*, 31, 1948, p. 321.

fonction respiratoire du broyat de foie (Johnson, Feldott et Lardy) (3), interrompt les karyokinèses par action inhibitrice sur la désoxyribonucléase (en présence de cobalt) (Marshak et Fager) (4).

Étudiant pour notre part les antagonismes vitamines-acide usnique, nous trouvons que les vitamines $B_1$, $B_2$, $B_6$, $B_{12}$, l'inosite, les acides nicotinique, paraminobenzoïque et folique, les ptérines, la guanine, l'adénine, l'acide désoxyribonucléique, sont sans effet sur la croissance de *St. aureus*, inhibée par l'acide usnique; un mononucléotide issu de l'acide ribonucléique a quelque action modératrice sur l'activité inhibitrice de cet acide.

Étudiant ensuite le métabolisme des acides nucléiques chez le Staphylocoque et le Colibacille, nous atteignons aux résultats que voici :

1° Il y a accumulation modérée d'A. R. N. à la fin de la phase de latence, puis diminution subite de cet acide avant le début de la multiplication exponentielle des bactéries. 2° Il y a accumulation plus grande et tardive d'A. R. N. chez les bactéries en milieu additionné de l'antibiotique. 3° Dans les milieux contenant des dérivés usniques, les bactéries accumulent l'A. R. N. Avec le dibenzofurane (peu antibactérien), la teneur en A. R. N. dépasse celle que l'on trouve en présence d'acide usnique et l'accroissement maximum est précoce. Avec l'acide diacétyl-usnique, le taux maximum en A. R. N. est plus élevé et plus tardif qu'avec l'acide usnique. Avec l'acide dihydro-usnique, il y a deux maxima : le premier au bout d'une heure de culture; le second, plus tardif, résultant probablement du blocage des groupements OH. L'effet de l'acide usnique résulte des actions associées du noyau dibenzofuranique, de la fonction cétone, des oxydriles de l'autre cycle hexacarboné.

Le chlorure de cobalt ayant quelque action inhibitrice sur la ribonucléase pancréatique, nous avons essayé l'action de ce sel sur la ribonucléase bactérienne. A la concentration $10^{-3}$ M de ce sel, dans des cultures sans antibiotiques, au moment où la teneur en A. R. N. serait normalement maxima, le taux de cet acide continue à croître, tandis que, dans les milieux usniqués, il ne change plus (au moins dans le cas des colibacilles).

Nos expériences avec le cobalt nous permettent de constater qu'en milieu normal, le maximum d'A. R. N. est atteint à la fin de la période de latence en raison de l'augmentation de la teneur en ribonucléase, bien que continue la synthèse de l'A. R. N.; dans le milieu contenant l'antibiotique, l'action de la rinobucléase ne commence qu'à la fin de la synthèse de l'A. R. N. En titrant la ribonucléase après 70 mn de culture, l'on constate, en effet, que les staphylocoques sur milieu normal ont au moins moitié

(3) *Arch. Biochem.*, **28**, 1950, p. 317.

(4) *J. Cell. compar. Physiol.*, **35**, 1950, p. 317.

plus de ribonucléase que ceux du milieu intoxiqué. En milieu contenant de l'antibiotique, les bactéries accumulent tardivement une grande quantité d'A. R. N. et la cause de cette accumulation est la déficience en ribonucléase.

*Discussion.* — D'après nos résultats, le taux d'accumulation d'A. R. N. est indépendant de l'activité inhibitrice des antibiotiques. D'après Boivin ([5]), les bactéries en milieu normal accumulent l'acide nucléique à la phase de latence comme prélude à la croissance. Cependant, en milieu usniqué, l'accumulation d'A. R. N. est survenue, que la croissance fût inhibée (Staphylocoques) ou non (Coli). Aussi sommes-nous enclins à admettre que la tardive accumulation d'A. R. N. n'a pas pour conséquence la synthèse de protéines, mais celle d'un enzyme permettant aux bactéries de s'adapter aux milieux intoxiqués.

Comment expliquer le pouvoir adaptatif des bactéries Gram négatives et son absence dans les bactéries Gram positives ? Les Staphylocoques ont besoin d'aminoacides comme aliment azoté et les Coli peuvent utiliser des sources d'azote moins complexes; l'adaptation est sans doute plus aisée pour les Coli que pour les Staphylocoques.

D'après Ishida ([7]), les œufs d'Oryzias, en milieu usniqué, renferment peu d'A. T. P. et, d'après Suda ([8]), les enzymes adaptatifs sont, en l'absence d'A. T. P., sans activité. Nous avons nous-mêmes constaté que la teneur en phosphore de la fraction soluble de l'acide est à peu près la même chez les Staphylocoques normaux et chez les Coli usniqués; elle est la septième chez les Staphylocoques usniqués. Tenant compte de ces faits, nous considérons qu'en milieu usniqué, les Staphylocoques, insuffisamment pourvus d'A. T. P., ne peuvent se prêter à des phénomènes adaptatifs. Ainsi interprétons-nous l'accumulation extraordinaire d'A. R. N. Celui-ci entrera en jeu pour l'édification de la diastase permettant au microbe de résister au milieu défavorable.

*Conclusion.* — L'action de l'acide usnique résulte d'une inhibition de la phosphorylation oxydative. En raison de l'insuffisance d'A. T. P., les microbes Gram-positifs deviennent inaptes à construire des enzymes adaptatifs dans le milieu usniqué. L'accumulation retardée d'A. R. N. s'observe chez les bactéries Gram-positives dont cesse la croissance comme chez les bactéries Gram-négatives dont la croissance reste possible.

---

([5]) *Arch. Sc. Physiol.*, **1**, 1947, p. 307.

([6]) *Voir* pour l'accumulation du phosphore par Sterigmatocystis : Bonnet et Gayet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **32**, 1950, p. 89.

([7]) Communication personnelle.

([8]) *Symp. on Enzyme Chemistry*, **4**, 1950, p. 11.

BACTÉRIOLOGIE. — *Photo-restauration après irradiation X chez une bactérie lysogène*. Note (*) de M. **Raymond Latarjet**, ([1]) présentée par M. Antoine Lacassagne.

Une irradiation X de *B. megatherium* lysogène induit la production de bactériophages et la lyse de la culture. Une forte dose de lumière visible, administrée à la culture aussitôt après les rayons X, assure une restauration remarquable.

Depuis sa découverte ([2]), le phénomène de photo-restauration, fréquemment constaté après irradiations ultraviolettes de cellules diverses, n'a jamais été observé après irradiation X. La lumière semblait incapable d'assurer des restaurations dans les cas de lésions induites par des radiations ionisantes.

On sait que l'irradiation U. V. des bactéries lysogènes induit la production de bactériophages et, après une période latente correspondant au développement de ceux-ci, la lyse partielle ou totale de la culture ([3]). Une forte dose de lumière visible, administrée aussitôt après l'irradiation, empêche la lyse, et efface en quelque sorte l'effet inducteur du choc U. V. ([4]). Les rayons X étant doués du même pouvoir inducteur ([3]), on pouvait se demander si la lumière produit des restaurations dans ce cas comme après irradiation U. V.

*B. megatherium*, souche 899, cultivé en bouillon Difco, est irradié en phase de croissance exponentielle (environ $3{,}5.10^7$ bactéries par centimètre cube) dans les conditions suivantes : anticathode de molybdène sous 33 kV, 30 mA, 8000 r : mn, longueur d'onde moyenne 0,9 Å; dose incidente 35000 r; dose absorbée dans la préparation dont l'épaisseur est 2 mm : 25000 r. e. p. On dilue aussitôt au quart en bouillon la culture irradiée. Une première fraction, témoin B, est mise au bain-marie à 37° et aérée; une seconde, témoin C, est maintenue pendant 1 h à l'obscurité à 10°, puis portée à 37°; la troisième est maintenue à 10° pendant des durées variant de 0 à 1 h, sous le rayonnement de lampes à incandescence de 500 W, filtré par une solution de sulfate de cuivre, l'éclairement étant d'environ 20000 lux. On porte enfin à 37° les tubes éclairés, et l'on détermine au photomètre les courbes de croissance de tous ces échantillons (*fig.*).

La lumière visible seule n'affecte pas la croissance (témoin A). Le séjour d'une heure à 10° à l'obscurité n'affecte en rien la lyse induite, la courbe

(*) Séance du 23 avril 1951.

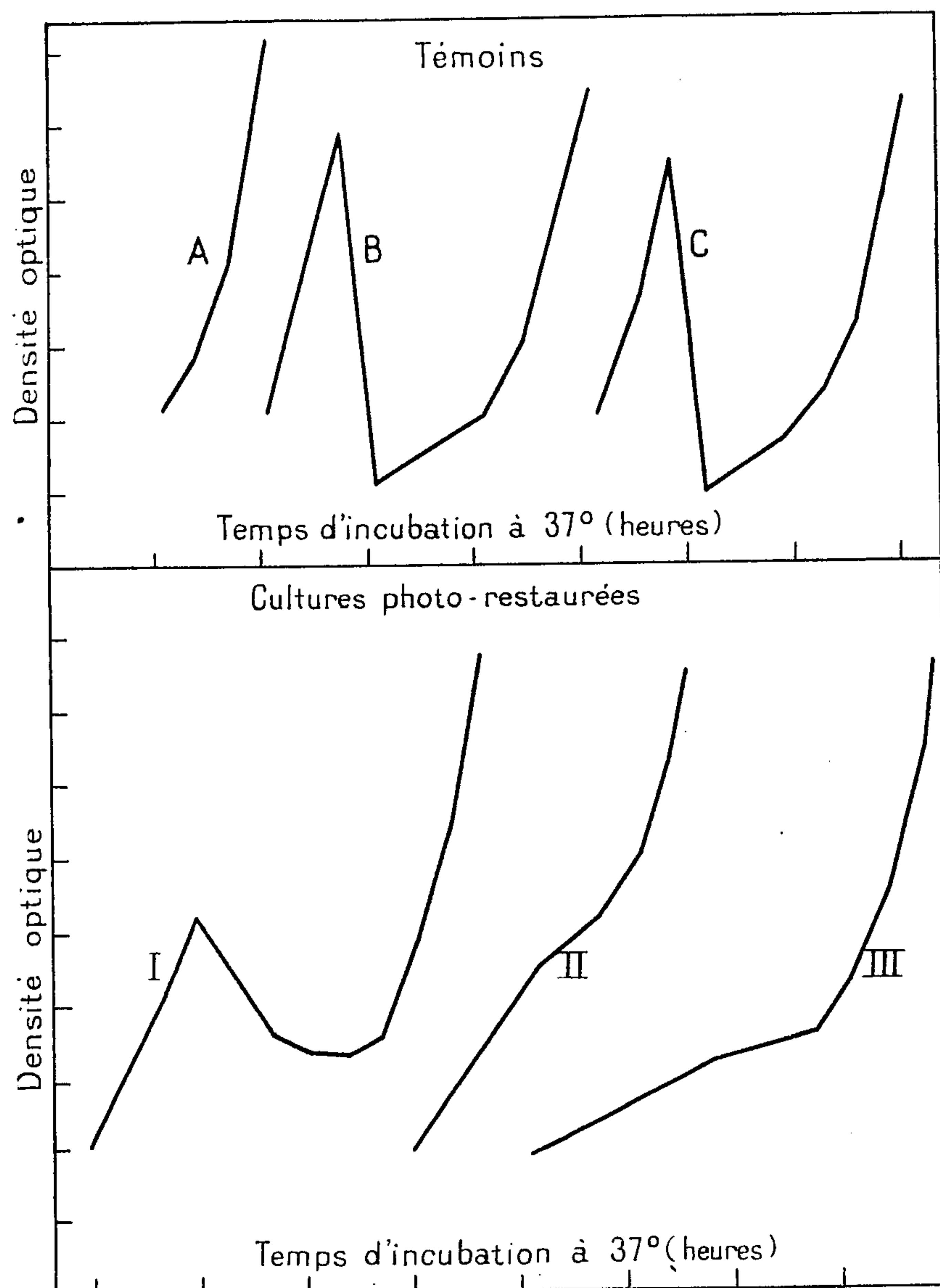
([1]) Avec l'aide d'une subvention de l'Institut National d'Hygiène.

([2]) A. Kelner, *Proc. Nat. Acad, Sc.*, 35, 1949, p. 73-79.

([3]) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815-859.

([4]) F. Jacob, *Comptes rendus*, 231, 1950. p. 1885; A. Lwoff et L. Siminovitch (comm. pers.).

témoin C ne différant pas de la courbe témoin B. (Cette température de 10° a été choisie parce qu'un séjour d'une heure à moins de 6° assure à lui seul une




*Courbes de croissance à 37° enregistrées au photomètre.*

*Cultures témoins* : A, lumière visible seule; B, rayons X seuls (25.000 r. e. p.); C, rayons X suivis d'un séjour à 10° à l'obscurité (1 heure).

*Cultures photo-restaurées après la même dose de rayons* X.

I, lumière visible 10 minutes; II, lumière visible 20 minutes; III, lumière visible 30 minutes.

restauration appréciable). Notons que la photo-restaurabilité de la culture varie d'une expérience à l'autre. La figure reproduit une expérience corres-

pondant à une bonne restauration : une irradiation lumineuse de 10 mn diminue la lyse ; après une pose de 20 mn on ne décèle plus de baisse de la densité optique.

On constate, par ailleurs, sur ces courbes, un ralentissement notable de la croissance des bactéries préalablement altérées par les rayons X, ralentissement d'autant plus marqué que la dose de rayonnement visible est plus grande. Ce phénomène, que j'ai observé également après irradiation U. V., se manifeste dès le début de la croissance, durant la phase latente, c'est-à-dire avant toute libération possible de phages. En revanche, l'irradiation lumineuse de cellules non altérées par les rayons X ou U. V., ne ralentit pas leur croissance (témoin A). Ces remarques, qui suggèrent un mécanisme particulier pour ce type de restauration, feront l'objet d'une étude et d'une discussion ultérieures.

Ainsi, la lumière visible se révèle ici capable de restaurer, avec une grande efficacité, des bactéries préalablement altérées par des radiations ionisantes.

MICROBIOLOGIE. — *Embryo-cultures ultravirulentes à partir de tumeurs vénériennes du Chien*. Note (*) de MM. **Robert Lasserre, Édouard Puget, Maurice Vallée** et **André-Jean Borrel**, présentée par M. Gaston Ramon,

Les tumeurs vénériennes du Chien, communément appelées « sarcome de Sticker », ont été récemment identifiées à un processus de réticulose inflammatoire [Nanta, Lasserre, Bazex et Puget (1)]. Cette granulomatose se présente sous la forme d'un promonocytome réticulaire bénin.

L'extension de l'affection dans la région toulousaine (plus de 1600 cas en un an), sa contagiosité, son évolution clinique, ses caractères inflammatoires et la grande radiosensibilité des lésions font penser à l'action d'un facteur étiologique infectieux ou virulent. En l'absence d'agents parasitaires, mycosiques ou microbiens, s'est imposée la notion d'ultravirus.

Deux d'entre nous (M. Vallée et A.-J. Borrel) ayant l'expérience des cultures de virus sur l'embryon, ont poursuivi les recherches dans cette voie en essayant de révéler l'élément virulent provenant de filtrats de tumeurs convenablement prélevées et broyées. Trois tentatives ont été faites à partir de trois prélèvement différents :

1° *Tumeur du vagin* (25 janvier 1951). — Le prélèvement broyé et dilué en eau physiologique est inoculé *sans filtration* par la voie chorio-allantoïdienne, à 50 embryons de 6 jours; 24 h après, 42 sont morts.

Ce matériel récolté, broyé, *filtré sur bougie Chamberland* L 3 (filtrat bactériologiquement stérile) tue 33 % des embryons inoculés. Le deuxième passage, effectué dans les mêmes conditions, donne 50 % de mortalité.

(*) Séance du 23 avril 1951.

(1) *Bull. Acad. Méd.*, 133, 1949, p. 82.

Le troisième passage, 20 %. Le quatrième passage effectué sous un rayonnement ultraviolet trop intense ne nous permet d'obtenir que 2 morts sur 30.

2° *Tumeur du vagin* (16 février 1951). — Nous utilisons d'emblée le broyat de la tumeur filtré sur bougie L 3, bactériologiquement stérile, il tue 19 embryons sur 42. Nous avons poursuivi cette embryoculture en obtenant régulièrement une mortalité de 20 à 90 %. Au moment où nous rédigeons cette Note, le passage n° 7 donne 30 % de morts.

3° *Nodule précrural* sur un chien à tumeurs vénériennes généralisées (ce chien avait subi, sans présenter d'amélioration notable, un traitement avec rayons X et 32 P). La culture sur embryons poursuivie dans les mêmes conditions que pour les tumeurs précédentes nous donne un taux de mortalité comparable.

De ces trois séries de culture nous pouvons conclure que la mort des embryons est bien provoquée par un élément filtrable, puisque chaque passage est « séparé » du suivant par une filtration sur bougie L 3, filtrat dont la stérilité bactériologique est contrôlée et que les embryons présentent des lésions congestives généralisées, comparables à celles qu'on observe avec d'autres virus, tel que le virus du *fox encephalitis*. D'autre part, les survivants menés à terme ne révèlent rien de particulier et les témoins non inoculés entretenus en quantité considérable dans le même incubateur (1000 à 2 000 par semaine) ne présentent aucune mortalité.

Le virus se conserve au moins 15 jours à + 4°. L'inoculation à des embryons de 9 jours abaisse considérablement le taux de mortalité.

De ces premiers résultats, retenons qu'une embryoculture ultravirulente est possible à partir des tumeurs vénériennes du Chien.

Il reste à préciser les caractères de cet agent et à fixer ses éventuelles propriétés pathogènes.

PATHOLOGIE. — *Action du virus de la pneumopathie du Cobaye sur la gestation au cours de l'infection apparente et de l'infection inapparente.* Note de MM. Georges Blanc et Jean Bruneau, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le virus de la pneumopathie du Cobaye traverse le filtre placentaire chez le Cobaye et chez le Lapin. Les embryons de cobayes meurent toujours alors que ceux de lapins ne sont tués que pendant les quinze premiers jours de la gestation. Le virus étant du groupe de virus de la chorio-méningite, il y aura lieu de rechercher l'action de ce dernier, au cours de la maladie d'Armstrong, sur l'évolution de la gestation.

Le virus de la pneumopathie du Cobaye provoque chez ce dernier une infection toujours mortelle alors qu'il ne détermine chez le Lapin qu'une infection strictement inapparente. Ce virus est filtrable sur bougies L 11

et L 13 et sur membranes gradocol 0,200. On le trouve dans le sérum ou le sang laqué du Cobaye à une dilution de $10^{-6}$; il diffuse très rapidement dans l'organisme des animaux inoculés quel que soit le type de leur infection, apparente ou inapparente.

Chez le Cobaye inoculé par voie intrapéritonéale avec 0,5 cm³ de sang virulent, il peut être retrouvé dans le sang circulant dès la 4ᵉ heure qui suit l'inoculation. Chez le Lapin, même rapidité de diffusion après inoculation intrapéritonéale avec une dose de virus proportionnellement aussi élevée par rapport à son poids que celle du Cobaye.

La rapidité de diffusion de ce virus nous a incités à rechercher s'il pouvait traverser la barrière placentaire, chez le Cobaye, c'est-à-dire au cours de l'infection apparente et chez le Lapin, c'est-à-dire au cours de l'infection inapparente. Chez le Cobaye, on constate les faits suivants : l'animal est inoculé par voie intramusculaire et mis en observation sans prise de température pour éviter tout traumatisme pouvant troubler l'évolution de la gestation. Lorsque l'inoculation est faite à un stade plus ou moins avancé de la gestation, il y a toujours avortement. Les petits sont morts ou vivants, quelquefois il y a, dans la même portée, des morts et des vivants, mais prématurés. Dans ce cas, ils meurent dans les 2 à 3 jours qui suivent la naissance, leur poids est de 60 à 70 g. Les organes de ces cobayes sont toujours virulents. Si l'on inocule le Cobaye au moment de la mise bas, par exemple 24 h avant, ce que l'on arrive à obtenir en multipliant les expériences, les petits cobayes sont parfaitement bien portants, leur poids est normal (dans un cas le poids moyen de six petits nés à terme était de 84,60 g). Mais ils sont infectés et meurent en quelques jours. S'ils sont sacrifiés dès leur naissance, leurs organes se montrent virulents.

Chez le Lapin qui ne fait qu'une infection inapparente, l'action du virus sur la ♀ fécondée est un peu différente. Si la Lapine est inoculée dans les 15 jours qui suivent la fécondation, il n'y a pas de mise bas, l'embryon est tué par le virus. Si la Lapine est inoculée plus tard, elle met bas normalement, c'est-à-dire 30 jours après la fécondation. La portée peut être normale; parfois, bien qu'à terme, certains des petits peuvent être morts sans qu'il soit possible d'affirmer avec certitude que la mort est due au virus car, à partir de la naissance, les petits lapins, comme les adultes, ne font qu'une infection inapparente. Quoiqu'il en soit, les lapins nouveau-nés sont parfois infectés, parfois ne le sont pas.

Ainsi, chez le Lapin, une infection strictement inapparente peut avoir, sur la gestation, un rôle d'arrêt tout à fait remarquable si l'embryon est à un stade encore peu avancé de son évolution. C'est un exemple de plus à ajouter à tous ceux déjà connus, du rôle que peuvent jouer certaines infections sur la Femme ou les femelles gravides. Nous avons cru devoir présenter ces faits qui, outre leur intérêt en pathologie générale, peuvent

inciter à faire des observations au cours de l'infection humaine, des expériences récentes nous ayant permis de montrer que le virus de la pneumopathie du Cobaye peut être pathogène pour l'Homme et appartient au groupe de virus de la chorioméningite.

A 15 h 55 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 20 m.

R. C.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 19 mars 1951.)

Note présentée le 12 mars 1951, de Mme *Jeanne Laberrigue-Frolow*, Sur le rapport d'embranchement $\beta^+ - \beta^-$ du ${}^{80}_{35}Br$ :

Page 1202, aux figures 1 et 2, *ajouter les légendes suivantes :*

Fig. 1. — Spectre $\beta^+$ de ${}^{80}_{35}Br$ (18 min).

Fig. 2. — (*a*) Spectre $\beta^-$ de ${}^{80}_{35}Br$ (18 min); (*b*) Spectre $\beta^+$ ramené au même temps et à la même échelle.

(*Comptes rendus* du 9 avril 1951.)

Note présentée le 2 avril 1951, de Mlle *Tosiko Yuasa* et M. *Pierre Radvanyi*, Sur une anomalie de la diffusion des rayons β (II) :

Page 1417, 3e ligne en remontant, *au lieu de* 1,52 MeV, *lire* 1,70 MeV.

(*Comptes rendus* du 16 avril 1951.)

Annonce du décès de M. *Aimé Cotton* :

Page 1461, 2e ligne, *au lieu de* le 15 avril, *lire* le 16 avril.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1951 (*suite*).

Extraits de *La Presse Médicale*. N° 89, 1925 : *Carence alimentaire. Carence digestive et carence de nutrition*, par Georges Mouriquand. N° 102, 1928 : *Météoropathologie et dystrophies infantiles. Coup de chaleur et choc hygrométrique*, par Georges Mouriquand et R. Charpentier. N° 25, 1935 : *Les phases de curabilité et d'incurabilité des dystrophies alimentaires* (*Recherches cliniques et expérimentales*, par Georges Mouriquand. N° 104, 1935 : *Intoxication diphtérique et acide ascorbique des surrénales* (*Recherches expérimentales et indications thérapeutiques*), par Georges Mouriquand, P. Sédallian et A. Cœur. N° 103, 1936 : *Réflexions sur la méthode en météorologie médicale*. N° 94, 1938 : *Les facteurs d'inapparence dans les dystrophies alimentaires. Avitaminoses asymptomatiques*, par Georges Mouriquand. N° 64, 1939 : *Recherches biochimiques sur les entéropathies par carence*, par Georges Mouriquand, M. Dauvergne et Mme V. Edel. Nos 47 et 48, 1940 : *Déséquilibre alimentaire et notion de « terrain ». La lithiase urinaire liée à l'avitaminose* A, par Georges Mouriquand, J. Rollet, Mme V. Edel, Mlle Pape et H. Tête. Nos 49 et 50, 1940 : *Contribution à l'étude de la conservation des jus de fruits. Stérilisation et oxydation de l'acide ascorbique*, par Georges Mouriquand, H. Tête, P. Viennois. Nos 25 et 26, 1941 : *Sur la « spécificité » du lait de femme*. Nos 89 et 90, 1941. *Paravitaminoses et vitaminothérapie*, par Georges Mouriquand. N° 42, 1942 : *Contribution à l'étude des dystrophies inapparentes par carence. Valeur préséméiologique de la chronaxie dite vestibulaire*. N° 46, 1942 : *L'activité musculaire devant les régimes normaux et carencés*, par Georges Mouriquand et J. Coisnard. N° 51, 1942 : *Le pain et la vitamine* $B_1$. N° 22, 1943 : *Mort brusque ou rapide dans les carences alimentaires et chronaxie vestibulaire* (*Recherches expérimentales*). N° 42, 1943 : *Hormones et vitamines. Sur l'antagonisme thyroxine-vitamine* $B_1$, par Georges Mouriquand, J. Coisnard et Mme V. Edel. N° 18, 1944 : *Les dystrophies inapparentes. La maladie chronaxique. Expérimentation clinique*, par Georges Mouriquand et J. Coisnard. N° 27, 1945 : *Sport et chronaxie vestibulaire. Le « test de récupération chronaxique »*, par Georges Mouriquand et J. Coisnard. N° 33, 1945 : *A propos des graves dénutritions actuelles. Remarques biocliniques sur l'athrepsie et le « terrain » athrepsique*, par Georges Mouriquand. N° 53, 1946 : *Recherches biocliniques sur le vin. Vin et indice chronologique vestibulaire*, par Georges Mouriquand, J. Coisnard et Mme V. Edel. N° 66, 1947 : *Vitamines et carences alimentaires. Le groupe vitaminique* B *devant l'indice chronologique vestibulaire*, par Georges Mouriquand, Mme V. Edel et Mlle R. Chighizola. N° 7, 1948 : *Les dystrophies inapparentes. Carences alimentaires et troubles de l'hématopoïèse* (*Clinique-Expérimentation*), par Georges Mouriquand, Mme V. Edel, K. Chmelo et J. Zathurecky. N° 62 : 1948 : *Sur l'hypervitaminose* A, par Georges Mouriquand. N° 79, 1949 : *Mesure de l'équilibre et de la carence alimentaires par la chronaxie vestibulaire. Test de précarence.* (*Recherches expérimentales*), par Georges Mouriquand, J. Rollet, Mme V. Edel et Mlle R. Chighizola. Paris, Masson et Cie ; 24 fasc. 21cm,5.

Id. n° 24, 1940 : *Ostéopathies par carence. Décalcification « irréversible » du col fémoral dans l'avitaminose* C *chronique*, par GEORGES MOURIQUAND, M. DAUVERGNE et Mme V. EDEL. N° 57, 1948 : *Action d'une dose unique de vitamine* D *dans le rachitisme infantile* (*données radiographiques*), par GEORGES MOURIQUAND et D. DECHAVANNE. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. et 1 feuillet 26cm.

Extraits de la *Revue internationale de vitaminologie*. T. XX, 1949 : *Sur l'action ostéophytogène du jus de citron en terrain carencé* (*antivitamines ou diétotoxiques?*), par GEORGES MOURIQUAND, M. DAUVERGNE et Mme V. EDEL, *Troubles de la calcification osseuse comparés dans le rachitisme et le scorbut* (*données radiologiques*), par GEORGES MOURIQUAND et Mme V. EDEL. Vol. XXII, 1950 : *Sur l'action « eutrophique » de la « vitamine* P », par GEORGES MOURIQUAND et Mme V. EDEL; 4 fasc. 23cm.

Extraits du *Lyon médical*. N° 14, 1935 : *Terrain oculaire et dystrophie inapparente. L'ultraviolet facteur de révélation de l'avitaminose* A, par GEORGES MOURIQUAND, J. ROLLET, et M. COURBIÈRES. N° 42, 1935 : *Avitaminoses en dermatologie*, par GEORGES MOURIQUAND et J. GATÉ. N° 3, 1936 : *Remarques cliniques sur la climatisation des salles de nourrissons*, par GEORGES MOURIQUAND et R. CHARPENTIER. N° 40, 1937 : *Hormones et vitamines en clinique*. N° 12, 1939 : *Avitaminose* A *et notion du terrain*. N° 27, 1940 : *Sur la dystrophie inapparente du lait de vache*. N° 28, 1941 : *Alcoolisme et vitamines*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 37, 1941 : *Note préliminaire sur les engelures observées dans la région lyonnaise pendant l'hiver* 1940-1941. *Leur fréquence. Les formes anormales. Leur problème étiologique. Avitaminoses?*, par GEORGES MOURIQUAND, J. GATÉ et P. CUILLERET. N° 51, 1941 : *Quand et comment utiliser les vitamines*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 15, 1944 : *Hormones et vitamines. Sur l'antagonisme thyroxine-vitamine* $B_1$ *chez l'enfant*, par GEORGES MOURIQUAND et J. COISNARD. N° 30, 1945 : *Les avitaminoses pendant l'occupation*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 35, 1945 : *Évolution de la chronaxie vestibulaire chez une intoxiquée par l'aspirine* (*tentative de suicide*), par GEORGES MOURIQUAND, J. DECHAUME et J. COISNARD. N° 35, 1946 : *Action de l'insuline en ingestion sur la chronaxie vestibulaire*, par GEORGES MOURIQUAND et J. COISNARD. N° 3, 1947 : *Hypervitaminose* $D_2$, *albuminurie, azotémie, hypercalcémie, coma avec crises convulsives*, par GEORGES MOURIQUAND, M. DAUVERGNE et Mlles NÉRARD et MICHEL. N° 32, 1948 : *Valeur séméiologique et pathogénie du « signe de Wimberger » dans le scorbut infantile*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 47, 1948 : *Existe-t-il une antivitamine dans la viande crue?*, par GEORGES MOURIQUAND. N° 48, 1950 : *Obésité séquelle de méningites tuberculeuses traitée par la streptomycine*, par GEORGES MOURIQUAND, CL. FAYARD, H. BARLATIER, CLAUDE MOURIQUAND. Lyon, Association typographique lyonnaise; 17 fasc. 24cm.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 7 MAI 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à Sir **BEN LOCKSPEISER**, Membre de la « *Royal Society* », Directeur du département de la Recherche scientifique et industrielle de Grande-Bretagne, qui assiste à la séance.

M. le **PRÉSIDENT** signale qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 au lieu du lundi 14 mai.

M. le **PRÉSIDENT** fait connaître à l'Académie le décès, survenu le dimanche 6 mai, à Paris, de M. **ÉLIE CARTAN**, Membre de la Section de Géométrie. Il caractérise son œuvre en quelques mots et adresse les condoléances de l'Académie à sa famille. Une Notice sera lue dans la prochaine séance. Celle d'aujourd'hui sera levée en signe de deuil aussitôt après les élections annoncées.

GÉOLOGIE. — *Résultats géologiques de l'expédition française de* 1950 *à l'Himalaya.* Note (*) de MM. **MARCEL ICHAC** et **PIERRE PRUVOST**.

D'après les documents recueillis par M. Marcel Ichac au cours de cette expédition, les grandes lignes de la structure de l'Himalaya central peuvent être retracées, au milieu d'un secteur long de 800 km, jusqu'ici inconnu. Les traits majeurs sont comparables à ceux de la chaîne sur le méridien de l'Everest. Parmi les faits nouveaux enregistrés, il y a lieu, en particulier, de signaler la découverte des Couches de Spiti, riches en fossiles, à Kagbeni.

L'expédition dans le Népal central ([1]), qui, sous la conduite de M. Maurice Herzog, a atteint le 3 juin 1950 le sommet de l'Annapurna, a traversé

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

([1]) *Expédition française à l'Himalaya* 1950, organisée par la Fédération française de la Montagne avec la coopération du Club Alpin français et sous le patronage officiel du Gouvernement.

la chaîne himalayenne en sa partie centrale. Or, dans cette région, sa structure géologique était inconnue.

Suppléant à l'absence d'un géologue parmi les membres de l'expédition, l'un de nous (M. I.) eut l'idée de prélever méthodiquement des échantillons, en repérant exactement leur position sur la carte et sur ses photographies. Il a soumis ces documents, au retour, au second signataire de cette Note. Ainsi peut être reconstituée une coupe qui se situe au milieu de la lacune de plus de 800 km de longueur qu'offrent les cartes géologiques les plus récentes de l'Himalaya ([2]).

1° Abordant la chaîne, au Sud, par la vallée de la Krishna Gandaki, l'expédition a d'abord traversé les *séries* dites de *Daling* ([3]). Elles comprennent des dalles pourprées, séricitiques, dans la grande boucle de la Krishna au confluent de l'Andi Khola, en pays Gourka, région parcourue au retour. A partir de Dana, la vallée de la Krishna, en étroit défilé entre Kabré et Ghasa (p. 4) ([4]), coupe ces séries, de plus en plus métamorphiques vers l'amont : quartzophyllades séricitiques au Sud de Dana, puis gneiss grenatifères à biotite (Cascade de Kabré) et embréchites dans le ravin de la Chadziou Khola. Ainsi la vertigineuse paroi Sud de la ligne faîtière, que jalonnent le Dhaulagiri (8180 m) sur la rive droite et l'Annapurna (8 078 m) sur la rive gauche, est entaillée dans ce cristallophyllien. Descendant de l'Annapurna, la Miristi Khola y a creusé ses « gorges infranchissables » (p. 50).

Ces séries cristallines anciennes de Daling, plongeant fortement au Nord, sont charriées au Sud sur les couches miocènes des Siwalik et constituent ainsi à la fois le front méridional de la chaîne et le socle des grands sommets.

2° Le sommet même du Dhaulagiri, son « effrayante » paroi Sud (p. 30-31) et le sommet de l'Annapurna, sont, comme celui de l'Everest, formés de calcaires métamorphiques, les *séries calcaires de l'Everest*, attribuées au Carbonifère supérieur. Ces calcaires cipolins plongent régulièrement au Nord-Est d'une vingtaine de degrés en moyenne (p. 78-79). La Krishna les recoupe sur une largeur de 10 km jusqu'aux abords de Tukucha. La Pointe de Tukucha (p. 24-25), le Petit Daulaghiri, le sommet Sud des Nilgiri et la partie méridionale de la Grande Barrière jalonnent cette bande de calcaires cristallins, de couleur claire.

---

([2]) Voir : *Geological Map of India, in :* D. N. WADIA, *Geology of India*, Mc Millan and Co, London, 1939, et la carte (*fig.* 20) *in* F. R. C. REED, *Geol. of the British Empire*, Arnold, London, 1949 (2e édit.).

([3]) Ces termes stratigraphiques sont empruntés à la région de l'Everest. *Cf.* D. N. WADIA, *op. cit.*, p. 180.

([4]) Ces renvois se réfèrent aux photographies de l'album publié par MM. Herzog et Ichac, *Regards vers l'Annapurna*, B. Arthaud édit., 1951. Les désignations topographiques de notre description sont celles de la carte qui accompagne ce volume.

3° Vers le Nord, les cipolins plongent, cette fois plus brusquement, à 45° (p. 51), sous un ensemble, dépassant 1000 m de puissance, de calcaires et schistes noirs qui ne nous ont pas livré de fossiles, mais qui sont à rapprocher des *séries de Lachi*, d'âge permocarbonifère, connues dans cette position au Nord de l'Everest et datées là par des *Productus* et des *Spirifer*. On les rencontre à l'amont de Tukucha et dans la vallée de la Dambusch Khola (p. 27 et 28). L'encaissement du Grand Lac glacé de Tilicho (p. 42-43) et le col Est du même nom (p. 36) sont constitués par ces calcaires noirs.

4° Plus au Nord, et reposant sur les séries de Lachi, vient un ensemble, presque aussi épais, de dolomies jaunes, qui dominent la rive Nord du Grand Lac glacé (p. 35) et supportent des calcaires gris, toujours plongeant au Nord-Est, mais fortement affectés de replis dans la cluse de la Krishna. Ce sont les *séries de Kioto*. Elles forment l'ossature du Muktinath Himal. Elles représentent le Trias et le Jurassique jusqu'au Callovien.

5° Enfin cette formation calcaire s'enfonce au Nord, à Kagbeni et Muktinath, sous une série argilo-gréseuse noire donnant des reliefs plus amollis (p. 18). Dans les argiles schisteuses, de gros nodules calcaires et pyriteux renferment des Bélemnites et des Ammonites, parmi lesquelles nous avons reconnu : *Simbirskites nepaulensis* Gray, *Paraboliceras himalayanus* V. Uhlig, *Kossmatia* cf. *tenuistriata* Gray et *Belemmites Gerardi* Oppel, c'est-à-dire des éléments caractéristiques de la faune célèbre de Spiti (Argovien-Portlandien). On peut même préciser que les espèces de Kagbeni caractérisent plutôt la partie inférieure de la série de Spiti. Or, Spiti est à 600 km au Nord-Ouest et c'est la première fois que l'on retrouve cette faune dans la partie centrale et orientale de la chaîne. Plus à l'Est, sur le méridien de l'Everest, la présence de la série de Spiti avait été déduite de son faciès, mais on n'y avait point recueilli de fossiles déterminables. On peut affirmer, à présent, que les *couches de Spiti* forment une bande continue sur la lisère Nord de l'Himalaya, le long de la frontière népalo-thibétaine. Notons que des venues de gaz naturel, à travers cette série noire de Spiti, alimentent le feu éternel du sanctuaire de Muktinath.

Pour résumer, l'Himalaya du Népal comprend donc un socle cristallin formant son front méridional et une couverture sédimentaire de moins en moins métamorphique qui plonge régulièrement au Nord sous l'arrière pays crétacé du Thibet, couverture dont l'âge s'échelonne du Carbonifère au Jurassique supérieur.

Comme cette coupe transversale rappelle en tous points celle de la région de l'Everest, connue à 300 km à l'Est, on peut en déduire que la chaîne, dans sa partie culminante, présente une architecture d'ensemble étonnamment simple, si nous la comparons à celle des Alpes. Compte non tenu évidemment d'accidents secondaires, qu'une enquête aussi rapide n'a pu

déceler, l'édifice himalayen, entre les cours transversaux du Gange et du Bramapoutre, semble bien avoir été *soulevé et transporté d'une seule pièce* vers la dépression du Gange, le long du grand chevauchement méridional.

NUTRITION. — *Rapports nutritionnels mère-fœtus et régimes pseudo-équilibrés (en particulier dans l'avitaminose* C). Note (*) de M. **Georges Mouriquand** et Mme **Violette Edel.**

Nous avons antérieurement montré au cours de recherches sur les rapports nutritionnels du complexe mère-fœtus dans l'avitaminose C du cobaye, que ces rapports pouvaient être étudiés dans l'avitaminose C totale ([1]) et dans l'avitaminose C partielle ([2]).

Rappelons que *dans l'avitaminose C totale*, l'action de la carence est différente suivant qu'elle s'exerce dès le début de la gestation, ou dans ses deux ou trois premières semaines, dans ces cas l'avortement vers le 25e jour est constant.

Au contraire, lorsque la carence en vitamine C exerce son action tardivement vers le 30e jour, la gestation poursuit son évolution normale, en pleine eutrophie, sans signes scorbutiques ou avec signes, a minima.

Par contre, dès la parturition on assiste à un véritable « effondrement » nutritif qui peut se traduire soit par l'apparition de signes scorbutiques, soit par une cachexie générale, rapide, aboutissant à la mort. Tout paraît se passer dans ces cas expérimentaux, comme si le fœtus souvent atteint lui-même de scorbut protégeait la nutrition maternelle.

*Dans l'avitaminose C partielle*, obtenue en ajoutant au régime scorbutique 0,025 mg d'acide ascorbique par semaine, la gestation poursuit son évolution en parfaite eutrophie, sans signe d'avitaminose C, jusqu'à la parturition, après celle-ci s'installe dans la plupart des cas une dystrophie mortelle sans signes anatomo-cliniques de scorbut.

Tout s'est passé également dans ces cas de subcarence C, comme si la nutrition fœtale protégeait la nutrition maternelle.

*Le fait nouveau* est le suivant : si au lieu d'ajouter à la ration scorbutigène 0,025 mg d'acide ascorbique par semaine, on ajoute cette dose tous les jours, on obtient chez le cobaye femelle (et mâle) une croissance et une nutrition normales pendant 400 jours et au delà.

La femelle développe une gestation régulière, sans manifestations d'avi-

---

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) G. Mouriquand et Mlle J. Schoen, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 203.

([2]) G. Mouriquand et Mme V. Edel, *Soc. Biol.*, Lyon, 1949; *C. R. Biol.*, **143**, 1949, p. 1098.

taminose C, et la parturition n'entraîne chez elle aucun des troubles dystrophiques observés chez l'animal, à la carence totale, et à la carence partielle (notés ci-dessus).

Tout se passe avec ce régime, en ce qui concerne la gestation et de la parturition, comme chez les femelles au régime équilibré du chenil.

Ni la gestation, ni la parturition n'indiquent donc dans ces cas un déséquilibre même à minima de la ration scorbutigène, supplémentée par 0,025 mg d'acide ascorbique par jour.

Mais s'agit-il vraiment d'un équilibre réel de la ration, ou d'un pseudo-équilibre, il est vrai, très proche de l'équilibre de la ration du chenil ?

Nous avons essayé de répondre à cette question en ajoutant à ce régime 0,50 g d'acide para-aminosalicylique (P. A. S.) qui dans d'autres expériences nous était apparu comme un facteur de révélation d'une avitaminose C partielle, inapparente.

Il convenait d'abord d'apprécier si cette substance présentait un certain degré de toxicité pour les animaux au régime équilibré du chenil, notamment chez les femelles en état de gestation ou de parturition.

Or l'adjonction quotidienne de 0,50 de P. A. S. à la ration du chenil poursuivie pendant 400 jours, et plus, n'a révélé aucune action nocive sur l'état général des femelles gestantes (plusieurs gestations), aucun trouble de leur gestation, aucune dystrophie consécutive à leur parturition, ni aucune altération du poids, ni de la santé des petits.

Par contre l'adjonction quotidienne de 0,50 g de P. A. S. à la ration considérée comme équilibrée (régime scorbutigène + 0,025 quotidiens d'acide ascorbique) a révélé les faits suivants :

Chez les cobayes mâles, aucun trouble du type scorbutique n'a été constaté, leur nutrition a été normale pendant de longs mois.

Par contre chez les femelles en état de gestation, si celle-ci a été le plus souvent normale ou proche de la normale (sans signes scorbutiques), des troubles dystrophiques sévères consécutifs à la parturition ont été plusieurs fois observés, avec d'autre part une forte mortalité des nouveau-nés avec chez certains dès la naissance des signes hémorragiques caractéristiques du scorbut fœtal (constaté dans des expériences antérieures portant sur l'avitaminose C totale, ou partielle).

Ainsi donc la gestation et surtout la parturition a révélé que ce régime pouvant être considéré comme équilibré en dehors de ces états physiologiques, était en réalité dans un état de déséquilibre à « minima » par rapport au régime vraiment équilibré du chenil.

Le P. A. S. s'associant ici à l'action « révélatrice » de la gestation et surtout de la parturition, a permis de détecter un déséquilibre nutritionnel à « minima » chez les mères gestantes, relevant du pseudo-équilibre de la ration.

L'addition de ces trois facteurs de révélation (gestation, parturition, P.A.S.) a été nécessaire pour permettre cette détection.

La clinique diététique pourra tenir compte de pareils faits.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Gottlieb Flückiger** :

1° *Essais d'utilisation de la déviation du complément dans le diagnostic de la tuberculose bovine*. Thèse présentée à la Faculté de médecine vétérinaire de Berne, par Samuel Debrot.

2° *Statistiques et évaluations des dommages causés par les épizooties en Suisse de* 1886 *à* 1946. Id. par Gustave Grandchamp.

3° *Étude de quelques facteurs influençant le développement des aphtes lors de l'inoculation artificielle des animaux destinés à la production du vaccin anti-aphteux*. Id. par Joseph Parrat.

4° *Étude sur le vaccin adsorbé antirouget préparé selon le procédé de Traub*. Id. par Pierre-André Schneider.

5° *Untersuchungen über die Adsorption des Maul-und Klauenseuche-Virus an Aluminiumhydroxyd*. Id. par Hans Karl Wunderli.

6° *Schutzimpfungsversuche an weissen Mäusen gegen Abortus Bang mittels Adsorbatvaccinen*, par Hans Ulrich Helfer.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Marcel Dehalu** et **Irving Langmuir** sont élus Correspondants pour les Divisions des Membres libres et des Applications de la science à l'industrie, en remplacement de MM. *Gaston Dupouy*, élu Membre non résidant et *Georges Denigès*, décédé.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Léopold Escande. *Compléments d'hydraulique*. Deuxième Partie.

2° Paul Dupont. *Histoire du chercheur à travers les âges. Descartes, théoricien, géant et solitaire*.

3° René Garnier. *Cours de Cinématique*. Tomes I et II.

4° Academiæ scientiarum hungaricæ. *Acta chimica*. Tome I, fasc. 1.

5° *Rudžer Bošković*, par Mirko Deanović, Josip Torbarina et Branimir Truhelka.

ALGÈBRE. — *Les théorèmes fort et faible de Vitali et les conditions d'évanescence de halos.* Note (*) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Poursuivant une étude dans la ligne de M. Denjoy ([1]) et d'un article antérieur avec M. Haupt ([2]), l'auteur examine la propriété faible de Vitali du point de vue somatique (suivant Carathéodory), introduisant une propriété d'évanescence en mesure de halo. Celle-ci est comparée avec le critère de A. P. Morse d'où est déduite la propriété forte de Vitali pour les boules finslériennes.

1. *Propriété faible de Vitali pour un recouvrement.* — $\mathcal{S}$ : σ-algèbre booléenne ayant une unité **R**. A, X : éléments de $\mathcal{S}$. $\mu$ : mesure complète finie ou dénombrablement infinie définie sur $\mathcal{M} \subseteq \mathcal{S}$, contenant $\mathbf{R}.\mathcal{N}$ : σ-idéal dans $\mathcal{S}$ des éléments de $\mu$-mesure nulle. $X^{\times}$ : enveloppe mesurable de X. $\mathcal{C}$ : famille d'éléments de $\mathcal{M}$ de mesure finie. *Empiètement* d'une suite $\mathcal{C}_1, \ldots, \mathcal{C}_p, \ldots$ dans $\mathcal{C}$ : $\lim_{p \to \infty}\left[\sum_1^p \mu(\mathcal{C}_i) - \mu\left(\bigcup_1^p M_i\right)\right]$. *Propriété faible de Vitali* (W) : Quels que soient $X \in \mathcal{S}$ inclus dans A, $\eta > 0$ et $\varepsilon > 0$, il existe une suite $C_1^*, \ldots, C_p^*, \ldots$ dans $\mathcal{C}$ recouvrant X(mod $\mathcal{N}$), d'empiètement $< \eta$ et débordant X de moins de $\varepsilon$[c'est-à-dire $\mu(\cup C_p^* - X^{\times}) < \varepsilon$]. *Propriété* (D) : Quels que soient X dans $\mathcal{S}$ inclus dans A de mesure extérieure positive et $\alpha$ compris entre 0 et 1, il existe $C \in \mathcal{C}$ tel que $\mu(C.X^{\times}) > \alpha.\mu(C)$. *Propriété* (L) : Pour toute fonction lipschitzienne (dénombrablement) additive $\theta$ définie sur les $X^{\times}$ tels que $X \subseteq A$, et $\alpha$ entre 0 et 1, l'existence d'un $X_0$ tel que $\theta(X_0^{\times}) > \alpha.\mu(X_0^{\times})$ implique l'existence d'un $C_0 \in \mathcal{C}$ tel que $\theta(C_0) > \alpha.\mu(C_0)$.

Théorème I. — *Les propriétés* (W), (D) *et* (L) *sont équivalentes* ([3]).

*Propriété d'approximation supérieure* (As) : Quels que soient X dans $\mathcal{S}$ inclus dans A et $\varepsilon > 0$, il existe une suite $C_1, \ldots, C_p, \ldots$ dans $\mathcal{C}$ recouvrant X(mod $\mathcal{N}$) et débordant X de moins de $\varepsilon$. Cette propriété est équivalente à la suivante : Quels que soient M dans $\mathcal{M}$ de mesure finie, inclus dans $A^{\times}$(mod $\mathcal{N}$) et $\varepsilon' > 0$, il existe une somme finie F d'éléments de $\mathcal{C}$(ou $\mathcal{C}$-figure) dont la distance en mesure à $M[= \mu(F - F.M) + \mu(M - M.F)]$ est $< \varepsilon'$. *Halo faible* $H_\alpha(M)$ *d'un noyau* $M \in \mathcal{M}$ pour $0 < \alpha < 1$ ([4]) : Union définie mod $\mathcal{N}$ (c'est-à-dire dans $\mathcal{M}/\mathcal{N}$) des $C \in \mathcal{C}$ tels que $\mu(C.M) \geqq \alpha.\mu(C)$. *Propriété* (E) *d'évanescence du halo faible.* — Pour tout $\alpha$ compris entre 0 et 1 et toute suite

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 560, 600, 737, 1013, et **232**, 1951, p. 195.

([2]) *Sitz. Ber. Bay. Ak.*, 1950, p. 187-207.

([3]) Version somatique d'un théorème d'équivalence de de Possel, (*Journ. Math. pures et appl.*, **9**, série 15, 1936, p. 391-409, particulièrement p. 405).

non croissante $M_1^*, \ldots, M_p^*, \ldots$ d'éléments de $\mathfrak{M}$ de mesure tendant vers o, les mesures des halos $H_\alpha(M_p^*)$ tendent aussi vers o ([4]).

THÉORÈME II. — (As) *et* (E) *impliquent* (W).

2. *Propriété faible de Vitali pour une base de dérivation.* — Une base de dérivation suivant de Possel ([5]) est dite *base faible de dérivation* si pour tout $A \subseteq \mathbf{R}$ et tout recouvrement $\mathfrak{B}$-fin $\mathcal{C}$ de A, (W) est vérifiée. D'après le théorème II il en est ainsi si (As) est satisfaite pour les mêmes A et $\mathcal{C}$ et (E) pour $\mathcal{C}$ = famille de tous les ensembles de $\mathfrak{B}$. D'après de Possel la propriété pour $\mathfrak{B}$ d'être faiblement dérivante est équivalente à la validité du théorème sur la densité (épaisseur) des ensembles M. Un récent résultat de C. A. Hayes et A. P Morse ([6]) peut donc s'interpréter ainsi : une couverture annulaire (« annular blanket ») faiblement dérivante est fortement dérivante.

3. *La condition d'évanescence de halo de A. P. Morse* ([7]). — La condition (E) ne fait intervenir aucune topologie; noyaux et halos contractent en mesure. Chez A. P. Morse les noyaux contractent sur un point au sens de la métrique (*évanescence localisée*). Voici une application du critère local : soit **F** un espace de Finsler, entendant par là une variété de dimension $n > 1$ continûment différentiable dont l'espace affine tangent $\mathbf{T}_p$ en tout point $p$ est pourvu d'une métrique de Minkowski définie positive (ou de Banach) dépendant continûment de $p$. **F** admet une mesure de Radon non triviale et une seule (à un facteur de proportionnalité près) pour laquelle les petites boules (géodésiques) de même rayon sont équivalentes, sous une forme précise : quels que soient les points $x$ et $y$ de **F**, le rapport des mesures des boules $B(x; \rho)$ et $B(y; \rho)$ tend vers 1 quand $\rho$ tend vers o, uniformément sur tout compact. Cette mesure $\mu$ est la *mesure n-dimensionnelle de Choquet* ([8]) qui peut ainsi être envisagée comme *mesure de Haar dans l'espace de Finsler* ([9]). Le rapport entre la mesure

---

([4]) Adaptation de notions dues à H. BUSEMANN et W. FELLER, *Fund. Math.*, **22**, 1934, p. 226-256.

([5]) CH. PAUC, *Comptes rendus*, **231**, 1950, 1406.

([6]) *Proc. Amer. Math. Soc.*, 1950, p. 118, Théorème 4. 3. La définition d'une « φ free blanket » p. 111, 2. 24 exprime la validité du théorème de la densité pour la restriction borélienne de φ.

([7]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 55, 1944, p. 213, 6. 5. Dans le cas de boules *voir* aussi *loc. cit.* en ([6]) p. 111 et 112.

([8]) G. BOULIGAND et G. CHOQUET, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 696. *Voir* aussi H. BUSEMANN, *Annals of Math.*, **48**, 1947, p. 234-267. L'idée de Choquet est la suivante : Chaque $\mathbf{T}_p$ en tant qu'espace affine admet une mesure $n$-dimensionnelle définie à un multiplicateur positif près. Ces multiplicateurs sont normalisés en imposant aux boules unitaires minkowskiennes d'avoir une mesure égale à celle de la boule euclidienne de même dimension. L'intégrale définissant la mesure est d'emblée indépendante du paramétrage ou d'un fibrage de **F**.

([9]) Nous nous inspirons de L. H. LOOMIS (*Annals of Math.*, **46**, 1945, p. 348-355), remplaçant sa condition d'équivalence stricte des boules de même rayon par une équivalence à la limite.

du halo (fort) de A. P. Morse et celle du noyau tend comme dans le cas euclidien vers $3^n$ quand le noyau contracte sur un point. Les boules de **F** forment donc une base forte de dérivation dans **F** [10].

ALGÈBRE. — *Les relations de Ferrers*. Note de M. **Jacques Riguet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans cette Note, on définit et on étudie les relations de Ferrers qui jouent un rôle important en analyse combinatoire et en analyse substitutionnelle de Young.

I. *Rectangles maximaux d'une relation quelconque.* — Soit $R \subset E \times E$ une relation binaire quelconque entre éléments d'un ensemble E [1]. On voit facilement que, pour que $X \times Y \neq \emptyset$ soit un rectangle maximal de R, il faut et il suffit que $Y = R[X]$ et $X = \overset{-1}{R}[Y]$. Il en résulte que si $(x, y) \in R$, $\overset{-1}{R}[R(x)] \times R(x)$ et $\overset{-1}{R}(y) \times R\left[\overset{-1}{R}(y)\right]$ sont des rectangles maximaux de R contenant $(x, y)$, ce qui montre que toute relation est réunion de ses rectangles maximaux.

Les considérations de Mac Neille [2] relatives aux relations d'ordre s'étendent à une relation quelconque : la relation entre rectangles maximaux $X_1 \times Y_1$, $X_2 \times Y_2$ définie par $X_1 \subset X_2$ (ce qui équivaut à $Y_1 \supset Y_2$) est une relation d'ordre latticiel relativement complet.

II. *Relations de Ferrers.* — Soit E un ensemble quelconque et soit $R \subset E \times E$ une relation binaire entre éléments de E.

*Définition.* — Nous dirons que R est une *relation de Ferrers* lorsque

$$R\overset{-1}{R'}R \subset R.$$

Il est facile de voir que les conditions *a*, *a'*, *b*, *b'*, *c*, *c'*, *d*, *d'*, *e*, *e'* sont chacune nécessaires et suffisantes pour que R soit une relation de Ferrers :

| | |
|---|---|
| *a*. $R'$ est une relation de Ferrers; | *a'*. $\overset{-1}{R}$ est une relation de Ferrers; |
| *b*. $(\overset{-1}{R'}R')$ est un préordre total ; | *b'*. $(R\overset{-1}{R'})$ est un préordre total; |
| *c*. $\overset{-1}{R'}R$ est une relation d'ordre strict ; | *c'*. $R\overset{-1}{R'}$ est une relation d'ordre strict; |
| *d*. $\overset{-1}{R'}R$ est une relation de Ferrers; | *d'*. $R\overset{-1}{R'}$ est une relation de Ferrers; |
| *e*. $E/\overset{-1}{R}$ est totalement ordonné par la relation d'inclusion; | *e'*. $E/R$ est totalement ordonné par la relation d'inclusion. |

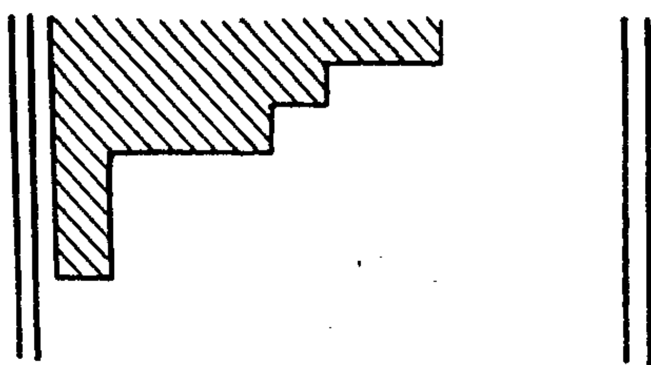
[10] Signalons qu'à notre connaissance une telle propriété n'a pas encore été établie pour les boules d'un espace de Haar (espace distancié satisfaisant aux conditions de Loomis), ni même pour les boules d'un groupe abélien métrique localement compact.

[1] Les notations employées ici sont celles de J. Riguet, *Bull. Soc. Math. France*, **76**, 1948, p. 114-155.

[2] H. Mac Neille, *Trans. Amer. Math. Soc.*, **42**, 1937, p. 416-460.

THÉORÈME. — *Pour que* R *soit une relation de Ferrers, il faut et il suffit que* R *soit réunion de rectangles dont les projections de même nom sont totalement ordonnées par inclusion et tels que si la première projection de l'un des rectangles est contenue dans la première projection d'un autre rectangle, la seconde projection du second est contenue dans la seconde projection du premier.*

Si $R^2 = \emptyset$ et si R est finie (ce qui est toujours le cas en analyse substitutionnelle) et si l'on représente R par une matrice de 0 et de 1, la condition nécessaire et suffisante pour que R soit une relation de Ferrers est que l'on puisse par permutations de lignes et de colonnes, mettre cette matrice sous la forme :



(la région hachurée étant remplie uniquement de 1, celle non hachurée uniquement de 0), obtenant ainsi un « graphe de Ferrers-Sylvester » d'une certaine partition ([3]).

Un exemple de relation de Ferrers dans le cas infini est donné par la relation entre nombre réels : $x \geq 1$, $y \geq 1$ et $xy \leq x + y$.

III. *Relations de Ferrers et relations difonctionnelles.* — Il existe une analogie frappante entre les définitions et les propriétés des relations de Ferrers et les relations difonctionnelles ([4]). Cette analogie s'éclaire par le

THÉORÈME. — *Si* R *est une relation de Ferrers, la relation* $R\overset{-1}{R}{}'R$ *est une relation de Ferrers et leur « différence »* $S = R \cap (R\overset{-1}{R}{}'R)'$ *est une relation difonctionnelle.*

Par exemple, si R est la relation entre nombres réels donnée ci-dessus, S est l'hyperbole $xy = x + y$.

Dans une prochaine Note nous préciserons les rapports entre relations de Ferrers et relations d'équivalence conjuguées. Nous dirons par définition que deux équivalences $R_1$ et $R_2$ sont conjuguées lorsque

$$R_1 \cap R_2 = \Delta \qquad \text{et} \qquad R_1R_2 \cup R_2R_1 = E \times E.$$

*Remarque.* — Les relations de succession complète étudiées par N. Wiener ([4]) et qui généralisent les chaînes sont les relations de Ferrers antiréflexives ([5]).

([3]) D. E. LITTLEWOOD, *The theory of group characters and matrix representations of groups*, Oxford, 1940, p. 60

([4]) NORBERT WIENER, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **17**, 1912-1914, p. 441-449; **18**, 1914-1916, p. 14-28.

([5]) La définition donnée par N. Wiener : $R \subset \Delta'$ et $R(R' \cap \overset{-1}{R}{}')R \subset R$ est en effet équivalente, car lorsque R est transitive $R(R' \cap \overset{-1}{R}{}')R \subset R$ équivaut à $R\overset{-1}{R}{}'R \subset R$.

MÉTRIQUE GÉNÉRALE. — *Représentation canonique par des mesures de Radon des fonctions numériques totalement croissantes sur les espaces topologiques ordonnés.* Note de M. **André Revuz**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Si $F(x)$ est positive, continue à droite et totalement croissante sur X topologique ordonné satisfaisant à quelques conditions simples, on peut lui associer de manière unique une mesure positive telle que $F(x)$ soit la mesure du « cône » négatif de sommet $x$. Extension au cas de mesures de Radon de signe quelconque.

1. X est un espace topologique ordonné. $C_+(x)$ [resp $C_-(x)$] est l'ensemble des éléments $> x$ [resp $< x$]. Nous supposons que pour tout couple $x, y$ ($x \in X$, $y \in Y$) ou bien $\inf xy$ existe ou bien $C_-(x) \cap C_-(y) = \emptyset$ (on pose alors $\inf xy = \varepsilon$, $\varepsilon$ étant adjoint à X en tant qu'espace ordonné et tel que $\varepsilon < x$ pour tout $x$).

$\mathfrak{V}(x)$ est le filtre des voisinages $\mathcal{V}(x)$ de $x$. Les ensembles $\mathcal{V}(x) \cap C_+(x)$ constituent une base du filtre $\mathfrak{V}_+(x)$ des voisinages à droite $\mathcal{V}_+(x)$ de $x$.

Nous désignerons par S tout ensemble d'éléments $y \in X$ vérifiant $y < x$ et $y$ non $< u_i$ ($i = 1, 2, \ldots, p$) ($x \in X$, $u_i \in X$) et par $\mathfrak{S}$ l'ensemble de tous les S ($p = 0, 1, 2, \ldots$).

2. Une fonction $F(x)$ à valeurs réelles étant donnée nous attribuons à tout $S \in \mathfrak{S}$, le nombre

$$\Delta(S) = F(x) - \sum_i F(\inf x u_i) + \ldots$$
$$+ (-1)^k \sum_{(i_1 \ldots, i_k)} F(\inf x u_{i_1}, \ldots, u_{i_k}) + \ldots + (-1)^p F(\inf x u_1, \ldots u_p)$$

[on pose $F(\varepsilon) = 0$. A un ensemble S ne correspond qu'un seul système ($x$; $u_1, \ldots, u_p$) avec $u_i < x$, et $\Delta(S)$ est déterminé sans ambiguïté].

Les réunions finies disjointes d'ensembles $S \in \mathfrak{S}$ forment un anneau $\mathfrak{a}$ [$A \in \mathfrak{a}$, $B \in \mathfrak{a} \Rightarrow A \cup B \in \mathfrak{a}$, $A - B \in \mathfrak{a}$] et $\Delta(S)$ est une fonction additive sur $\mathfrak{a}$.

3. $F(x)$ est totalement croissante (t. c.) sur X si $\Delta(S) \geq 0$ pour tous les S correspondant aux valeurs de $p \geq 1$.

$F(x)$ est continue à droite (c. d.), si $F(x_0 = \lim_{\mathfrak{v}_+(x_0)} F(x)$ pour tout $x_0 \in X$.

Nous nous proposons de déterminer des espaces X pour lesquels à toute fonction t. c., c. d., et positive correspond une mesure positive $\mu$ définie sur X telle que $\mu[C_-(x)] = F(x)$ (et qui soit une mesure de Radon si X est localement compact).

4. Il s'agit donc d'abord d'étendre $\Delta(S)$ en une mesure dénombrablement additive sur le $\sigma$-anneau engendré par $\mathfrak{a}$. Or, la condition nécessaire et suffi-

sante ([1]) de possibilité pour cette extension est que pour toute partition dénombrable $S = \bigcup_1^{\infty} S_n$ on ait $(\alpha)\ \Delta(S) = \sum_1^{\infty} \Delta(S_n)$.

Les conditions suivantes sont suffisantes pour que $(\alpha)$ ait lieu :

*a*. $C_-(x)$ est compact pour tout $x$.

*b*. $\inf xy$ est continue à [droite c'est-à-dire si $\inf xy \neq \emptyset$, pour tout $\mathcal{V}_+(\inf xy)$, $\exists\ \mathcal{V}_+(x)$ et $\mathcal{V}_+(y)$ tels que

$$\xi \in \mathcal{V}_+(x), \qquad \eta \in \mathcal{V}_+(y) \Rightarrow \inf \xi\,\eta \in \mathcal{V}_+(\inf x\,y);$$

et si $\inf xy = 0$, $\exists\ \mathcal{V}_+(x)$ et $\mathcal{V}_+(y)$ tels que

$$\xi \in \mathcal{V}_+(x) \qquad \text{et} \qquad \eta \in \mathcal{V}_+(y) \Rightarrow \inf \xi\eta = \emptyset].$$

*c*. Pour tout $x$ et tout $\mathcal{V}_+(x)$, il existe $y \in \mathcal{V}_+(x)$ tel que $C_-(x) \subset \mathring{C}_-(y)$.

Les mêmes conditions permettent d'affirmer, si X est localement compact l'existence d'une mesure de Radon positive régulière $\mu$ telle que $\mu[C_-(x)] = F(x)$. Et il y a alors correspondance biunivoque entre les fonctions t.c,c.d, $> 0$ et les mesures de Radon positives régulières sur X.

*Exemples d'espaces* X. — 1° Espace $\mathcal{K}(E)$ des sous-ensembles compacts K d'un espace localement compact E. L'ordre est donné par l'inclusion. Une base de voisinages à droite de K en $\mathcal{K}(E)$ a pour éléments les ensembles de compacts K′ vérifiant $K \subset K' \subset v(K)$ où $v(K)$ décrit le filtre des voisinages de K dans E ([2]).

2° Espace $\mathcal{C}(T, E)$ d'applications également continues d'un espace compact T dans un espace uniforme ordonné E satisfaisant lui-même à 4*a*, 4*b*, 4*c*. $\mathcal{C}$ étant muni de la topologie de la convergence uniforme ([3]).

5. On peut songer à se débarrasser de la condition 4*a* en plongeant X dans un espace $\tilde{X}$ et en prolongeant $F(x)$ à $\tilde{X}$. Le résultat le plus simple dans cette voie est le suivant : si X est localement compact et vérifie 4*b* et 4*c*, si $C_-(x) \cap C_+(y)$ est compact pour tout couple $(x, y)$, si les complémentaires des $C_+(x)$ forment sur X la base d'un filtre suivant lequel $F(x)$ a une limite $h$, alors, il existe une mesure de Radon positive régulière sur X telle que $\mu C_-(x) = F(x) - h$.

6. *Fonctions à variation bornée*. — $F(x)$ n'étant plus forcément t. c. posons $V(S) = \sup \sum_1^n \Delta(S_i)$ pour toutes les partitions finies de S en ensembles $S_i$.

---

([1]) *Cf.* O. Nikodym, *Mém. Acad. Bruxelles*, 2e série, **17**, 1938 ou P. Halmos, *Measure Theory*, New-York, 1950.

([2]) Quand E est compact, il existe une correspondance canonique biunivoque entre les fonctions t. c., c. d. et les capacités au sens de M. Choquet.

([3]) *Cf.* une Note précédente (*Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 22-24) où les hypothèses sont d'ailleurs beaucoup trop restrictives.

Si $V(S) < +\infty$ pour tout S, nous dirons que F est à variation bornée. On établit qu'une telle fonction est différence de deux fonctions t. c. positives. Si en outre $F(x)$ est c. d. on aura dans les mêmes conditions que plus haut, une mesure de Radon de signe quelconque $\mu$ telle que $\mu[C_{-}(x)] = F(x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un nouveau théorème du produit dans le calcul symbolique*. Note (*) de M. **Ion Carstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

On connaît l'importance du *théorème du produit* (théorème de M. E. Borel) dans le calcul symbolique. Nous allons établir un théorème analogue à celui-ci, mais concernant les originaux.

1. Considérons

$$f_1(t) \supset \varphi_1(p), \qquad f_2(t) \supset \varphi_2(p),$$

c'est-à-dire

$$f_1(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{Br_1} e^{zt}\frac{\varphi_1(z)}{z}\,dz, \qquad f_2(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{B'r_1} e^{z't}\frac{\varphi_2(z')}{z'}\,dz'$$

et formons le produit

$$f_1(t)f_2(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{Br_1} e^{zt}\frac{\varphi_1(z)}{z}\,dz\,\frac{1}{2\pi i}\int_{B'r_1} e^{z't}\frac{\varphi_2(z')}{z'}\,dz'.$$

Le second membre considéré comme une intégrale double dans les demi-plans complexes $\mathcal{R}z > 0$, $\mathcal{R}z' > 0$, donne, en posant dans la dernière intégrale $z' = \zeta - z$ et puis en changeant l'ordre d'intégration

$$-\frac{1}{4\pi^2}\int_{B'r_1} e^{\zeta t}\,d\zeta\int_{Br_1}\frac{\varphi_1(z)\varphi_2(\zeta - z)}{z(\zeta - z)}\,dz,$$

c'est-à-dire

$$f_1(t)f_2(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{B'r_1} e^{\zeta t}\frac{d\zeta}{\zeta}\left[\frac{\zeta}{2\pi i}\int_{Br_1}\frac{\varphi_1(z)\varphi_2(\zeta - z)}{z(\zeta - z)}\,dz\right],$$

d'où

$$(1) \qquad f_1(t)f_2(t) \supset \frac{p}{2\pi i}\int_{Br_1}\frac{\varphi_1(u)\varphi_2(p-u)}{u(p-u)}\,du.$$

En posant $\varphi(p)/p = \psi(p)$, on a, plus simplement,

$$(1') \qquad \boxed{f_1(t)f_2(t) \supset \frac{p}{2\pi i}\int_{Br_1}\psi_1(u)\psi_2(p-u)\,du.}$$

Si $f_1(t) \equiv f_2(t) \equiv f(t) \supset \varphi(p)$, on a

$$(2) \qquad f^2(t) \supset \frac{p}{2\pi i}\int_{Br_1}\frac{\varphi(u)\varphi(p-u)}{u(p-u)}\,du,$$

(*) Séance du 30 avril 1951.

ou bien

$$f^2(t) \supset \frac{p}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1} \psi(u)\psi(p-u)\,du, \tag{2'}$$

pourvu que les intégrales du second membre existent.

2. En vue de donner une application simple de la formule (1), considérons l'équation intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}_1} \frac{\varphi(u)}{u(p-u)^{\nu+1}}\,du - \frac{1}{(p^2+1)^{\nu+\frac{1}{2}}} = 0.$$

Soit $f(t) \supset \varphi(p)$; d'autre part, on a ([1])

$$\frac{1}{p^\nu} \subset \frac{t^\nu}{\Gamma(\nu+1)}, \qquad (\mathcal{R}\nu < -1);$$

$$\frac{p}{(p^2+1)^{\nu+\frac{1}{2}}} \subset \frac{\sqrt{\pi}}{2^\nu \Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)} t^\nu J_\nu(t), \qquad \left(\mathcal{R}\nu > -\frac{1}{2}\right).$$

Il vient aussitôt (en supposant $t \neq 0$)

$$f(t) = \frac{\sqrt{\pi}\,\Gamma(\nu+1)}{2^\nu \Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)} J_\nu(t), \qquad \left(\mathcal{R}\nu > -\frac{1}{2}\right),$$

et alors, on a

$$\varphi(p) = \frac{\sqrt{\pi}\,\Gamma(\nu+1)}{2^\nu \Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)} \frac{p}{\sqrt{p^2+1}} \left(\sqrt{p^2+1}-p\right)^\nu, \qquad \left(\mathcal{R}\nu > -\frac{1}{2}\right),$$

qui résout l'équation en question.

3. Les formules (1) et (2) ont de nombreuses applications. Nous en donnerons quelques-unes dans une publication prochaine.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Relation entre le nombre des valeurs asymptotiques et le nombre des valeurs doubles*. Note de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

En appliquant des méthodes déjà utilisées j'arrive dans cette Note à énoncer un théorème donnant le nombre minimum de valeurs doubles d'une fonction analytique sans valeurs asymptotiques.

En utilisant les résultats bien connus de MM. Denjoy, Hurwitz et Iversen sur l'identité des valeurs asymptotiques et des ramifications logarithmiques de la surface de Riemann de la fonction inverse, il est possible de démontrer

---

([1]) *Voir* par exemple N. W. Mc. Lachlan et Pierre Humbert, *Mémorial Sc. Math.*, fasc. C (2e éd.), 1950, p. 14 et 28.

deux théorèmes liant le nombre des valeurs asymptotiques et le nombre des valeurs doubles. On sait que les valeurs exceptionnelles (cas particulier des valeurs asymptotiques) et les valeurs doubles jouent un rôle analogue dans la théorie de l'uniformisation; on pouvait donc s'attendre à avoir des énoncés les liant.

THÉORÈME I. — *En dehors du cas de* $\varphi(z)=(ae^z+b)/(ce^z+d)$, *si* $\varphi(z)$ *est une fonction analytique et uniforme dans le plan ou une portion du plan, prenant une infinité de fois une valeur et n'ayant pas de valeurs multiples,* $\varphi(z)$ *a au moins trois valeurs asymptotiques.*

Sous une forme analogue ce résultat figure dans le livre de M. Nevanlinna *Eindeutige Analytische Funktionen.* Dans le cas particulier où $\varphi(z)$ est une fonction méromorphe dans tout le plan, sauf un ensemble lacunaire ayant au moins trois points, on peut établir le théorème en remarquant que si $\varphi(z)$ sans valeur multiple n'avait que deux valeurs asymptotiques, une méthode analogue à la démonstration du théorème de Picard par la fonction modulaire entraînerait l'inexistence d'une fonction entière ayant une seule valeur exceptionnelle.

THÉORÈME II. — *Si* $Z=\varphi(z)$ *est une fonction analytique et uniforme dans le plan ou une portion du plan prenant une infinité de fois une valeur, sans valeur asymptotique (donc sans valeur exceptionnelle), sans valeur d'ordre de multiplicité supérieur à* 2, *il y a au moins quatre valeurs différentes prises par* $\varphi(z)$ *qui sont doubles.*

En effet, prenons la surface de Riemann attachée à $z(Z)$; imaginons qu'il n'y ait que trois valeurs doubles que l'on peut prendre à l'infini, en $-1$ et en $+1$ et formons la fonction $z(\sin\xi)$ qui sera uniforme :

*a.* si $\varphi(z)$ a un espace lacunaire comprenant au moins trois points, $z(\sin\xi)$ est uniforme, analytique dans tout le plan et a plus de deux valeurs exceptionnelles, ce qui est impossible;

*b.* si $\varphi(z)$ est définie dans tout le plan moins deux points qui seront des singularités essentielles, on en déduira que $\sin\xi=\varphi[e^{E(\xi)}]$, E étant une fonction entière, ce qui est impossible.

*c.* Si $\varphi(z)$ n'a qu'une singularité essentielle, étant méromorphe partout ailleurs on aurait $\sin\xi=\varphi[E(\xi)]$, ce qui est également impossible.

M. Valiron me fait remarquer que le théorème serait faux si l'on abandonne la condition, *sans valeurs d'ordre de multiplicité supérieur à* 2; il est possible de donner un contre-exemple à partir des fonctions elliptiques.

CAS PARTICULIER. — *Les fonctions elliptiques et les fonctions fuchsiennes de première famille sans valeur d'ordre supérieur à* 2 *ont au moins quatre valeurs doubles.*

J'ai démontré des théorèmes analogues par des méthodes semblables dans un article (*Sur « l'ordre » des fonctions fuchsiennes*) qui sera publié dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles Lettres de Caen.*

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le calcul du quadrivecteur-courant dans la théorie des corpuscules de spin quelconque à masses multiples.* Note (*) de M. **Robert Potier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons introduit un lagrangien dont dérivent les équations d'onde que nous avons établies [2] pour les corpuscules de spin quelconque à masses multiples. A partir de ce lagrangien, le quadrivecteur-courant s'obtient par la formule habituelle [3]

$$X^k = i\left\{ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial\left(\frac{\partial \psi_\alpha}{\partial x_k}\right)}\psi_\alpha - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial\left(\frac{\partial \varphi_\beta}{\partial x_k}\right)}\varphi_\beta \right\}. \tag{1}$$

Les indices $\alpha$ et $\beta$ sont les indices des fonctions d'onde. On supposera que les $\psi$ et $\varphi$ ne sont pas forcément associées au même état quantique. $\psi$ sera associée à l'état $m$ : soit $\psi_m$ et $\varphi$ à l'état $n$, soit $\varphi_n$.

Le quadrivecteur-courant obtenu se notera $X_{mn}$.

Les équations (5) de notre Note précédente [1] et (1) conduisent à l'expression

$$\begin{aligned} X_{mn} = -i\sum_{(p,q)}\{ & a(p, q)\,X(\varphi_n^{(p,q)};\, \psi_m^{(p+1,q+1)}) + a^*(p, q)\,X(\psi_m^{(p,q)};\, \varphi_n^{(p+1,q+1)}) \\ & + b(p, q)\,X(\varphi_n^{(p,q)};\, \psi_m^{(p+1,q-1)}) - b^*(p, q)\,X(\psi_m^{(p,q)};\, \varphi_n^{(p+1,q-1)})\}. \end{aligned} \tag{2}$$

Dans (2) les formes bilinéaires à quatre composantes X sont données à partir des expressions définies dans deux Notes antérieures [4] [5]

$$X(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p+1,q+1)} = -\nu(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p+1,q+1)}), \qquad X(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p+1,q-1)}) = \nu(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p+1,q-1)}).$$

Si nous voulons obtenir un quadrivecteur (et non un pseudo-quadrivecteur) nous devons fixer le signe $\mp$ figurant dans les expressions des $\nu$ comme suit :

Si $p+q$ est impair : — dans $\nu(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p+1,q+1)})$; + dans $\nu(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p+1,q-1)})$.

Si $p+q$ est pair : les deux signes précédents doivent être changés.

Nous nous proposons dans la présente Note, de calculer les valeurs des composantes de ce quadrivecteur, dans chaque état de spin et de masse propre. Il nous suffira de calculer ces valeurs pour le corpuscule au repos.

Nous avons déjà introduit [5] l'invariant relativiste

$$\mathcal{J}(\psi^{(p,q)};\, \varphi^{(p,q)}) \equiv \sum_{k,h}(-1)^{(k+h)}C_p^k C_q^h\{\psi_{k,h}^{p,q}\varphi_{p-k,q-h}^{p,q} + \varepsilon\,\psi_{h,k}^{q,p}\varphi_{q-h,p-k}^{q,p}\} \qquad (\varepsilon = \mp 1). \tag{3}$$

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1538.

(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 638.

(3) Louis de Broglie, *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Paris, 1949, Gauthier-Villars, p. 13 et suiv.

(4) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 855.

(5) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1076.

Considérons les opérateurs différentiels $\partial^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}$ de nos Notes précédentes ([6]) et posons

$$\partial^{\varepsilon_1,\varepsilon_2} = \gamma_x^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}\partial_x + \gamma_y^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}\partial_y + \gamma_z^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}\partial_z + \gamma_t^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}\partial_t. \tag{4}$$

Les opérateurs $\gamma_t^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}$ commutent avec les transformations infinitésimales d'espace. Donc, si $\varphi^{p,q}$ appartient au spin S, $S_z$, $\gamma_t^{\varepsilon_1,\varepsilon_2}\varphi^{p,q}$ appartiendra au spin S, $S_z$.

On peut établir la formule

$$\mathcal{J}(\gamma_t^{(++)}\psi^{(p,q)};\ \gamma_t^{(++)}\varphi^{(p,q)}) = \frac{(\lambda+1-S)(\lambda+2+S)}{(p+1)(q+1)}(\mathcal{J}\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p,q)}), \tag{5}$$

(5) permet de calculer $\mathcal{J}(\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p,q)})$ par récurrence, à partir de

$$\mathcal{J}(\psi^{(p_0,q_0)};\ \varphi^{(p_0,q_0)}) \qquad \left(\frac{p_0+q_0}{2} = S\right)$$

Un procédé de récurrence analogue conduit à établir la légitimité de la formule

$$\psi_{r,s}^{p,q} = \frac{p!\,q!}{C_p^r C_q^s}\rho_{r,s}^{p,q}\zeta_{(S,S_z)}^{p,q}, \tag{6}$$

que nous avons déjà employée dans une autre Note ([7]), (5) et (6) permettent d'écrire

$$\begin{aligned}\mathcal{J}(\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p,q)}) = {} & \frac{(\lambda-S)!\,(\lambda+S+1)!}{(2S+1)!}\,\frac{(S-\mu)!}{(S+\mu)!}C_{2S}^{S-S_z}(-1)^{(S+S_z)}. \\ & \times\left\{\zeta_{(S,S_z)}^{p,q}\,\zeta_{1(S,-S_z)}^{p,q} + \varepsilon\,\zeta_{(S,S_z)}^{q,p}\,\zeta_{1(S,-S_z)}^{q,p}\right\},\end{aligned} \tag{7}$$

les $\zeta$ étant relatifs aux $\psi$ et les $\zeta_1$ aux $\varphi$.

Les composantes de temps des quadrivecteurs-courant partiels satisfont aux identités

$$\left\{\begin{aligned} X_t(\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p+1,q+1)}) &\equiv \mathcal{J}(\psi^{(p,q)};\ \gamma_t^{(--)}\varphi^{(p+1,q+1)}) \equiv -\mathcal{J}(\gamma_t^{(++)}\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p+1,q+1)}), \\ X_t(\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p+1,q-1)}) &\equiv -\mathcal{J}(\psi^{(p,q)};\ \gamma_t^{(-+)}\varphi^{(p+1,q-1)}) \equiv -\mathcal{J}(\gamma_t^{(+-)}\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p+1,q-1)}),\end{aligned}\right. \tag{8}$$

(7) et (8) permettent le calcul de ces composantes de temps.

Pour $p+q$ impair par exemple, elles sont données par les formules suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} X_t(\varphi^{(p,q)};\ \psi^{(p+1,q-1)}) &= B_{p,q}(-1)^{(S+\mu+1)}\left\{\zeta^{*q,p}\,\zeta^{p+1,q-1} + \zeta^{*p,q}\,\zeta^{q-1,p+1}\right\}, \\ X_t(\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p+1,q-1)}) &= B_{p,q}(-1)^{(S+\mu+1)}\left\{\zeta^{p,q}\,\zeta^{*q-1,p+1} + \zeta^{q,p}\,\zeta^{*p+1,q-1}\right\}, \\ X_t(\psi^{(p,p+1)};\ \varphi^{(p+1,p)}) &= B_{p,p+1}(-1)^{S+\frac{1}{2}}\left\{\zeta^{p,p+1}\zeta^{*p,p+1} + \zeta^{p+1,p}\zeta^{*p+1,p}\right\}, \\ X_t(\psi^{(p,q)};\ \varphi^{(p+1,q+1)}) &= (-1)^{S-\mu}A_{p,q}\left\{\zeta^{*p,q}\,\zeta^{q+1,p+1} + \zeta^{q,p}\,\zeta^{*p+1,q+1}\right\}, \\ X_t(\varphi^{(p,q)};\ \psi^{(p+1,q+1)}) &= (-1)^{S-\mu}A_{p,q}\left\{\zeta^{*q,p}\,\zeta^{p+1,q+1} + \zeta_1^{*p,q}\,\zeta^{q+1,p+1}\right\}.\end{aligned}\right. \tag{9}$$

---

([6]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1146 et *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 656.

([7]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1647.

Dans (9) les $A_{pq}$ et $B_{pq}$ sont donnés par

$$(10)\quad \left\{\begin{aligned} A_{p.q} &= -\frac{(\lambda+1-S)!\,(\lambda+2+S)!\,p!\,q!}{(2S+1)!}\,\frac{(S-\mu)!}{(S+\mu)!}\,C_{2S}^{S-S_z},\\ B_{p.q} &= \frac{(\lambda-S)!\,(\lambda+1+S)!\,p!\,(q-1)!}{(2S+1)!}\,\frac{(S-\mu)!}{(S+\mu)!}\,C_{2S}^{S-S_z},\\ B_{p.p+1} &= \frac{(\lambda-S)!\,(\lambda+1+S)!\,(p!)^2}{(2S+1)!}\,C_{2S}^{S-S_z}.\end{aligned}\right.$$

Dans le cas où $p+q$ est pair, des formules très analogues peuvent être écrites. Mais la circonstance qui se produit pour $X_t(\psi^{(p,p+1)};\varphi^{(p+1,p)})$, c'est-à-dire l'intervention des carrés des modules de $\zeta^{p,p+1}$ et $\zeta^{p+1,p}$ ne se rencontre pour aucun des $X_t$ correspondant à $p+q$ pair.

Seuls, dans ce dernier cas, des produits de $\zeta$ figurent dans les $X_t$. Jamais il n'y a de carrés.

Les quantités des expressions (9) doivent être portées dans l'expression générale (2), où l'on prendra pour $m$ et $n$ le même état quantique.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE DE DIRAC. — *Intégrale première du premier ordre dépendant du temps. Étude de deux cas particuliers. Signification des matrices $\alpha_1$, $\alpha_2$, $\alpha_3$, l'opérateur $(h/2\pi i)(\partial/\partial t)$ joue un rôle analogue à ceux des opérateurs $(h/2\pi i)(\partial/\partial q_i)$.* Note (*) de M. **Robert Faure**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note antérieure [1] nous avons vu que les opérateurs intégrales premières en Mécanique de Dirac où intervient le temps doivent le faire intervenir non seulement sous la forme d'argument, mais encore sous la forme $2\pi i[(h/2\pi i)(\partial/\partial t)]$. La détermination de ces opérateurs consistait en la détermination de certaines fonction $Q_i$. La résolution du système $(E_2)$ est évidente on a

$$Q_i = \lambda_{ik} q_k + \lambda_{i5} \quad \text{avec} \quad i = 1, 2, 3, 4, \qquad q_4 = ct.$$

Les $\lambda_{ik}$ sont des constantes réelles satisfaisant aux conditions

$$\lambda_{ii} = 0, \qquad \lambda_{ik} + \lambda_{ki} = 0,$$

un cas particulier intéressant au point de vue analytique est celui où $Q_1 = ct$; $Q_2 = Q_3 = 0$, $Q_4 = q_1$, analogue aux cas des forces centrales qui permettent l'introduction du spin.

(*) Séance du 23 avril 1951.

[1] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1469.

Les équations ($E_1$) nous fournissent le système

$$\text{(I)} \qquad -ect\frac{\partial A_1}{\partial q} - \frac{e}{c}q_1\frac{\partial A_1}{\partial t} + eu - c\frac{\partial R}{\partial q_1} = 0,$$

$$\text{(II)} \qquad -ect\frac{\partial A_2}{\partial q_1} - \frac{e}{c}q_1\frac{\partial A_2}{\partial t} - c\frac{\partial R}{\partial q_2} = 0,$$

$$\text{(III)} \qquad -ect\frac{\partial A_3}{\partial q_1} - \frac{e}{c}q_1\frac{\partial A_3}{\partial t} - c\frac{\partial R}{\partial q_3} = 0.$$

$$\text{(IV)} \qquad eA_1 - ct\frac{\partial u}{\partial q_1} - e\frac{q_1}{c}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial R}{\partial t} = 0,$$

les fonctions U, $A_i$ supposées connues doivent vérifier les conditions ($c_{ik}$)

$$\frac{\partial^2 R}{\partial q_i \partial q_k} = \frac{\partial^2 R}{\partial q_k \partial q_i}.$$

Les plus intéressantes sont ($c_{14}$) et ($c_{23}$).

($c_{14}$) peut s'écrire

$$ct\frac{\partial}{\partial q_1}\left(\frac{\partial u}{\partial q_1} + \frac{1}{c}\frac{\partial A_1}{\partial t}\right) + \frac{q_1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial u}{\partial q_1} + \frac{1}{c}\frac{\partial A_1}{\partial t}\right) = 0,$$

ce qui montre que la composante sur l'axe $q_1$ du champ électrique est de la forme $f(q_1^2 - c^2t^2, q_2, q_3)$. ($c_{23}$) donne le même résultat pour le champ magnétique.

L'intégrale première $A_1$ est alors

$$A_1 \equiv \frac{h}{2\pi i}\left(\frac{q_1}{c}\frac{\partial}{\partial t} + ct\frac{\partial u}{\partial q_1} + \frac{\alpha_1}{2}\right) + R.$$

Dans les équations de Dirac $\alpha_1$ opère sur $P_1$, $\alpha_2$ sur $P_2$ on obtient donc d'un facteur près comme composante de spin sur $oq_3$ $\alpha_1\alpha_2$ qui fournit un opérateur hermitique, c'est l'opérateur matrice unité qui opère sur $P_4$. On obtient donc $\rho_1\alpha_1$ et l'opérateur $A_1$ n'est pas hermitique.

Une autre intégrale première s'obtient en faisant $Q_1$ et $Q_4$ constants et non nuls, $Q_2 = Q_3 = 0$.

On voit que si $R \equiv 0$ la fonction d'onde $\Psi$ solution de l'équation

$$A(\psi) = \alpha\psi = \frac{h}{2\pi i}\left(Q_1\frac{\partial\psi}{\partial q_1} + \frac{Q_4}{c}\frac{\partial\psi}{\partial t}\right) = \alpha\psi$$

est de la forme

$$\psi = e^{\frac{c\pi i\alpha}{Q_1 Q_4}\left(\frac{Q_4}{c}q_1 + Q_1 t\right)} f\left(\frac{Q_4}{c}q_1 - Q_1 t, q_2, q_3\right),$$

$f$ est une fonction quelconque.

Le temps et la coordonnée $q_1$ jouent des rôles analogues.

On peut donc dire que l'opérateur $(h/2\pi i)(\partial/\partial t)$ joue un rôle analogue aux opérateurs $(h/2\pi i)(\partial/\partial q_i)$.

Il est possible d'obtenir comme limite d'un opérateur $A_t$ l'opérateur $(h/2\pi)(\partial/\partial t)$. Celui-ci jouerait donc un rôle analogue aux autres opérateurs, mais le problème des valeurs propres ne peut être résolu qu'à partir de l'égalité $(h/2\pi i)(\partial\psi/\partial t) = H(\psi)$.

ASTROPHYSIQUE. — *L'isotope* $^3$He *dans les étoiles. Application à la théorie des* Novæ *et des naines blanches.* Note de M. **Evry Schatzman**, présentée par M. André Danjon.

1. La probabilité de la réaction

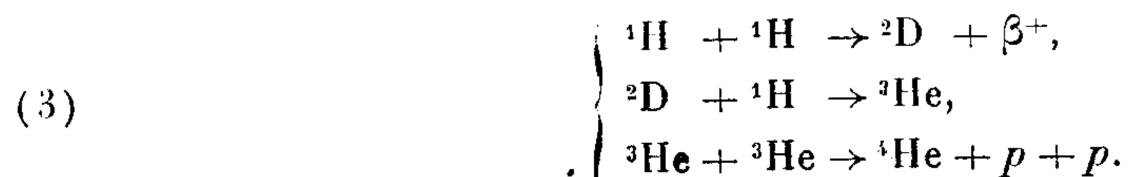
$$^3\mathrm{He} + {}^3\mathrm{He} \rightarrow {}^4\mathrm{He} + p + p \tag{1}$$

est très grande. La largeur du niveau $\Gamma$, telle qu'il résulte des données de Fermi et Turkevitch, rassemblées par Alpher et Hermann (1), est de $5{,}8.10^7$ eV. Si $n_3$ est le nombre de particules $^3$He par unité de volume, le nombre de réactions par seconde est

$$p_3 = n_3^2\, 1{,}4.10^{-11}\, T_8^{-\frac{1}{3}}\, 10^{-11{,}49\, T_8^{-\frac{1}{3}}} \tag{2}$$

avec $T_8 = 10^{-8}\,T$.

On peut ainsi montrer que l'évolution normale se fait suivant les réactions suivantes :



$$\left\{\begin{array}{l} ^1\mathrm{H} + {}^1\mathrm{H} \rightarrow {}^2\mathrm{D} + \beta^+, \\ ^2\mathrm{D} + {}^1\mathrm{H} \rightarrow {}^3\mathrm{He}, \\ ^3\mathrm{He} + {}^3\mathrm{He} \rightarrow {}^4\mathrm{He} + p + p. \end{array}\right. \tag{3}$$

On peut alors montrer qu'une faible accumulation de $^3$He est possible dans les étoiles à condition que la température soit assez basse et la densité assez élevée.

2. *Novæ*. — *a*. La rapidité de la réaction (1) entraîne la possibilité de la formation d'une onde de détonation.

A titre d'exemple on peut montrer que 0,01 g de $^3$He par gramme de matière à la densité 1 000 peut donner lieu à une onde de détonation d'épaisseur 7 km se propageant à la vitesse de 700 km/s$^{-1}$, à la température de cent millions de degrés.

*b*. L'accumulation de $^3$He provoque une augmentation progressive de l'exposant $\nu_{\mathrm{eff}}$ de la loi de température du débit d'énergie. Lorsque $\nu_{\mathrm{eff}}$ atteint une certaine valeur $\nu_{\mathrm{critique}}$ l'étoile devient vibrationnellement instable, et une explosion peut se produire.

On trouve ainsi la relation

$$t \sim \frac{E}{L} \tag{4}$$

(1) *Rev. Mod. Phys.*, 22, 1950, p. 153.

entre le débit d'énergie par seconde L et le débit total d'énergie E au cours d'une explosion et la période des récurrences. Cette relation est vérifiée de façon satisfaisante depuis les étoiles SS Cygni jusqu'aux Novæ. Elle découle directement de l'hypothèse faite sur l'origine des explosions.

3. *Stabilité vibrationnelle des naines blanches.* — Dans les naines blanches, la durée de vie des noyaux $^3$He est très courte. Au cours d'une pulsation, la réaction (1) va se trouver varier en quadrature de la pulsation et ne pas contribuer à l'instabilité vibrationnelle. L'exposant effectif $\nu_{eff}$ devient alors de l'ordre de 2, inférieur par conséquent à la valeur critique 2,6 trouvée par Ledoux et Sauvenin Goffin [2].

Les conclusions de ces auteurs doivent donc être modifiées pour tenir compte du rôle nouvellement découvert de la réaction (1). Les naines blanches sont donc vibrationnellement stables. La théorie de l'auteur [3] en tire donc une nouvelle confirmation.

(2) *A. J.*, III, 1950, p. 611.
(3) SCHATZMANN, *Le spectre des naines blanches et leur débit d'énergie*, Copenhague, 1950.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Application des statistiques quantiques à des courants ioniques.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude des propriétés physiques de la conduction nerveuse à l'échelle ionique. Possibilité d'expliciter la pseudo-capacité du nerf par l'effet des résonateurs de la physique quantique.

1° Les physiologistes de l'école anglaise ont étudié expérimentalement les échanges ioniques durant l'activité du nerf excité à l'aide d'une électrode négative. Quand la membrane est brusquement dépolarisée les échanges ioniques se font suivant le schéma de Hodgkin [1] :

Dépolarisation, immédiatement : accroissement de la perméabilité au $Na^+$ externe; après délai : accroissement de la perméabilité au $K^+$ du milieu interne.

Suivant la représentation formelle, déjà donnée, de la polarisation cellulaire [2], on peut supposer qu'après le passage du courant d'action, la couche d'anions protéolipoïdiques (libérés de leur nuage d'ions) provoque une inversion du potentiel de membrane. Cette inversion a été trouvée expérimentalement par G. Marmont [3]. Il y a possibilité de pénétration des cations qui en venant neutraliser les anions empêchent la floculation du milieu cellulaire.

Reprenons l'étude du nuage d'ions $K^+$, en faisant agir une électrode

(1) *Archives des sciences physiologiques*, 3, n° 2, 1949.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 802.
(3) *Journal of cellular and comparative physiology*, 34, n° 3, 1949, p. 351.

négative, on soumet l'unité de volume du nuage d'ions à une force proportionnelle au champ électrique extérieur; cette force dont l'action est indépendante de la présence de l'anion (Falkenhagen) a pour expression

$$f\,dr = \varepsilon \frac{e_j}{4\pi} \frac{\chi^2 e^{-\chi^2}}{r}\,dr.$$

Cette force implique au nuage d'ions la vitesse

$$v = \int_0^\infty \frac{\varepsilon e_j \chi^2 e^{-\chi^2}}{6\pi\eta_0}\,dr.$$

Cette vitesse est proportionnelle à l'épaisseur du nuage ainsi qu'à la surface qu'il recouvre, ce qui est en accord avec l'expérience : les nerfs les plus rapides étant ceux qui présentent la plus grande surface de membrane.

Après le passage du courant d'action et en l'absence du champ extérieur, la membrane va se repolariser après un délai pendant lequel le nerf est inexcitable, « la période réfractaire ». Le renversement de signe du potentiel de membrane provoque dans le milieu intérieur, surtout pour les micelles proches de la couche périphérique, la relaxation des cations. D'où sortie des ions $K^+$ (expérience d'Hodgkin) qui va reformer la gaine diffuse positive du nerf à l'état de repos.

2° Considérons l'atmosphère d'ions $K^+$ comme contenant N ions par centimètre cube à l'état de repos du nerf. Chaque ion peut être assimilé à un résonateur de charge $e$ et de masse $m$, qui est attiré par un gros anion négatif proportionnellement à sa distance de ce centre fixe. Soit $\omega_0$ la pulsation propre de ce vibrateur, $1/\chi$ l'épaisseur du nuage d'ions, $2\rho m$ la force amortissante. Si l'on fait agir sur ce nerf un courant sinusoïdal de pulsation $\omega$ suivant l'expérience de Cole et Curtiss (¹) sur la Nitella, les ions $K^+$ vont se mettre en vibrations forcées. Étudions les modifications dues aux résonateurs sur les lois de propagation de l'onde électrique : si $\vec{H}$ est le champ extérieur, nous avons les relations.

$$D\vec{h} = \text{rot}\,\vec{H}, \qquad \mu_0 \vec{H} = \text{rot}\,\vec{h}.$$

La constante diélectrique D est donnée par

$$D = h_0^2 + \frac{16\pi N \theta^2 k^2 T^2 \chi^4}{m(\omega_0^2 - \alpha i\omega\rho - \omega^2)};$$

D est imaginaire, ce qui entraîne une vitesse de propagation imaginaire. Il y a donc en même temps propagation et absorption. Le coefficient réel $D_p$ correspondant à la diffusion de la propagation est analogue à un indice de réfraction et le coefficient imaginaire $D_a$ correspond à l'absorption.

---

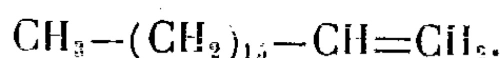
(¹) Curtiss et K. S. Cole, *Journal of cellular and comparative physiology*, n° 2, 1949.

Si l'on construit la courbe de $D_p$ en fonction de $\omega$, elle traverse la droite $D_p = 1$ au voisinage de $\omega = \omega_0$, marquant la variation rapide de la vitesse de phase des résonateurs. En ce point où les résonateurs sont en résonance avec le courant, la vitesse de transport de l'énergie est maximum.

La courbe de $D_a$ en fonction de $\omega$ montre une bande d'absorption pour $\omega = \omega_0$. Cette bande d'absorption, comparable à celle de Brillouin, semble représenter à l'échelle ionique la pseudo-capacité trouvée expérimentalement par Cole et Curtiss et qui n'avait pu être explicitée à l'échelle macroscopique.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude des points de transition présentés par l'hexadécène et l'octadécène solides*. Note de MM. **Raymond Bresson** et **Jean Jaffray**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'hexadécène 1-*n* : $CH_3—(CH_2)_{13}—CH=CH_2$ utilisé dans cette étude a été préparé par l'un de nous (1) en employant la méthode de Krafft (2) (décomposition par la chaleur du blanc de baleine). Nous avons obtenu comme sous-produit une masse non négligeable d'octadécène 1-*n* :



$$CH_3—(CH_2)_{15}—CH=CH_2.$$

Les constantes des produits purifiés sont :

| | Hexadécène. | Octadécène. |
|---|---|---|
| Température de fusion | 4°C | 18°C |
| Température d'ébullition (sous 15 mm de Hg) | 155–6°C | 179–80°C |
| Indice de réfraction | $n_D^{14} = 1,4427$ | $n_D^{22} = 1,4432$ |

1. *L'analyse thermique différentielle* de ces deux carbures à l'état solide a été réalisée par la méthode du bloc à deux trous depuis —150°C jusqu'à la température ordinaire, le produit de référence étant l'acide palmitique ou l'acide stéarique qui ne présentent pas de transformations dans ce domaine. Elle a mis en évidence pour chaque carbure, avant la fusion, un accident dont l'allure correspond à une anomalie de chaleur spécifique, sans existence de chaleur latente, c'est-à-dire probablement à une transition du deuxième ordre. La température de transition est $-22,5°C \pm 0,5°C$ pour l'hexadécène et $-6,5 \pm 0,5°C$ pour l'octadécène.

Le décalage des points de transition quand on passe de l'hexadécène à l'octadécène est donc de 16° alors que celui des points de fusion est de 14°.

Ubbelohde (3) avait déjà parlé de l'anomalie de chaleur spécifique de l'hexadécène et la situait à — 19° C.

(1) Au laboratoire de M. Truffault.

(2) *Ber.*, 16, p. 3023.

(3) *Trans. Far. Soc.*, 34, 1938, p. 282.

II. *La dilatométrie* de ces deux carbures à l'état solide a été réalisée dans le mercure et dans l'alcool éthylique dilué d'eau, par températures croissantes, de part et d'autre des points de transition. Cette opération montre la parfaite continuité de volume et met en évidence une anomalie de dilatation cubique à des températures (— 22,5° C et — 6° C) qui coïncident à 1/2 degré près avec celles qu'a indiquées l'analyse thermique. Cette anomalie consiste dans les deux cas en un maximum du coefficient de dilatation suivi d'une décroissance rapide. Dans le cas de l'octadécène, une dérivation graphique a permis d'obtenir l'ordre de grandeur de ce coefficient; sa valeur maximum est d'environ $12.10^{-4}$ et la décroissance relative à la transition de 30 %. Ces résultats suggèrent aussi l'existence de transitions du second ordre.

III. Nous avons encore réalisé l'analyse thermique différentielle de mélanges solides des deux carbures obtenus en mélangeant, en proportions diverses, les carbures liquides. Dans tous les cas, on observe une seule anomalie de chaleur spécifique à une température intermédiaire entre — 22° C et — 6° C. Il y a alors formation de cristaux mixtes dont les propriétés se déduisent (en première approximation) de celles des constituants, par la règle des mélanges.

L'analyse thermique différentielle constitue donc une méthode approchée d'analyse quantitative des mélanges solides des deux carbures.

ÉLECTRICITÉ. — *Propriétés semi-conductrices de la thorine sous vide.* Note (*) de M. **Guy Mesnard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En liaison avec ses autres propriétés, notamment thermioniques (1), nous avons étudié la conductivité de la thorine sous vide. Les tubes expérimentaux comprenaient deux fils parallèles de tungstène, de 0,1 mm de diamètre, distants de 0,25 mm en moyenne, complètement enrobés dans un même cylindre de thorine déposée par électrophorèse : ces fils permettaient le chauffage (en courant alternatif) de la thorine et servaient aussi d'électrodes pour les mesures. La résistance était déterminée en continu par l'intermédiaire de la caractéristique $i$ (V), en alternatif en faisant apparaître les courbes de tension et de courant sur un oscillographe bicourbe, ce qui permettait, en outre, de déterminer le déphasage (et, par suite, le pouvoir inducteur spécifique de la thorine) et de préciser éventuellement les déformations de la sinusoïde (loi d'Ohm non vérifiée, effet redresseur). En établissant un gradient de température entre les deux fils, on pouvait examiner l'influence de cette dissymétrie et, en particulier, mesurer la f. é. m. obtenue entre eux (effet thermoélectrique), la conductivité thermique de la thorine (à partir des puissances appliquées) et le rôle des

---

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) G. Mesnard, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 768 et 833.

interfaces tungstène-thorine. Des précautions spéciales ont été prises eu égard aux grandes résistances mesurées (isolement et écrans) et l'on a tenu compte des influences parasites, telles que celles des tensions de chauffage.

Nous avons d'abord opéré en ne faisant passer, dans la thorine, qu'un courant de quelques microampères par centimètre carré au maximum, de façon à éviter toute modification de structure causée par ce courant (par exemple polarisation). Nous avons trouvé que la conductivité dépendait beaucoup de la température actuelle et des traitements thermiques antérieurs. Ceux-ci provoquent d'abord une diminution progressive de la conductivité à une température donnée, jusque vers 2000° K; puis elle tend à augmenter et d'autant plus que l'on considère des revêtements moins épais. Par exemple, pour un dépôt assez épais, les conductivités obtenues à 1500° K à la suite de traitements poussés jusqu'à 2200° K s'étendaient de $5.10^{-7}$ à $3.10^{-5}$ $(\Omega.\mathrm{cm})^{-1}$. Les conductivités initiales relativement grandes peuvent s'expliquer par la présence d'un excès d'oxygène dans la thorine; la décroissance provient toutefois probablement de la cristallisation progressive de la thorine; enfin, la croissance est due à la présence d'un excès de thorium libre produit par un traitement assez poussé (les caractéristiques, auparavant rectilignes, s'incurvent alors vers l'axe des V).

Les courbes représentant le logarithme de la conductivité en fonction de l'inverse de la température absolue, après un certain traitement, sont, en général, formées de deux droites se raccordant suivant une courbe, la droite de pente la plus élevée correspondant aux hautes températures (éventuellement celle-ci est obtenue dans toute la zone explorée 1200-2000° K, spécialement pour un dépôt mince traité à haute température) : ces résultats s'expliquent par l'existence de deux mécanismes de passage du courant auxquels correspondent deux énergies d'activation, de l'ordre de 1 et 3 eV. Une analyse détaillée nous donne à penser, en accord avec les conceptions de Loosjes et Vink ([2]), que ces deux mécanismes sont, à basse température, un mouvement d'électrons à travers les grains (et d'un grain à l'autre) et, à haute température, un mouvement, entre les grains d'électrons, qui ont été émis par la thorine et sont d'autant plus nombreux qu'elle a été traitée à plus haute température (un tel courant ne suit pas la loi d'Ohm). On ne peut guère comparer nos résultats avec ceux des mesures antérieures, qui étaient faites dans des conditions différentes, si ce n'est ceux obtenus par Danforth et Morgan en régime pulsé ([3]); ils trouvent des conductivités plus grandes, ce qui s'explique par la plus grande densité de leurs couches; la grosseur des grains intervient aussi en agissant sur la porosité du dépôt et, par suite, sur la contribution relative des deux mécanismes.

---

([2]) R. Loosjes et H. J. Vink, *Philips Res. Rep.*, **4**, 1949, p. 449-475.

([3]) W. E. Danforth et F. H. Morgan, *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 142-144.

L'effet thermoélectrique n'était pas conforme aux prévisions de la théorie semi-conductrice, spécialement dans la zone des hautes températures et après des traitements poussés; les f. é. m. étaient d'ailleurs importantes (plusieurs millivolts par degré pour des températures moyennes) et augmentaient avec la température, d'autant plus que celle-ci était plus élevée. Il s'agit, en fait, d'un effet d'interface : on peut admettre qu'au voisinage de chaque interface existe une différence de potentiel, qui augmente avec la température et provient de ce que le tungstène capte quelques électrons émis par la thorine. La résistance en alternatif était sensiblement la même qu'en continu, mais un effet redresseur se manifestait et augmentait avec le gradient : il s'explique par les différences de potentiel d'interfaces et par le fait que le gaz électronique est plus abondant dans la région la plus chaude, ce qui crée un sens privilégié pour le courant, sans qu'il y ait à faire intervenir de couches interfaciales résistantes. Signalons enfin que, pour des courants de quelques microampères par centimètre carré, se produit une activation résultant d'un transport appréciable d'ions : le courant augmente spontanément à tension constante, dans un rapport considérable. L'agitation thermique limite l'évolution et, en l'absence du courant d'activation, la détruit progressivement; il en résulte, en particulier, que l'effet d'un courant donné est d'autant plus important que la température est plus basse. Le courant d'activation crée une dissymétrie et la conductivité n'est pas la même dans les deux sens; la loi d'Ohm n'est d'ailleurs pas vérifiée et un important effet redresseur se manifeste.

MAGNÉTISME. — *Sur l'origine de l'activation intermittente dans les ferromagnétiques.* Note (*) de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'apparition du ferromagnétisme dans les métaux et alliages du groupe du fer est due à des causes multiples dont nous citons celles qui sont bien connues : état solide (cristal), moment magnétique atomique, interactions entre voisins de distances appropriées. A ces causes s'ajoute encore celle de l'activation intermittente (A. i.), notion introduite récemment ([1]). En particulier l'étude des alliages ([2]) a confirmé que cette A.i. ne produit du ferromagnétisme que quand elle se fait vers l'état $4p$ après avoir rempli l'état $4s^2$.

L'A. i. est donc un fait plus général que le ferromagnétisme et la question de son *origine* se pose.

Il est probable que la distance atomique joue un double rôle : d'une part les interactions ne sont possibles qu'entre certaines limites de distances, mais

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) R. Forrer, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1254 et 1584.

([2]) R. Forrer, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1130 et 1444.

d'autre part l'A. i. pourrait être provoquée ou facilitée par certaines distances atomiques.

Or, nous sommes maintenant conduits à penser que la tendance principale à produire une A. i. est due à l'état électronique de l'atome lui-même :

L'A. i. comporte une dissociation intermittente des paires d'électrons à l'état $3d$. Nous attribuons sa cause au moment magnétique de l'atome même et nous admettons simplement que l'A. i. totale $a$ est proportionnelle, 1° au nombre $n''$ des paires d'électrons, et 2° au nombre $n'$ des électrons solitaires; donc

$$a = \text{const. } n' n''. \tag{1}$$

Dans la ligne des éléments V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, $n''$ augmente de 0 à 5, tandis que $n'$ diminue de 5 à 0; l'A. i. totale $a$ aurait donc une allure parabolique en fonction du nombre d'électrons à l'état $3d$ (*fig.* 1). Or, l'A. i. se fait immédiatement vers l'état $4p$ dans les combinaisons du type NiAs(B8), MnSb par exemple où Mn est entouré de six atomes Sb riches en électrons S extérieurs; l'atome de Mn est ainsi dispensé d'une A. i. vers l'état $s^2$. Les nombres N d'interactions qu'on peut déduire des points de Curie de quelques combinaisons de cette espèce ($\theta = 70°$C pour CrTe; $\theta = 314°$ pour MnSb et $\theta = 328°$ pour $FeS_{1,1}$) semblent confirmer cette allure parabolique.

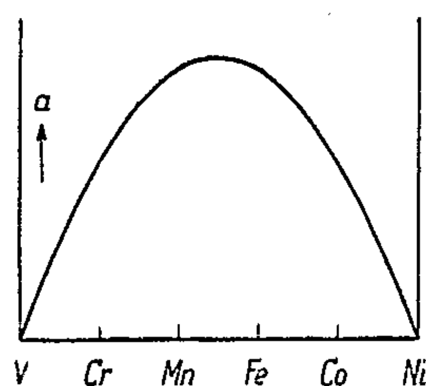


Fig. 1.

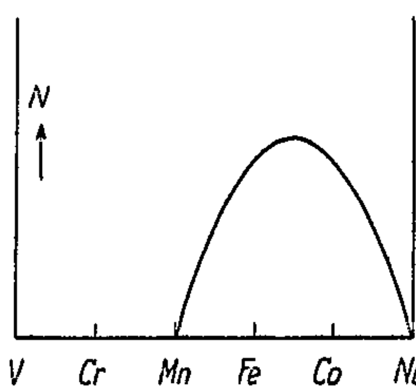


Fig. 2.

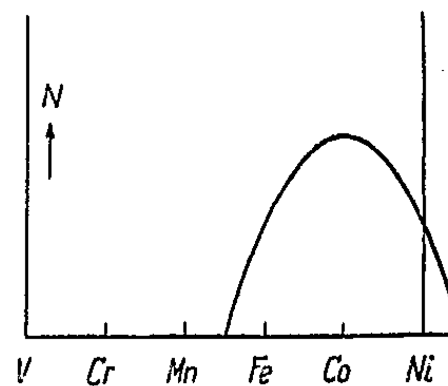


Fig. 3.

Pour les ferromagnétiques normaux par contre, l'A. i. vers $4s^2$ se fait à partir de deux paires d'électrons $3d$, elle se fait donc vers $4p$ (avec la possibilité de créer par des interactions un champ moléculaire positif) à partir des nombres de paires qui dépassent le nombre deux. Le nombre des interactions N sera donc donné par

$$N = \text{const.} (n'' - 2) n' \quad (\textit{fig. } 2). \tag{2}$$

Le manganèse métallique en effet n'est pas ferromagnétique, tandis que le fer possède un fort champ moléculaire.

Les métaux et alliages du cube à faces centrées (Co-$\gamma$, Ni, Fe-Ni-$\gamma$, Co-Ni-$\gamma$) possèdent encore une activation permanente d'un demi-électron en moyenne. La parabole est donc déplacée d'une demi-unité vers la droite (voir *fig.* 3). Le

cobalt avec son point de Curie le plus élevé est en effet situé au sommet de cette parabole.

Remarquons qu'il faut encore tenir compte d'un petit terme de second ordre; en effet par l'A. i. même le nombre moyen d'électrons solitaires augmente, le point figuratif se déplace donc pour les ferromagnétiques légèrement à gauche sur les courbes des figures 1, 2 et 3.

Comme nous avons déjà dit, le nombre d'interactions est limité par le nombre d'atomes à bonne distance, de sorte qu'une vérification quantitative de notre hypothèse n'est pas possible. Toutefois l'apparition du ferromagnétisme est bien confinée dans les régions indiquées par les équations (1) et (2).

L'activation intermittente est donc en premier lieu un effet interne de l'atome, dépendant du nombre atomique. Il est probable qu'elle exerce par les interactions un effet appréciable sur la distribution spatiale des atomes voisins, par conséquent sur le choix du réseau cristallin. Inversement, elle peut être modifiée de son côté par le réseau qui dépend aussi d'autres facteurs.

Il est intéressaant de constater que le moment magnétique atomique n'intervient ainsi que d'une façon très indirecte dans la production du champ moléculaire positif.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les ondes guidées par des circuits hélicoïdaux.* Note de M. **Élie Roubine**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans des Notes antérieures [1] nous avons étudié le champ créé par un fil enroulé en hélice, en tout point de l'axe de cette hélice, lorsque le fil est le siège d'une onde progressive de courant. Les applications actuelles des circuits hélicoïdaux (ligne à retard continue, tube à ondes progressives, antenne en hélice, etc.) justifient l'examen de modèles plus généraux. Envisageons le circuit limité par la surface obtenue en imprimant à un certain profil un mouvement hélicoïdal d'axe $Oz$ et de pas réduit $h$. Supposons qu'une onde électromagnétique se propage parallèlement à $Oz$ en respectant la symétrie du circuit. En coordonnées semi-polaires $r$, $\theta$, $z$, chacune des composantes du champ peut être écrite sous la forme : $e^{-j\beta z}f(r, z/h-\theta)$. La fonction $f$ étant uniforme par rapport à la variable $\theta$ admet nécessairement la période $2\pi$. Il est donc naturel de la développer en série de Fourier par rapport à la variable $z/h-\theta$, invariante dans le déplacement hélicoïdal défini plus haut. On écrira ainsi :

$$E_r = e^{-j\beta z}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n(r)\, e^{jn\left(\frac{z}{h}-\theta\right)}.$$

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1101; **232**, 1951, p. 221.

De même pour les autres composantes : $E_\theta$, $E_z$, $H_r$, $H_\theta$, $H_z$, en remplaçant $a_n$ respectivement par $b_n$, $c_n$, $L_n$, $M_n$, $N_n$. Supposant que la convergence des séries de Fourier permette de dériver deux fois, on peut satisfaire aux équations de Maxwell au moyen des expressions suivantes dans lesquelles entrent seulement quatre séries de constantes $A_n$, $B_n$, $C_n$, $D_n$.

$$(1)\quad \begin{cases} a_n(r) = A_n I_{n-1} + B_n I_{n+1} + C_n K_{n-1} + D_n K_{n+1}, \\ b_n(r) = -j(A_n I_{n-1} - B_n I_{n+1} + C_n K_{n-1} - D_{n-1} K_{n+1}), \\ c_n(r) = j\dfrac{\gamma_n}{\dfrac{n}{h} - \beta}[(A_n + B_n) I_n - (C_n + D_n) K_n]. \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} L_n(r) = \dfrac{1}{j\omega\mu\left(\dfrac{n}{h} - \beta\right)} \Bigg\{ A_n\left[\left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) I_{n-1} + \dfrac{\gamma_n^2}{2} I_{n+1}\right] \\ \qquad - B_n\left[\dfrac{\gamma_n^2}{2} I_{n-1} + \left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) I_{n+1}\right] \\ \qquad + C_n\left[\left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) K_{n-1} + \dfrac{\gamma_n^2}{2} K_{n+1}\right] \\ \qquad - D_n\left[\dfrac{\gamma_n^2}{2} K_{n-1} + \left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) K_{n+1}\right]\Bigg\}, \\ M_n(r) = -\dfrac{1}{\omega\mu\left(\dfrac{n}{h} - \beta\right)} \Bigg\{ A_n\left[\left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) I_{n-1} - \dfrac{\gamma_n^2}{2} I_{n+1}\right] \\ \qquad - B_n\left[\dfrac{\gamma_n^2}{2} I_{n-1} - \left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) I_{n+1}\right] \\ \qquad + C_n\left[\left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) K_{n-1} - \dfrac{\gamma_n^2}{2} K_{n+1}\right] \\ \qquad + D_n\left[\dfrac{\gamma_n^2}{2} K_{n-1} - \left(\dfrac{\gamma_n^2}{2} + k^2\right) K_{n+1}\right]\Bigg\}, \\ N_n(r) = \dfrac{\gamma_n}{\omega\mu}[(A_n - B_n) I_n - (C_n - D_n) K_n]. \end{cases}$$

où $I_n$, $K_n$, ... sont les fonctions de Bessel modifiées de la variable $\gamma_n r$ avec

$$\gamma_n^2 = \left(\frac{n}{h} - \beta\right)^2 - k^2 \qquad \left(k = \frac{2\pi}{\lambda}\right)$$

*Remarque.* — Introduisant le symbole $i = \pm j$ [2], on peut former la combinaison

$$E_r + iE_\theta = F(r, \theta, z) = e^{-j\beta z}\Phi(r, u),$$

où $u = (z/h) - \theta$. La fonction F satisfait alors à l'équation de propagation :

$$(3)\qquad \Delta F + \frac{2i}{r^2}\frac{\partial F}{\partial \theta} + \left(k^2 - \frac{1}{r^2}\right) F = 0$$

---

[2] BATEMAN, *Electrical and Optical Wave Motion* (Cambridge, 1915), Ch. I.

tandis que la composante $E_z$ satisfait à l'équation ordinaire des ondes

$$\Delta E_z + k^2 E_z = 0.$$

La fonction $\Phi$ est solution d'une équation de la forme

$$(4)\qquad \frac{\partial^2\Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial\Phi}{\partial r} + \left(\frac{1}{r^2} + \frac{1}{h^2}\right)\frac{\partial^2\Phi}{\partial u^2} - 2\left(\frac{i}{r^2} + j\frac{\beta}{h}\right)\frac{\partial\Phi}{\partial u} + \left(k^2 - \beta^2 - \frac{1}{r^2}\right)\Phi = 0$$

qui est à l'équation de Goldstein (3) ce que l'équation des ondes est à l'équation de Laplace.

La détermination des coefficients $A_n$, ..., $D_n$ est lié à l'examen des conditions aux limites du problème. Les réalisations pratiques suggèrent de distinguer trois types de problèmes :

*a*. Problème « coaxial » (Ex. : ligne à retard continue) où l'on utilise les expressions générales (1) et (2) des solutions.

*b*. Problème « intérieur » (Ex. : guide circulaire cannelé intérieurement en hélice). La régularité de la solution sur l'axe $Oz$ impose de prendre : $C_n = D_n = 0$. Corrélativement on prendra : $A_n = B_n = 0$ dans l'étude d'un problème extérieur.

*c*. Problème « mixte » (Ex. : fil enroulé en hélice). Ce problème peut être abordé en essayant de raccorder des solutions intérieure et extérieure à travers la surface d'un certain cylindre.

SPECTROSCOPIE. — *Les perturbations dans le domaine d'absorption infrarouge.* Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les fréquences de vibration peuvent être perturbées sous l'action de phénomènes d'influence intra ou intermoléculaire, ou par suite d'association intra ou intermoléculaire, donnant lieu, dans certains cas, au phénomène de liaison hydrogène.

Un vibrateur formé de deux atomes A et B, liés par une force de rappel définie par une constante de force $k_0$, peut subir une perturbation due à l'action des molécules voisines (phénomène d'influence intermoléculaire), ou à l'action de liaisons appartenant à la même molécule que le vibrateur AB (phénomène d'influence intermoléculaire).

Cette perturbation peut être due à un effet de dispersion, à un effet dipolaire, à un effet d'induction, etc. (1), dans tous les cas la nature de la force agissant entre les deux atomes A et B n'est pas modifiée, seule sa valeur varie, ce qui entraîne un déplacement de la bande d'absorption infrarouge caractéristique du vibrateur AB vers les grandes ou les basses fréquences.

(3) Goldstein, *Proc. Royal Soc. of London*, **123**, 1929.

(1) R. Freymann, *Spectre infrarouge*, C. N. R. S., 1947.

Donnons l'exemple des bandes (CH), dont les positions sont les suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carbures saturés....... | 2905 $cm^{-1}$ | Pentachloréthane..... | 2985 $cm^{-1}$ |
| Chloroforme.......... | 3019 $cm^{-1}$ | Éthylénique.......... | 3030 $cm^{-1}$ |
| Acétylénique.......... | 3330 $cm^{-1}$ | | |

Ces déplacements sont particulièrement caractéristiques pour les dérivés monosubstitués du benzène, la bande (CH) aromatique se déplace vers les fréquences élevées si le substituant est électronégatif (Cl, Br, I, $NO^2$) et vers les basses fréquences, si le substituant est au contraire électropositif ($CH^3$, $NH^2$).

Il y a phénomène d'association, si le vibrateur AB est perturbé par suite de la formation d'une liaison plus ou moins forte entre l'atome B et un nouvel atome C appartenant à une molécule voisine (association intermoléculaire) ou à un atome C appartenant à la même molécule que le vibrateur AB (association intramoléculaire). On peut interpréter ce type de perturbation, du point de vue de la mécanique rationnelle : la liaison AB est complètement modifiée et remplacée par un vibrateur A—B...C, ce vibrateur est défini par les constantes de force $k$ relative à la liaison A—B et la constante $g$ relative à la liaison B...C.

Si l'on désigne par M la masse atomique des deux atomes A et C, et $m$ la masse de B, la fréquence correspondant à ce vibrateur est

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(M+m)(k+g)}{Mm}}.$$

Dans le cas de l'oscillateur AB, la fréquence correspondante est

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(M+m)k_0}{Mm}}.$$

L'expérience montre que $\nu$ est toujours plus petit que $\nu_0$, il doit en résulter que $k < k_0$ et $g < k_0 - k$.

Le phénomène d'association moléculaire est de plus caractérisé par l'existence d'une bande très large (cas de la bande d'association OH). Si l'association est du type intermoléculaire, l'augmentation de la dilution dans un solvant neutre, ou l'augmentation de température, a pour effet de rompre statistiquement de plus en plus de liaisons B..C, entraînant la disparition de la bande associée correspondante; le déplacement de la bande associée par rapport à la bande correspondant au vibrateur AB libre est proportionnel à l'énergie de la liaison (²).

Dans le cas où l'association est du type intramoléculaire, la liaison B..C peut être suffisamment forte, de sorte que la bande d'association subsiste même

(²) BADGER et BAUER, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 839.

aux très fortes dilutions, ou si le composé est à l'état de vapeur; ce cas particulier du phénomène d'association moléculaire constitue le phénomène de chélation ou liaison hydrogène.

C'est ainsi que l'hydrate de chloral existe sous la forme chélatée, ce qui explique la grande stabilité de ce corps; l'hydrate de bromal plus instable possède une bande OH non associé pour les fortes dilutions.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la largeur de fente sur la détermination spectrométrique des bandes d'absorption*. Note de M. **Gilbert Amat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au lieu de déterminer l'intensité d'une bande d'absorption au moyen d'une extrapolation à largeur de fente nulle, suivie d'une intégration par rapport à la fréquence, il peut être préférable de mesurer directement l'absorption totale en utilisant des fentes relativement larges.

La détermination spectrométrique des coefficients d'absorption nécessite une correction pour tenir compte de la largeur finie des fentes du spectrographe. Qu'elle soit effectuée graphiquement ou par le calcul, cette correction consiste en une extrapolation (pour des fentes de largeur nulle) de la réponse du spectrographe pour des largeurs de fente finies, extrapolation qui a pour résultat d'éliminer les effets d'intégration accidentelle par rapport à la fréquence, introduits par des fentes de largeur finie.

Ensuite, si l'on convient de mesurer par une aire, et non par l'ordonnée d'un maximum, l'intensité d'une bande d'absorption, on est amené à effectuer une intégration systématique du coefficient d'absorption par rapport à la fréquence.

Au lieu de procéder comme il vient d'être dit, il peut être, dans certains cas, plus avantageux de mesurer directement l'absorption totale en utilisant des fentes relativement larges (de telle sorte que l'une au moins des fentes ait une largeur correspondant à un domaine spectral plus étendu que celui occupé par la bande d'absorption).

Nous représenterons la réponse du spectrographe respectivement par les fonctions de la fréquence $I(\nu)$, $J(\nu)$, $E(\nu)$, suivant que les largeurs de fentes seront supposées infiniment petites pour l'entrée et la sortie [réponse théorique $I(\nu)$], finie pour l'entrée et infiniment petite pour la sortie [$J(\nu)$], finies pour l'entrée et pour la sortie [réponse expérimentale $E(\nu)$]. La loi de variation $I(\nu)$ tient compte de la courbe d'émission de la source, de la transmission de l'atmosphère et de l'optique du spectrographe, y compris le système dispersif et la cuve d'absorption, et de la courbe de réponse du récepteur.

Les indices $o$ et $a$ seront respectivement relatifs à l'énergie transmise en l'absence de la substance absorbante étudiée et à l'énergie absorbée par la

substance étudiée, l'indice *m* sera relatif au maximum de l'absorption. Enfin, nous poserons

$$I_a = K I_o,$$

nous supposerons que la courbe représentant les variations de K en fonction de la fréquence est symétrique, et nous désignerons par *d* l'amplitude du domaine spectral à l'intérieur duquel l'absorption a une valeur mesurable, *d* étant exprimé avec la même unité que les largeurs $f_1$ et $f_2$ des fentes d'entrée et de sortie.

Dans un domaine où la loi de variation de $I_o$ avec la fréquence peut être considérée comme linéaire, on montre aisément :

1° que la courbe représentative de $J_a(\nu)$ admet, si $f_1 > d$, un palier horizontal ayant pour ordonnée

$$J_{am} = I_{om} \int_{\nu_m - \frac{d}{2}}^{\nu_m + \frac{d}{2}} K \, d\nu;$$

2° que la courbe représentative de $E_a(\nu)$ présente, si $f_1 = f_2 > d$, deux portions rectilignes obliques symétriques par rapport à la direction des axes de coordonnées, le point d'intersection de leurs prolongements ayant pour ordonnée

$$E'_{am} = f I_{om} \int_{\nu_m - \frac{d}{2}}^{\nu_m + \frac{d}{2}} K \, d\nu$$

Or

$$E_{om} = I_{om} f^2,$$

d'où

$$\int_{\nu_m - \frac{d}{2}}^{\nu_m + \frac{d}{2}} K \, d\nu = \frac{E'_{am}}{E_{om}} f = A,$$

A représente l'énergie totale absorbée par la substance étudiée dans la bande considérée, pour une énergie $I_o$ constante et égale à l'unité.

Si donc on mesure $E'_{am}$ et $E_{om}$ pour des valeurs croissantes de la largeur $f$ des fentes, l'expression $(E'_{am}/E_{om}) f$ sera constante à partir d'une certaine valeur de $f$ et cette valeur constante A peut être utilisée pour mesurer l'absorption totale relative à la bande. Cette méthode sera valable si la bande étudiée est nettement séparée et suffisamment étroite par rapport aux largeurs de fentes réalisables, et si les variations de $I_o(\nu)$ peuvent être considérées comme linéaires dans le domaine utilisé.

La méthode a été employée afin de déterminer l'absorption infrarouge relative à la première harmonique de vibration (CH) du chloroforme. Les

mesures ont été effectuées sur un spectrographe Beckmann, en utilisant plusieurs largeurs de fente, comprises entre 0,05 et 1 mm. Le gain de l'amplificateur était modifié de façon à obtenir dans les différentes mesures, une élongation constante de l'enregistreur. Nous avons ainsi vérifié :

1° que l'expression $(E'_{am}/E_{om})f$ est constante pour des valeurs de la largeur de fente supérieures à une certaine valeur $f_0$;

2° que $f_0$ est du même ordre de grandeur que $d$ déterminé avec des fentes fines.

SPECTROSCOPIE. — *Étude expérimentale de la perturbation des raies* D *du sodium par l'azote et l'argon comprimés jusqu'à* 1000 kg : cm². Note (*) de MM. **Stéphane Robin**, **Jean Robin** et **Boris Vodar**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Il nous a semblé utile de poursuivre à haute pression les mesures déjà faites sur l'atome de sodium jusqu'à 17 atm (¹). L'appareillage utilisé pour la compression a été déjà décrit (²). Le sodium purifié est introduit dans une cuve en verre (longue de 4 cm environ) par distillation dans le vide; cette cuve est placée dans la bombe et communique avec le gaz comprimé par un long tube capillaire destiné à éviter la sortie de la vapeur métallique. Les deux raies D fusionnent vers 40 atm en une bande dont nous avons mesuré le déplacement et l'élargissement jusqu'à 1000 atm. La figure 1 représente le déplacement du maximum de cette bande en fonc-

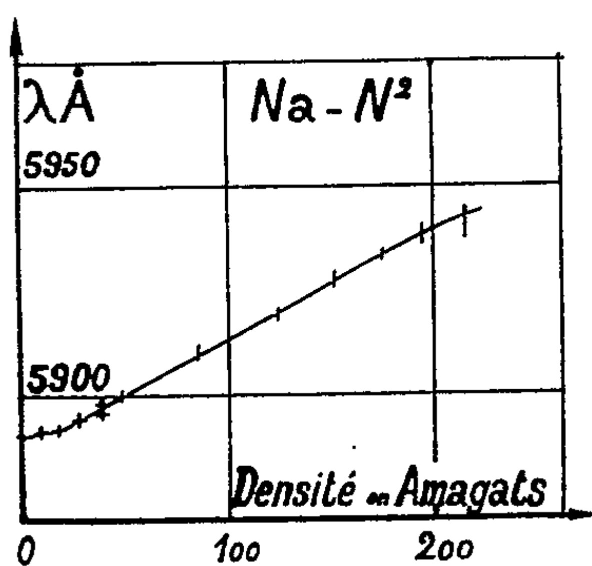


Fig. 1.

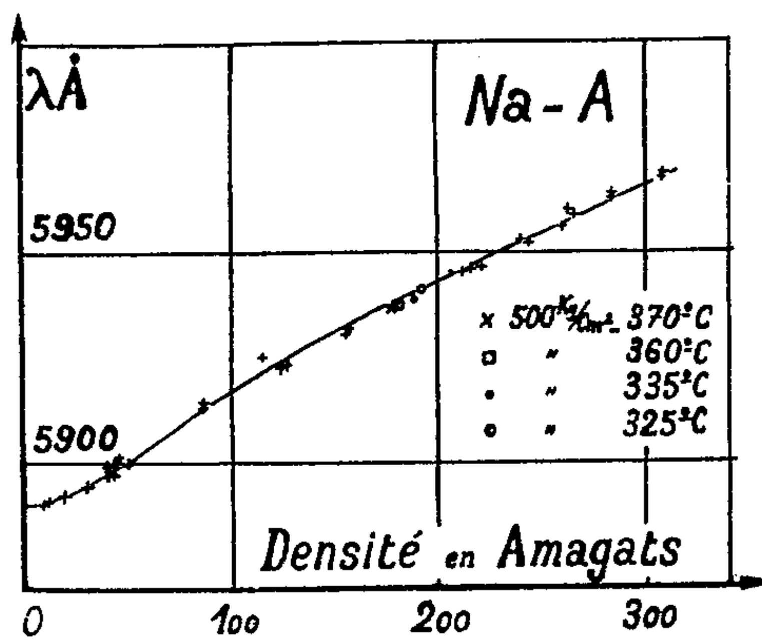


Fig. 2.

tion de la densité relative de l'azote; pour prolonger la courbe au-dessous de 40 atm, nous avons supposé que le maximum d'intensité de la bande

(*) Séance du 30 avril 1951.

(¹) H. Margenau et W. Watson, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 92.

(²) B. Vodar et S. Robin, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 996.

correspondait à celui de la raie la plus intense. Avec l'argon, nous avons également mesuré le déplacement (*fig.* 2) et tracé une cinquantaine de profils de cette bande à diverses températures et pressions en mesurant la densité optique de 10 en 10 Å environ; la figure 3 représente quelques-uns de ces profils. La figure 4 donne la demi-largeur de la bande en fonction de la densité relative de l'argon. Celle-ci ne semble pas avoir été mesurée aux températures et pressions de l'expérience; nous l'avons calculée au moyen de l'équation de Beattie et Bridgeman ([3]).

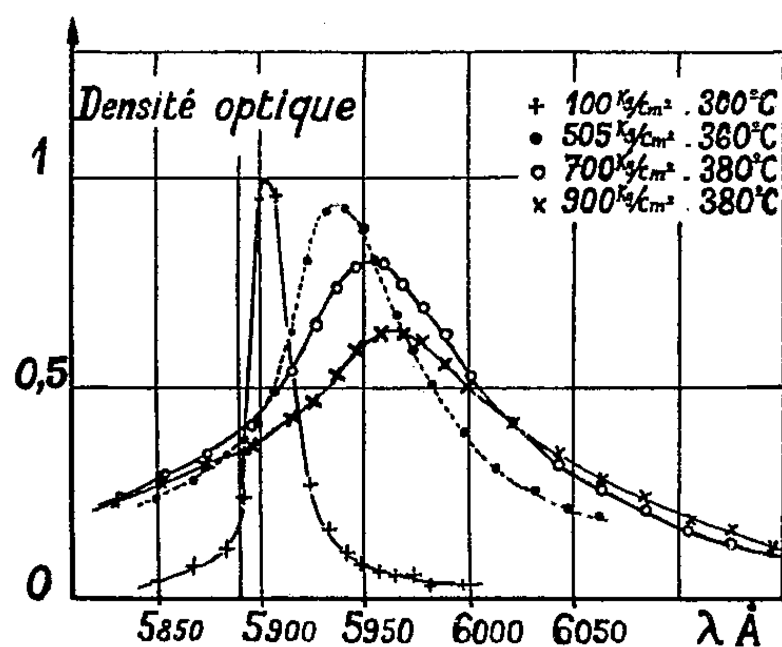



Fig. 3.

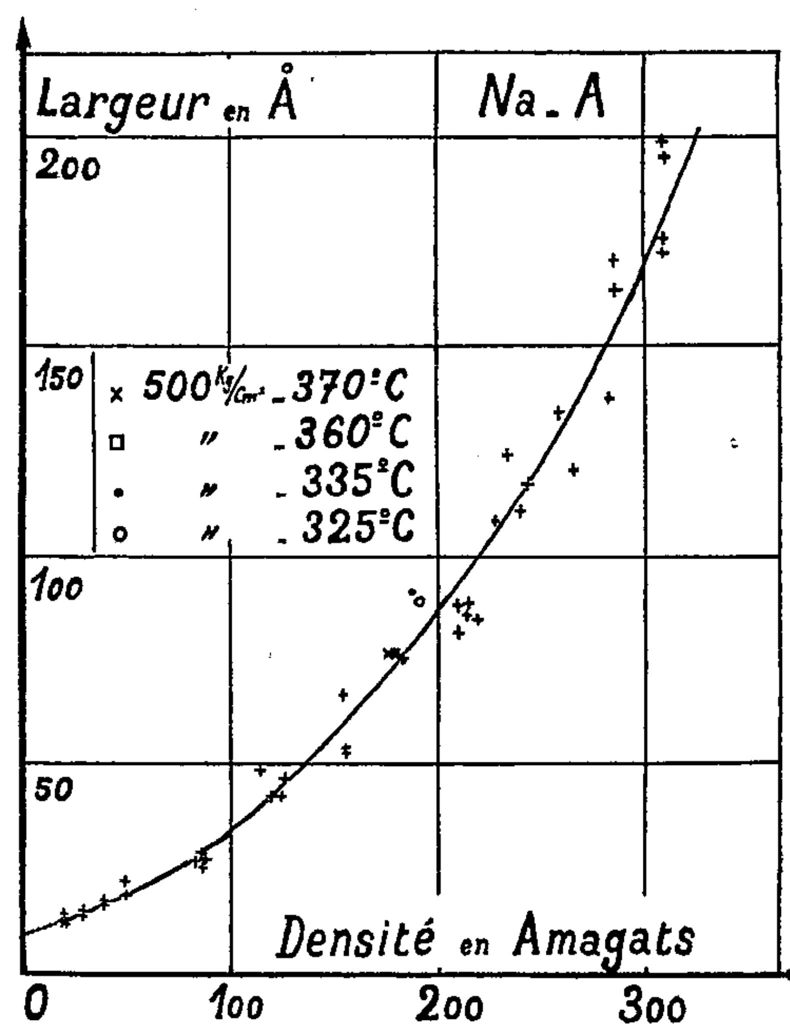



Fig. 4.

Pour effectuer ces mesures, nous avons admis que l'effet perturbateur de la température était négligeable ([4]) par rapport à celui de la pression et, opérant avec une cuve de longueur constante, nous avons dû faire varier la température de 250 à 450° C lorsque la pression passait de 1 à 1000 atm pour maintenir, au voisinage de 1, la densité optique du maximum de la bande. Toutefois, nous avons pu vérifier que l'effet de température est faible dans un intervalle de 50° C (*fig.* 2 et 4). Dans les conditions de l'expérience, il apparaît, du côté des courtes longueurs d'onde par rapport aux raies D, une large bande d'absorption « satellite » d'intensité faible dont le maximum est situé vers 5 565 ± 10 Å à 1000 atm et 400° C; cette bande dont l'existence, à notre connaissance, n'avait pas

([3]) J. Beattie et O. Bridgeman, *Proc. Amer. Acad. arts Sci.*, 63, 1928 p. 229.
([4]) Conformément aux mesures de Hull jusqu'à 15 atm (*Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 572).

été signalée jusqu'ici, doit être rapprochée de celles observées par Ch'en du côté des courtes longueurs d'onde de plusieurs raies de métaux alcalins.

Les courbes représentées figures 1 et 2 montrent que, pour des pressions de quelques centaines d'atmosphères, le déplacement n'est pas quadratique en fonction de la densité relative du gaz compresseur et que, d'autre part, l'élargissement n'est pas proportionnel au déplacement. D'ailleurs, cet élargissement est beaucoup moins rapide que celui prévu par la théorie de Margenau en admettant pour coefficient des forces d'attraction de Van der Waals, entre atomes d'argon et de sodium, les valeurs de Lindholm ou de Burckhardt. Il est probable que cet écart est imputable aux forces répulsives non considérées dans la théorie et dont l'importance cesse d'être négligeable pour les pressions que nous utilisons. Le fait que le déplacement du maximum est moins rapide que l'élargissement est en faveur de cette explication. En ce qui concerne les bandes satellites, Ch'en a supposé qu'elles n'apparaissent que pour les niveaux d'énergie de l'électron optique dont le rayon orbital est voisin de la distance de choc optique; cette hypothèse n'est pas valable dans notre cas et, par suite, sa validité est mise en doute par l'existence de notre bande vers 5 565 Å. Par contre, cette bande pourrait être due à des transitions dans la région répulsive des courbes d'énergie potentielle des molécules de Van der Waals Na-A selon Kuhn, Oldenberg et Preston.

ELECTROCHIMIE. — *Surtension dans le système oxydo-réducteur cérium (céreux)-cérium (cérique).* Note de M. **Eugène Lewartowicz**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'application de la théorie de la surtension de R. Audubert à l'équilibre $Ce^{+3} \rightleftharpoons Ce^{+4} + \theta$ permet de déterminer les valeurs correspondantes des coefficients de transfert et des énergies d'activation. On met en évidence les avantages de l'utilisation d'une électrode réversible d'oxydo-réduction comme électrode de référence.

Après les équilibres ferreux-ferrique (1) et quinone-hydroquinone (2), le système céreux-cérique constitue un troisième exemple de l'application de la théorie de R. Audubert (3) aux mélanges oxydo-réducteurs.

Les solutions de nitrate céreux et de sulfate céri-ammoniacal sont préparées dans $SO_4H_2$ 1 N, la concentration totale en cérium étant toujours égale à 0,01 N. Le potentiel de l'électrode étudiée (platine poli) est déterminé soit par rapport à une électrode à calomel saturée, gardée à une température constante de 18°C, soit par rapport à une électrode de platine non polarisée se

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 362 et 1326.
(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1173.
(3) *Journ. Phys. Rad.*, 8e série, **3**, 1942, p. 81-89.

trouvant dans la même solution et à la même température que l'électrode étudiée (électrode réversible $Ce^{+3}/Ce^{+4}$). A l'aide de ce deuxième dispositif, on mesure directement la surtension à 0,01 mV près, ce qui permet d'explorer la région très voisine de l'équilibre.

Appelons V le potentiel exprimé par rapport à une électrode à calomel saturée; $\eta$ la surtension, toujours positive par définition; $I_a$ — la densité de courant anodique (cas de l'oxydation prédominante) et $I_c$ — la densité de courant cathodique (cas de la réduction prédominante). En appliquant à ces deux réactions la théorie de R. Audubert on a :

$$I_a = K(Ce^{+3})e^{-\frac{W-\alpha\mathcal{F}V}{RT}}\left[1-e^{-\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}\eta}{RT}}\right] \quad \text{et} \quad I_c = K'(Ce^{+4})e^{-\frac{W'+\beta\mathcal{F}V}{RT}}\left[1-e^{-\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}\eta}{RT}}\right].$$

Dans ces équations K, W et $\alpha$ représentent respectivement la constante cinétique, l'énergie d'activation et le coefficient de transfert pour la réaction d'oxydation de $Ce^{+3} \rightarrow Ce^{+4} + \theta$; K', W' et $\beta$ ont les mêmes significations pour la réaction inverse, $\mathcal{F}$, R et T représentent le Faraday, la constante des gaz parfaits et la température absolue.

En prenant ensuite comme système de référence une électrode réversible identique à l'électrode étudiée, on a

$$I_a = k(Ce^{+3})e^{-\frac{E-\alpha\mathcal{F}\eta}{RT}}\left[1-e^{-\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}\eta}{RT}}\right] \text{ et } I_c = k'(Ce^{+4})e^{-\frac{E'-\beta\mathcal{F}\eta}{RT}}\left[1-e^{-\frac{(\alpha+\beta)\mathcal{F}\eta}{RT}}\right].$$

Les constantes cinétiques $k$ et $k'$ et les énergies d'activation E et E' différentes de K, K', W et W' sont liées à ces dernières par les relations

$$k = K\,e^{\frac{\alpha\mathcal{F}dV_0}{RdT}},\quad k' = K'\,e^{-\frac{\beta\mathcal{F}dV_0}{RdT}},$$

$$W = E + \alpha\mathcal{F}\left(V_0 - T\frac{dV_0}{dT}\right),\quad W' = E' - \beta\mathcal{F}\left(V_0 - T\frac{dV_0}{dT}\right) \quad \text{et} \quad E = E',$$

où $V_0$ représente le potentiel d'équilibre exprimé par conséquent par rapport à une électrode à calomel saturée.

Deux séries de courbes peuvent être ainsi tracées : les unes représentant le logarithme de la densité de courant en fonction du potentiel de l'électrode; les autres, la même grandeur en fonction de la surtension. Dans le premier cas le point de départ des courbes est le potentiel d'équilibre, $V_0$; dans le deuxième cas toutes les courbes partent de l'origine des abscisses. Il est évident que les courbes exprimées en potentiel sont décalées par rapport aux autres de $V_0$ dont la valeur dépend généralement de la composition de la solution et de la température.

Pour atteindre les valeurs de différentes grandeurs définies ci-dessus on calcule en admettant que $\alpha + \beta = 1$ les valeurs du terme $1 - e^{-(\alpha+\beta)\mathcal{F}\eta/RT}$ qui représente la participation de la réaction inverse dans le courant total.

Ainsi on trouve que $\alpha$ et $\beta$ dépendent du rapport des concentrations $(Ce^{+3})/Ce^{+4})$. Dans une solution céreuse qui ne contient que des traces de

$Ce^{+4}$ on a $\alpha = 0{,}93$, $\beta = 0{,}07$; dans une solution cérique contenant 1 % de $Ce^{+3}$ $\alpha = 0{,}17$, $\beta = 0{,}83$; enfin pour un mélange où $(Ce^{+3}) = (Ce^{+4})$ $\alpha$ et $\beta$ sont voisins de 0,5. Il est à signaler, et cette remarque est valable dans les cas des systèmes précédemment étudiés, que la somme des valeurs obtenues pour $\alpha$ et $\beta$ est d'autant plus proche de l'unité, qu'elles sont déterminées pour des régions moins éloignées de l'équilibre. C'est ainsi que l'utilisation comme état de référence de l'électrode réversible $Ce^{+3}/Ce^{+4}$, qui assure une meilleure précision et permet donc de limiter les mesures à des surtentions de l'ordre de 10 mV, conduit à des sommes $\alpha + \beta$ comprises entre 0,98 et 1,02. Par contre l'emploi de l'électrode à calomel nous oblige à explorer une région allant jusqu'à 30-50 mV (4) afin d'obtenir assez de points pour pouvoir déterminer une portion apparemment rectiligne, et dans ce cas on trouve des valeurs de $\alpha + \beta$ qui descendent quelquefois jusqu'à 0,8. Ce résultat est facile à interpréter, lorsqu'on admet conformément à la théorie des fonctions « énergie potentielle-distance » que le coefficient de transfert en partant d'une valeur caractéristique à l'équilibre diminue progressivement quand le courant croît (5).

Les valeurs des énergies d'activation W et W′ obtenues à partir des courbes exprimées en potentiel varient dans de larges limites pour de différents rapports $(Ce^{+3})/(Ce^{+4})$. Les valeurs de W trouvées sont comprises entre 12 et 32 kcal, celles de W′ entre —15 et 5 kcal. Par contre les valeurs de E obtenues à partir des courbes exprimées en surtension sont sensiblement indépendantes du rapport des concentrations (environ 10 kcal). Il est donc normal de considérer cette dernière grandeur comme caractéristique du système oxydo-réducteur donné. Toutefois il faut remarquer que cette valeur peut varier du simple au double en fonction du pouvoir catalytique de l'électrode. On a constaté aussi que les valeurs de $\alpha$ et de $\beta$ dépendent légèrement de ce pouvoir catalytique dont une étude systématique est en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de quelques cétones α-pyridiniques et de leurs dérivés azotés.* Note de M^lle^ **Suzanne Bertucat**, présentée par M. Marcel Delépine.

Préparation des éthyl,-isopropyl et ter.butyl-α-pyridylcétones, ainsi que celle de leurs oximes, semicarbazones et phénylhydrazones.

En vue d'une étude spectrale (1), j'ai effectué la synthèse de quelques

(4) Il n'est pas possible à l'aide du dispositif utilisé de mesurer dans ces conditions les surtensions inférieures à 5 mV avec une précision suffisante.

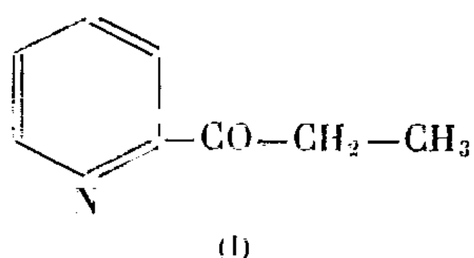
(5) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1207.

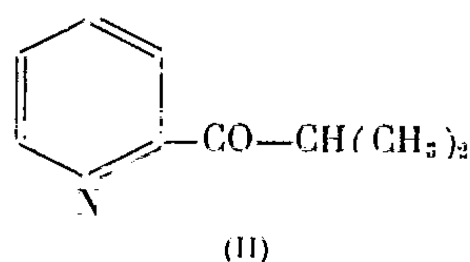
(1) M^me^ Ramart-Lucas et M^lle^ Bertucat, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 295.

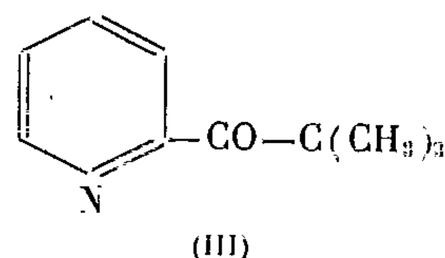
alcoyl-α-pyridylcétones et de leurs dérivés azotés : oximes, semicarbazones et phénylhydrazones.

Les alcoyl-α-pyridylcétones n'ont été l'objet que de très peu de travaux, puisque, à part quelques cétones à radical alcoyle à chaîne normale, mentionnées par Engler et Bauer, il ne semble pas que d'autres dérivés de cette série aient été décrits jusqu'à présent.

J'ai préparé l'éthyl-α-pyridylcétone (I), l'isopropyl-α-pyridylcétone (II) et la ter. butyl-α-pyridylcétone (III).




Les cétimines correspondantes à ces cétones ont été obtenues en faisant agir le réactif de Grignard sur l'α-cyanopyridine, avec des rendements variant de 40 à 50 % du premier au troisième terme. Par hydrolyse, ces cétimines se transforment facilement en cétones.

Les oximes de ces composés [dont seule celle de (I) avait été signalée] ont été préparées par action du chlorhydrate d'hydroxylamine en solution hydro-alcoolique sur les cétimines correspondantes.

La tert. butyl-α-pyridylcétoxime traitée par l'anhydride acétique a conduit (comme dans le cas de l'éthyl-α-pyridylcétoxime) au dérivé O-acétylé de cette oxime.

J'ai effectué la synthèse des semicarbazones et des phénylhydrazones de ces alcoyl-α-pyridylcétones, en traitant les cétimines respectivement par le chlorhydrate de semicarbazide et par la phénylhydrazine suivant les méthodes habituelles.

Il est à remarquer que les dérivés azotés de la tert. butyl-α-pyridylcétone se forment plus facilement que ceux de l'éthyl-α-pyridylcétone. Par contre l'isopropyl-α-pyridylcétone est beaucoup moins réactionnelle que les deux autres cétones étudiées. Ses oximes, semicarbazones et phénylhydrazones ne sont obtenues, avec un faible rendement d'ailleurs, qu'en présence d'un excès de réactif et après un chauffage prolongé.

*Données expérimentales.* — Éthyl-α-pyridylcétone-semicarbazone $C_9H_{12}ON_4$ : poudre cristalline blanche F 165° (toluène anhydre).

Isopropyl-α-pyridylcétone $C_9H_{11}ON$ : huile incolore $É_{30}$ 112°.

Isopropyl-α-pyridylcétone-oxime $C_9H_{12}ON_2$ : poudre blanche F 38-40° (éther-éther de pétrole).

Isopropyl-α-pyridylcétone-semicarbazone $C_{10}H_{14}ON_4$ : petites aiguilles blanches F 133-135° (toluène anhydre).

Isopropyl-α-pyridylcétone-phénylhydrazone $C_{15}H_{17}N_3$ : poudre cristalline jaune F 75-78° (alcool).

Tert. butyl-α-pyridylcétone $C_{10}H_{13}ON$ : huile incolore $É_{15}$ 97-98°.

Tert. butyl-α-pyridylcétone-oxime $C_{10}H_{14}ON_2$ : poudre blanche F 118-119° (eau).

Tert. butyl-α-pyridylcétone-oxime O-acétylée $C_{12}H_{16}O_2N_2$ : poudre blanche F 35° (éther de pétrole).

Tert. butyl-α-pyridylcétone-semicarbazone $C_{11}H_{16}ON_4$ : poudre blanche F 117-118° (toluène anhydre).

Tert. butyl-α-pyridylcétone-phénylhydrazone $C_{16}H_{19}N_3$ : petites aiguilles blanches F 95-96° (alcool).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les variations de concentration aux électrodes dans l'électrolyse*. Note de M^lle **Denise Rollet** et M. **Luc-Henry Collet**, transmise par M. Paul Pascal.

C'est Faraday qui découvrit qu'au cours de l'électrolyse la concentration baisse au voisinage des électrodes. Hittorf (1853) étudia systématiquement le phénomène et par un raisonnement devenu classique fut amené à définir les nombres de transport des ions. Nernst (1897), parvint d'autre part, à mesurer directement leur vitesse par la méthode des surfaces colorées; les nombres qu'il obtint différaient sensiblement des précédents. Il expliqua cet écart en montrant qu'en se déplaçant les ions entraînent un peu d'eau. De nombreux physiciens se sont depuis intéressés au problème; toujours leurs résultats se sont présentés comme des *corrections* qu'il fallait apporter à ceux d'Hittorf.

Or, au cours d'expériences d'électroosmose (1), nous avons obtenu des résultats nettement différents. Ceux-ci sont valables pour l'électrolyse : nous allons montrer que l'hydratation des ions peut compenser leur différence de vitesse et devenir en solution diluée le phénomène prépondérant.

On s'est borné à l'étude de l'acide chlorhydrique, évitant ainsi toute réaction secondaire. L'électrolyse est faite, entre électrodes de platine, dans un tube en U d'assez grosse section moyenne dont les deux branches, plus fines, constituant les compartiments anodique et cathodique, sont pourvues à leur partie inférieure de robinets permettant de prélever de la solution et de petites sondes, reliées à un électromètre, afin de vérifier que la concentration n'y varie pas au cours de l'expérience.

Pour chaque solution ($c$) on a fait varier la durée ($t$) de passage du courant ($i$), toujours maintenu constant et opéré pour différentes valeurs de celui-ci. Les concentrations dans les deux compartiments ($c_C$, $c_A$) ont été mesurées par alcalimétrie. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

(1) L.-H. Collet, *Diplôme Ét. sup.*, Paris, 1950 ou *Public. Scient. Minist. Air*, NT n° 34.

| $c$(ClH). | $i$(mA). | $c_C/c$. $t$: 1/4 h. | 1/2 h. | 1 h. | 2 h. | $c_A/c$. 1/4 h. | 1/2 h. | 1 h. | 2 h. | $p_A/p_C$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 N. | 1 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,97 | 0,96 | 0,94 | 0,94 | +1,5 |
| $10^{-1}$ N. | 1 | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,80 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,92 | +0,7 |
| $10^{-2}$ N. | 1 | – | – | 0,92 | – | – | – | 1,06 | – | |
| | 0,3 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 1,00 | 1,01 | 1,02 | 1,04 | –0,6 |
| | 0,1 | – | – | 0,98 | – | – | – | 1,01 | – | |
| $10^{-3}$ N. | 1 | 0,74 | – | 0,40 | – | 1,14 | – | 1,60 | – | |
| | 0,5 | 0,84 | 0,70 | 0,56 | 0,20 | 1,03 | 1,28 | 1,30 | 1,80 | –0,8 |
| | 0,1 | 0,94 | – | 0,90 | – | 1,02 | – | 1,06 | – | |
| $10^{-4}$ N. | 0,1 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,2 | 1,25 | 1,4 | 2,0 | 2,8 | –3,3 |

Aux concentrations élevées, nous retrouvons les résultats d'Hittorf; vers les solutions diluées, la concentration baisse toujours davantage à la cathode; à l'anode au contraire, elle baisse moins puis *augmente* et cela dans de grandes proportions; il s'agit d'une véritable séparation du solvant et du corps dissous, celui-ci se rassemblant à l'anode. Le rapport $p_A/p_C$ des pertes anodique et cathodique diminue d'abord, s'annule entre $10^{-1}$ et $10^{-2}$ N, devient négatif et augmente beaucoup en valeur absolue pour les grandes dilutions; on assiste à un *renversement complet du phénomène d'Hittorf*.

Ces deux faits exigent que l'on se fasse de l'électrolyse une nouvelle image tenant compte essentiellement de l'*hydratation des ions*. Les variations de concentration aux électrodes sont dues, d'une part à l'électrolyse proprement dite — tout revient en fait au départ d'un nombre différent de molécules d'électrolyte aux deux électrodes — d'autre part aux transports d'eau d'hydratation par les ions, celle-ci se substituant à la solution. Le volume de chaque compartiment est maintenu constant par un reflux de la solution dans son ensemble. Pour donner un schéma quantitatif du phénomène, il est nécessaire d'attribuer une certaine individualité à l'ion hydraté. Soient $n_\pm$ les nombres de molécules d'eau ainsi fixées pour chaque ion et $N_\pm$ les nombres d'ions qui franchissent par seconde la surface limitant le compartiment cathodique de volume $V_0$; $N_-$ClH y sont électrolysés et $(N_+n_+ - N_-n_-)H_2O$ d'hydratation en ont chassé $nv_0(N_+n_+ - N_-n_-)$ClH, $n$ étant la concentration (nombre de molécules par centimètre cube) et $v_0$ le volume moyen occupé par une molécule d'eau. Il en résulte au bout du temps $t$ une variation de la concentration cathodique $-(1/V_0)[N_- + nv_0(N_+n_+ - N_-n_-)]t$. Les $N_\pm$ s'expriment en fonction des mobilités $U_\pm$ par $N_\pm = \rho i n U_\pm$, $i$ étant le courant et $\rho$ la résistivité de la solution; on obtient finalement

$$p_C = \frac{\rho n i t}{V_0}[U_- + nv_0(U_+n_+ - U_-n_-)],$$

$$p_A = \frac{\rho n i t}{V_0}[U_+ - nv_0(U_+n_+ - U_-n_-)].$$

Ces formules rendent bien compte des phénomènes observés. Nous avons vérifié directement que $p_C$ et $p_A$ sont proportionnels à $t$ et que $p_A/p_C$ est indépendant de $i$. Le premier terme du crochet, prépondérant aux fortes concentrations, représente l'Électrolyse; le second est, à un facteur près, le flux d'Électroosmose. Comme il est positif pour ClH, $p_C$ est toujours positif et croît avec la dilution; au contraire $p_A$ doit s'annuler pour une certaine concentration et devenir négatif. Nous montrerons quelle contribution cette interprétation apporte à l'étude de l'hydratation des ions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et réactivité : Étude cinétique de quelques chlorures de cinnamyle substitués.* Note de M. **Henri Martin**, présentée par M. Paul Pascal.

M. Prévost et ses collaborateurs ([1]), ([2]) ont montré l'intérêt qu'il y a à étudier de très près la cinétique de l'action des chlorures tertiaires sur le nitrate d'argent. En effet, selon les conditions expérimentales, l'ordre de la réaction peut être différent pour les produits d'une même série homologue, des quantités d'eau relativement faibles peuvent modifier l'ordre, etc.

A la lumière des résultats obtenus, nous avons repris l'étude de la cinétique du chlorure de cinnamyle :

A une concentration relativement élevée et à 0°C (N/22, soit 20 cm³ d'acétone, 1 cm³ de chlorure normal dans l'acétone, 1 cm³ de nitrate d'argent dans l'eau), la réaction est du second ordre, les valeurs calculées de la constante de vitesse $k$ sont en bon accord avec l'hypothèse d'une réaction bimoléculaire ;

A une concentration plus faible (N/44, soit 42 cm³ d'acétone, 1 cm³ de chlorure normal dans l'acétone, et 1 cm³ de nitrate d'argent normal dans l'eau), il semble que l'on ait affaire au mélange de deux ordres. Aux faibles concentrations (N/100), les résultats sont plus difficilement reproductibles, les points expérimentaux s'écartent beaucoup, ce qui rend le tracé de la courbe difficile.

On peut aussi opérer dans l'alcool, en dissolvant la quantité convenable de nitrate d'argent dans l'alcool absolu, mais, contrairement à ce qui a été observé par M. Prévost, la réaction est ici plus rapide. Aux concentrations fortes (N/20), la réaction est du second ordre, mais, ici encore, l'ordre est perturbé par la dilution (concentrations N/50, N/100).

Il en résulte de grandes difficultés pour étudier la cinétique de l'action des chlorures trop rapide pour être mesurée à 0°C, température facilement réalisable. La température n'ayant pas d'influence sur l'ordre de la réaction,

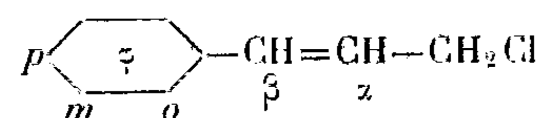
---

([1]) Ch. Prévost et Mlle Boyer, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **16**, 1949, p. 782.

([2]) Ch. Prévost et Mlle Singer, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **17**, 1950, p. 1068.

dans les limites de l'expérience, on opère alors à des températures plus basses, mais la précision est moins bonne.

Quoi qu'il en soit un classement de la réactivité des molécules est possible dans les conditions expérimentales ainsi précisées, et nous avons pu obtenir des résultats intéressants en comparant les vitesses de réaction des chlorures de cinnamyle substitués suivants :




| | $k$. |
|---|---|
| $p$–méthylcinnamyle | 0,48 |
| β–méthylcinnamyle | 0,30 |
| 2.4.6–triméthylcinnamyle | 0,27 |
| $m$–méthylcinnamyle | 0,040 |
| $o$–méthylcinnamyle | 0,030 |
| Cinnamyle | 0,026 |
| α–méthylcinnamyle | 0,010 |

constantes calculées à 0° C, le coefficient de température est égal à 3 environ (la constante $k$ est multipliée par 3 pour une élévation de température de 10° dans les limites de l'expérience).

Le classement obtenu grâce à cette réaction du second ordre est en bon accord avec les hypothèses déjà émises ([3]) : l'influence du groupe méthyle en α et en β est comparable à celle du groupe phényle, sa polarité est plus faible que celle de ce dernier, ce qui rend compte des différences observées. Les substitutions dans le noyau ont aussi une grande influence sur la réactivité, mais on explique mal pourquoi la substitution en méta produit en gros la même influence qu'en ortho, ni non plus que le chlorure trisubstitué soit moins réactif que le para. De nouvelles expériences sont en cours avec d'autres réactifs pour permettre une interprétation plus générale.

Il n'est pas impossible que la molécule conjuguée du chlorure de cinnamyle soit sensible à d'autres facteurs que la polarité, la planéité par exemple, ou que le noyau ait un comportement différent de celui de la chaîne latérale éthylénique. L'influence du méthyle en para qui est plus forte qu'en ortho montre qu'il n'y a pas de décrément de para en ortho. L'influence plus faible de la trisubstitution montre que le noyau est rapidement « saturé », l'empêchement stérique ne semblant pas intervenir ici.

([3]) H. MARTIN, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1081.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouvelles observations de groupements épitaxiques entre cristaux d'espèces différentes.* Note de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

On a pu réaliser les groupements épitaxiques nouveaux suivants : l'α-hydroquinone sur le sel gemme et sur un clivage de fluorure de lithium, l'anthraquinone sur les faces *p* (001) de brucite et de muscovite, l'anthraquinone sur une face *p* (001) de barytine.

1. A partir d'une solution d'hydroquinone dans le benzène ou le chloroforme, on obtient sur un clivage frais de NaCl des cristaux d'α-hydroquinone orientés de telle manière que leur allongement coïncide avec l'une ou l'autre diagonale de la face *p* (001) du sel gemme qui leur sert de support. C'est donc la direction [0001] de l'α-hydroquinone sénaire qui coïncide avec l'une des deux directions équivalentes [110] ou $[1\bar{1}0]$ de NaCl. Les paramètres qui ont ainsi mêmes directions dans les deux espèces sont $3 \times 5,62$ Å $= 16,86$ Å pour l'anthraquinone et $2 \times 7,94$ Å $= 15,88$ Å pour le sel gemme.

2. Le fluorure de lithium LiF cristallise dans le système cubique avec une structure du type NaCl; sa maille élémentaire peut être définie par un cube d'arête 4,02 Å. Le sel gemme possède une maille de même forme d'arête 5,63 Å. Or, on a sensiblement $5,63 \times \sqrt{2} = 2 \times 4,02$ (7,94 au lieu de 8,04). En d'autres termes, les paramètres de la rangée [110] de NaCl et de la rangée [100] de LiF sont quasi identiques.

Aussi ayant réalisé l'accolement décrit ci-dessus de l'α-hydroquinone sur un clivage de NaCl et disposant d'un monocristal de LiF, il y avait lieu d'essayer si l'α-hydroquinone ne donnait pas un dépôt orienté sur un clivage de fluorure de lithium cristallisé.

C'est bien ce qui a lieu. Comme on devait s'y attendre, les cristaux orientés d'α-hydroquinone par LiF ont leur allongement parallèle à l'une ou l'autre des deux arêtes [100] ou [010] de la face de cube *p* (001) du cristal de fluorure de lithium.

L'α-hydroquinone donne donc des cristaux orientés sur des clivages *p*(001) de NaCl et de LiF, mais les cristaux déposés sur LiF sont tournés de 45° autour de l'axe d'ordre quatre [001] perpendiculaire à la surface d'accolement *p* (001) par rapport à ceux orientés par NaCl.

De tous les halogénures alcalins essayés, seuls NaCl et LiF orientent les cristaux d'α-hydroquinone.

3. Les conditions sont identiquement les mêmes si l'on remplace la solution d'hydroquinone par une solution d'anthraquinone. Les cristaux d'anthraquinone donnent sur des clivages de NaCl et LiF deux orientations

distinctes l'une tournée par rapport à l'autre d'un angle de 45° autour de la normale au plan d'accolement.

4. Il ne faudrait pas conclure du fait que l'α-hydroquinone et l'anthraquinone donnent des dépôts orientés aussi bien sur un clivage de NaCl que de LiF que l'on doit observer également un groupement épitaxique entre NaCl et LiF. L'expérience prouve précisément que tel n'est pas le cas.

Le fluorure de lithium est très peu soluble dans l'eau et se dépose en cristaux de taille trop petite pour se prêter à des observations au microscope. Par contre, il est aisé de faire cristalliser des cubes de NaCl sur un clivage *p* (001) d'un monocristal de LiF. Les cristaux ainsi déposés de NaCl ne sont nullement orientés par LiF.

Les raisons de ce fait sont celles que j'ai indiquées pour expliquer le manque d'orientation des cristaux de NaBr se déposant au contact d'un clivage de MgO [1].

En effet, la rangée [100] de LiF porte à la fois des ions positifs et des ions négatifs, tandis que la rangée [110] de NaCl ne porte des ions que d'un seul signe.

Si donc l'épitaxie de NaCl sur LiF se produisait de manière que les rangées de mêmes paramètres dans les deux espèces ([100] de LiF et [110] de NaCl) coïncident, des ions négatifs du cristal déposé viendraient se placer là où se trouveraient des ions positifs lors de la croissance du cristal porteur. On sait que dans ces conditions l'épitaxie ne se produit pas et le cas de NaCl se déposant au contact d'un clivage de LiF en fournit un exemple de plus.

Par conséquent, si les cristaux d'une substance A donnent sur la même face $x$ de deux cristaux de nature différente B et C, mais de même type de structure, des dépôts orientés non parallèles, on ne saurait, de ce seul fait, en déduire qu'il y a nécessairement également épitaxie entre les cristaux de B et C.

5. Qu'il ne soit pas indifférent pour l'épitaxie qu'une rangée porte des ions de deux signes ou d'un signe unique seulement, cela ressort également du fait suivant.

Willems [2] signale que les cristaux d'acide succinique obtenus à partir d'une solution dans l'acétate d'amyle sont orientés par un clivage de NaCl de telle manière que leur allongement est parallèle à l'une ou l'autre arête ([100] ou [010]) de la face *p* (001) du cube.

Or, bien que la rangée [110] de la face *p* (001) d'un cube de LiF ait sensiblement le même paramètre que la rangée [100] de NaCl, les cristaux

---

(1) *Bull. Soc. franç. Minér.*, 51, 1928, p. 112.

(2) *Die Naturwissenschaften*, 25-26, 1943, p. 301.

d'acide succinique se déposent d'une manière quelconque sur un clivage de LiF.

Il ne suffit donc pas, pour qu'il y ait épitaxie de cristaux d'acide succinique sur un cristal d'halogénure alcalin qu'un paramètre soit commun aux deux cristaux, mais il faut, en outre, que la rangée de l'halogénure alcalin qui possède ce paramètre porte vraisemblablement des ions de deux signes.

6. Pour terminer ces expériences avec l'anthraquinone, je signalerai que les cristaux de cette substance s'orientent sur des clivages de mica muscovite et de brucite de telle manière que leur allongement est parallèle à une des branches de la figure de choc, d'où trois positions différentes à 120° les unes des autres.

Les cristaux d'anthraquinone s'orientent également sur une face *p* (001) de barytine; leur allongement coïncide le plus souvent avec la rangée [010] de la barytine. Mais dans quelques cas, j'ai observé, en outre, une seconde orientation à angle droit de la précédente où l'allongement du cristal d'anthraquinone a même direction que la rangée [100] de la barytine.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur l'âge relatif et la nature des accidents tectoniques du champ de fractures de Guebwiller.* Note (*) de M. **Nicolas Theobald**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les levers détaillés au 1/20 000° de l'ensemble du champ de fractures de Guebwiller, récemment effectués, permettent de faire quelques observations générales sur la tectonique de cette région. Le champ de fractures de Guebwiller situé sur le rebord Est des Vosges s'étend, en latitude, des abords Sud de Jungholz jusqu'au Nord de Husseren-les-Châteaux. Il est limité contre le massif primaire des Vosges par un important accident tectonique, la faille vosgienne dont le rejet minima dépasse 800 m à la hauteur de Winzfelden où le Lias moyen est affaissé contre le granite.

Le tracé de la faille vosgienne oscille entre une direction voisine du méridien et celle du Nord-Nord-Est, rarement Nord-Est. La faille est soulignée par places par une importante brèche de faille fortement minéralisée, inclinée entre 60 et 80° vers l'Est ou l'Est-Sud-Est.

Une autre faille importante, de direction subméridienne, limite entre Husseren, Pfaffenheim et Guebwiller les collines gréseuses couvertes de bois de l'Ouest et les collines à soubassement bajocien ou tertiaire du vignoble de l'Est. Son rôle morphologique est très apparent dans le paysage. A Husseren-les-Châteaux elle porte les séries marneuses du Muschelkalk

(*) Séance du 23 avril 1951.

contre le granite; son rejet est de 450 m environ. A Gueberschwihr, elle porte la grande oolithe contre le grès vosgien, son rejet qui est probablement la sommation de plusieurs failles est de l'ordre de 550 m environ. Cette faille passe dans le domaine du sanatorium de Marbach, je la désignerai sous le nom de faille de Marbach.

Enfin, la faille rhénane, de direction subméridienne, passe plus à l'Est, entre le vignoble et le fossé rhénan.

Le champ de fractures de Guebwiller comprend donc deux éléments différents, le champ de fractures de Winzfelden à l'Ouest, le palier de Pfaffenheim à l'Est, séparés par la faille de Marbach. Ces deux éléments jouissent d'une certaine indépendance tectonique.

Le champ de fractures de Winzfelden est découpé en compartiments monoclinaux par de nombreuses failles oscillant les unes autour de la direction rhénane ou subméridienne, les autres des directions SW-NE ou NW-SE. Les failles SW-NE jouent un rôle secondaire dans le morcellement des compartiments en blocs monoclinaux. Les failles de direction NW-SE jouent un rôle très important dans l'alignement de certains compartiments, tels ceux déterminant les reliefs du Schimberg-Oberlinger, du Grand et Petit Pfingstberg, et encore du Zinnköpfle. Les failles subméridiennes déterminent les grandes lignes structurales, la plus apparente étant la dépression liasique de Winzfelden.

La structure du palier de Pfaffenheim est difficile à préciser à cause de la couverture de loess et des dépôts de piedmont. Mais la tectonique rhénane domine nettement, les accidents secondaires étant sensiblement transversaux à la direction rhénane.

Aucun accident tectonique important ne passe du champ de fractures de Wintzenheim au palier de Pfaffenheim ou encore au massif primaire. Il y a donc une certaine *indépendance tectonique selon les directions rhénanes.*

*Age des accidents.* — La succession chronologique des faits tectoniques est difficile à établir. Au surplus, les failles étant toutes des failles verticales (60 à 90°), leur décrochement est, de ce fait, peu apparent. Le rejet des failles subméridiennes dominant nettement celui des autres, elles paraissent les recouper dans la plupart des cas.

Pourtant, dans quelques cas, j'ai pu constater d'une façon certaine que *les failles de direction rhénane sont plus récentes que les failles transversales SW-NE.* Tel est notamment le cas de la faille vosgienne et de la faille de Marbach.

Au Nord de Truchsess la faille vosgienne est soulignée par une puissante brèche de faille s'étendant de la cote 566 en direction Nord-Est; d'une épaisseur de 5-6 m, elle accuse un pendage de 70° vers le Sud-Est. A la cote 591, à 250 m au Nord-Ouest de la ferme Vordermarbacherwald, une autre brèche de faille de direction SSW-NNE est bien visible. Elle butte

contre la précédente et s'y arrête. La faille vosgienne apparaît donc comme ayant rejoué la dernière. A 200 m à l'Ouest de l'église de Husseren-les-Châteaux, la faille de Marbach, de direction N 10° W est soulignée par une brèche de faille, épaisse de 3-4 m, à pendage de 60° vers l'Est-Nord-Est, adossée contre le conglomérat principal du compartiment relevé. Contre elle butte une autre brèche de faille plongeant de 70° vers le Sud-Est, jalonnant une faille NE-SW séparant le compartiment précédent du granite formant le soubassement de la colline des trois châteaux. La faille de Marbach est indubitablement plus récente que la faille transversale SW-NE.

L'érosion n'a d'ailleurs décapé la lèvre supérieure que dans une proportion infime. Aussi doit-on admettre que la faille de Marbach a été active à une époque très récente.

*Nature des mouvements tectoniques.* — Il est important de noter que la brèche de faille soulignant la faille de Marbach à l'Ouest de Husseren montre un superbe miroir de failles à stries verticales. Je n'ai d'ailleurs observé nulle part de stries autres que verticales. Et *je ne connais aucun fait obligeant de faire appel à des forces autres que verticales pour expliquer la structure tectonique du champ de fractures.*

GÉOLOGIE. — *L'Éocène inférieur sur le versant Nord de l'anticlinal de Villagrains-Landiras (Gironde).* Note de M. **Michel Vigneaux**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'Éocène inférieur dans la région de Bordeaux est connu depuis longtemps, grâce aux travaux de nombreux auteurs, parmi lesquels nous citerons : Linder, Vasseur, Benoist, H. Douvillé, et, plus près de nous, A. Fabre. Mais au fur et à mesure que l'on s'éloigne du synclinal girondin, les observations, faute de sondages profonds, se font plus rares, et c'est ainsi que, dans la région limitrophe de l'accident anticlinal de Villagrains-Landiras à noyau crétacé, on ne possède que très peu de renseignements sur la puissance, les faciès et la faune de la formation qui nous intéresse ici.

Les seuls faits connus à l'heure actuelle sont les suivants :

1° Le forage du château Vigneau, à Bommes, situé sur la terminaison périclinale Est de l'accident, a traversé 41 m de sables, constituant la masse principale de l'Eocène inférieur, qui repose sur un conglomérat et une argile noirâtre, ces derniers superposés aux calcaires du Maëstrichtien.

2° A Landiras, P. Lubet [1] a signalé récemment, à l'affleurement, des calcaires à Alvéolines et Orthophragmines, situés directement sur le Maëstrichtien, sans qu'il soit possible de donner une indication d'épais-

(1) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1948, p. 309-311.

seur. Or, tout dernièrement, un sondage implanté dans le bourg de Cabanac, au Nord-Nord-Ouest de Villagrains, a rencontré à la profondeur de 82 m, un calcaire marneux à passages sableux, bleu-grisâtre et glauconieux, possédant une puissance totale de 51 m. Cette couche comporte plusieurs niveaux argileux d'épaisseur variable (l'un d'eux a été traversé sur 21 m de puissance). La faune, quel que soit le faciès (calcaire ou argileux), renferme les mêmes éléments, représentés par un grand nombre d'exemplaires. Ce sont surtout des Foraminifères, parmi lesquels nous avons reconnu des Orthophragmines : *O. Archiaci*, *O. scalaris*, des Assilines : *A. granulosa*, *A. Leymeriei*, des Nummulites : *N. Lucasi*, *N. globulus*, etc. Par contre aucune Alvéoline n'a été rencontrée. Cette faune ainsi définie caractérise bien l'Éocène inférieur; elle est comparable à celle rencontrée dans les gisements de Gan dans le Béarn et permet de rattacher les calcaires à Nummulites du sondage à la partie supérieure du Thanetien et au début du Cuisien. C'est, d'après Fabre ([2]), le niveau moyen de l'Éocène inférieur. Or 4 km seulement séparent Cabanac de Villagrains. Cette proximité de l'anticlinal devrait avoir, pour conséquence immédiate, une épaisseur de sédiments éocènes au plus égale à celle rencontrée dans le forage du chateau Vigneau, c'est-à-dire 41 m. Il n'en est rien, la formation étudiée ayant été traversée sur 51 m. Nous en conclurons que l'accident de Villagrains, s'il est allongé suivant son axe, comme l'admettent la plupart des auteurs, s'étend fort peu en largeur, ce qui explique la faible extension des affleurements crétacés. Il n'en reste pas moins vrai que cet anticlinal a exercé une influence directe sur la répartition des mers, depuis le Crétacé, date de sa formation, jusqu'au Quaternaire récent, date de sa stabilisation finale.

PHYSIOLOGIE. — *L'absorption du calcium chez le Rat adulte.* II. *Influence de la durée d'action du régime.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

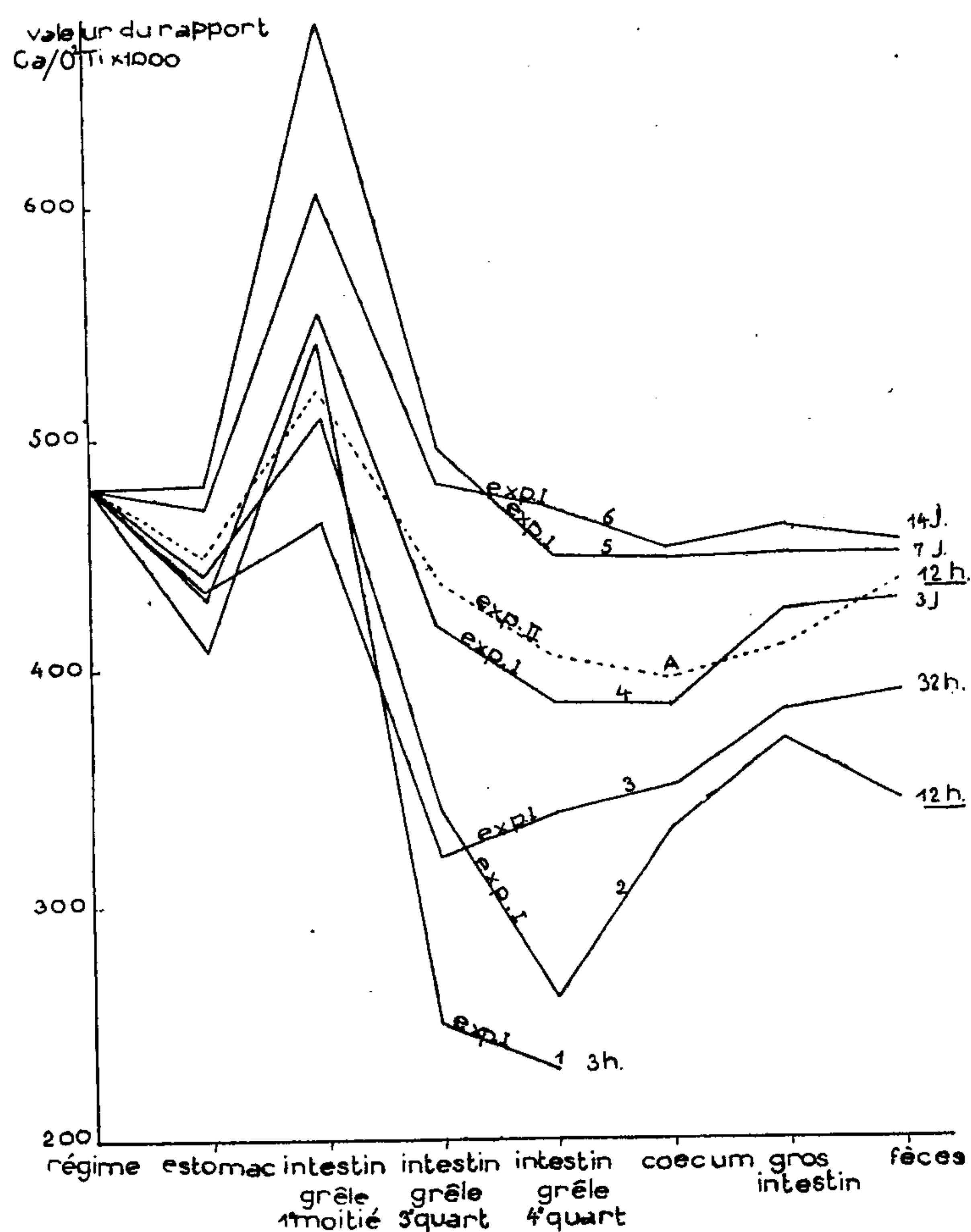
Nous avons consacré, tout récemment, une étude aux variations du taux de l'absorption intestinale du Ca en fonction de la teneur du régime en cet élément ([1]). A la comparaison des résultats obtenus au cours de ce travail, il nous a semblé que la durée d'action du régime avait sur le taux de l'absorption intestinale une influence plus grande que celle de la dose de Ca ingéré. Nous avons voulu savoir si ce fait allait se confirmer.

---

([2]) *Description géologique des terrains tertiaires du Médoc et essai sur la structure tectonique du département de la Gironde*, Bordeaux, 1939, Drouillard, édit., p. 53-61.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1593.

Des Rats albinos mâles adultes de 7 mois, pesant environ 300 g, sont répartis en deux lots : le lot 1 de 14 animaux pour l'expérience I; le lot 2 de 4 animaux pour l'expérience II. Tous les animaux reçoivent, pendant 10 jours, un régime à faible teneur en Ca (30 mg pour 100 g) dont voici la composition centésimale : caséine purifiée, 18; amidon purifié, 71; graisse de beurre, 6; mélange salin, 2; mélange vitaminique, 1; $O_2Ti$, 1; gélose purifiée, 1. Les mélanges salin et vitaminique ont été décrits précédemment ([2]). Les rats reçoivent tous les quatre jours deux gouttes d'huile de foie de morue.




*Expérience I.* — Au même moment, on donne, aux 14 rats, un régime calcique ne différant du précédent que par le remplacement d'un peu d'amidon par $CO_3Ca$, de sorte que ce régime renferme, pour 100 g, 480 mg de Ca. Trois rats sont sacrifiés 3 h après le début de l'ingestion (courbe 1 du graphique),

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1556.

trois rats après 12 h (courbe 2), deux rats après 32 h (courbe 3), puis les rats sont sacrifiés par deux, après différentes durées d'action du régime : 3, 7 et 14 jours (courbes 4, 5, 6). Le contenu de chacune des portions du tube digestif est prélevé séparément et analysé. Le Ca et l'oxyde de titane sont dosés comme précédemment ([3]), le rapport $Ca/O_2Ti$ calculé. Chaque courbe du graphique indique, pour chacun des groupes de Rats sacrifiés après un temps d'action déterminé du régime, la moyenne des variations de ce rapport pour les différents lieux d'origine des prélèvements. C'est la différence entre l'ordonnée à l'origine et l'ordonnée du point bas qui rend compte, dans chaque cas, du taux de l'absorption de Ca. Ce taux diminue progressivement à mesure que la durée d'action du régime augmente. C'est un phénomène d'accoutumance : considérable quelques heures après le passage d'un régime pauvre à un régime riche en Ca, le taux de l'absorption diminue, pour devenir très faible après une et deux semaines de régime. On assiste à une lente mise en équilibre de l'organisme avec son milieu intestinal.

*Expérience II.* — Les quatre rats reçoivent, par période de quatre jours, des régimes de plus en plus riches en Ca, renfermant successivement pour 100 g : 130, 230, 280, 330, 380, 430 mg de Ca. Douze heures après le début de l'ingestion d'un régime à 480 mg de Ca pour 100 g, c'est-à-dire le régime de l'expérience I, les animaux sont sacrifiés, et le contenu du tube digestif est traité comme il est dit précédemment. La courbe A du graphique représente les variations de concentration en Ca de ce contenu, pour les différents lieux d'origine des prélèvements. La comparaison des courbes A et 2, correspondant toutes deux à une durée d'action de 12 h du même régime, mais administré dans des conditions initiales différentes, montre que le taux d'absorption est beaucoup plus faible en A qu'en 2. Les rats de l'expérience II se sont mis progressivement en équilibre avec des régimes successifs de plus en plus calciques, de sorte que l'administration d'un régime encore plus calcique n'a été suivie que d'une assez faible absorption. Il semble que les animaux ont subi une sorte de mithridatisation.

Nous pensons que ces phénomènes d'accoutumance et de mithridatisation de l'organisme au Ca, phénomènes connus seulement dans le domaine des toxiques ([4]), conduisent à reposer la question des besoins de l'organisme adulte en certains éléments.

---

([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1343.

([4]) R. FABRE, *Leçons de toxicologie, généralités sur les Poisons*, Hermann édit., Paris, 1935, I, p. 81.

ZOOLOGIE. — *Une espèce nouvelle de cilié astome :* Anoplophrya attenuata, *sp. nov.* Note de M. **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

Caractères essentiels de cette espèce qui se range parmi les plus grandes des *Anoplophryinæ*, sans doute la plus grande de ce groupe, car la position systématique d'*Anoplophrya filum* Clap. est, comme nous le montrerons, sujette à revision.

L'étude du contenu intestinal de plusieurs *Glossoscolex*, vraisemblablement de l'espèce *grandis* (Michælsen), vers Oligochètes de la famille des *Glossoscolecidæ*, inconnus en Europe et signalés par Michælsen au Brésil, récoltés en Tunisie jusqu'où leur aire de répartition paraît donc s'étendre, nous a révélé la présence toujours localisée dans le tiers antérieur du tube digestif, d'une espèce nouvelle de Cilié Astome, appartenant à la famille des *Anoplophryinæ* et que nous nommons *Anoplophrya attenuata, sp. nov.* Nous ne donnons ici que les caractères essentiels permettant une détermination suffisante de cette espèce.

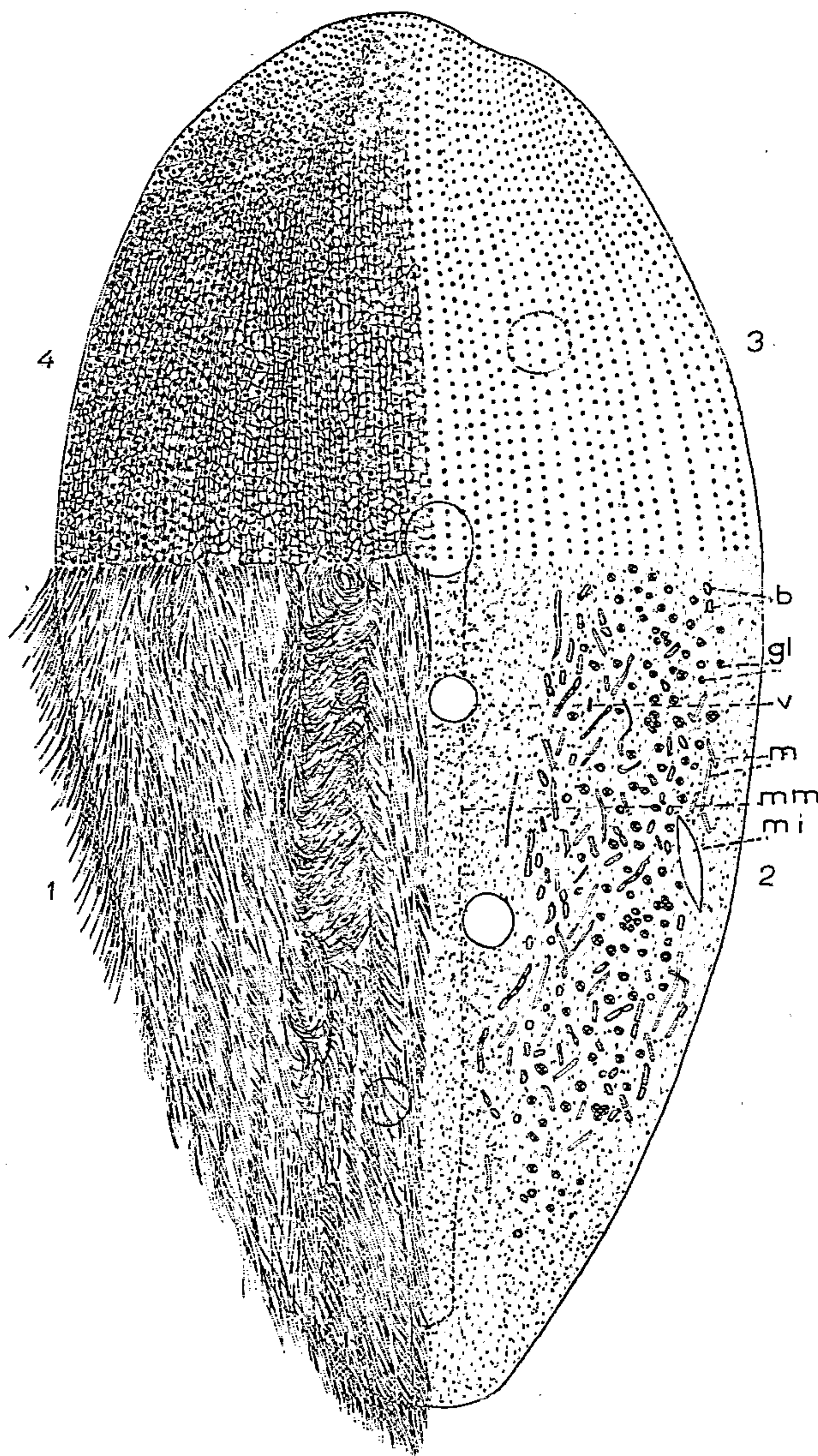
Le corps de ce Cilié, d'une longueur moyenne comprise entre 165 et 225 μ, large dans la partie antérieure, s'effile progressivement vers la partie postérieure. Sa plus grande largeur, située un peu en arrière de l'extrémité antérieure, atteint de 64 à 90 μ. Une dépression latérale à peine indiquée, parfois accentuée dans les conditions défavorables, met une légère dissymétrie dans la partie antérieure, sans provoquer cependant de distinction nette entre une face dorsale et ventrale, comme c'est le cas chez d'autres *Anoplophrya*.

Les cils courts et denses (6 μ), uniformément répartis sur toute la surface, sont disposés suivant 130 cinéties environ, longitudinales, très rapprochées les unes des autres. L'argyrome est un réseau de petites mailles (moins de 1 μ de largeur en moyenne) régulièrement placées par groupe de deux rangées longitudinales entre deux stries ciliaires, dans une disposition différente de celle que nous avons décrite chez quelques autres *Anoplophrya.* L'appareil pulsatif est constitué par 5 à 7 vacuoles normalement réparties en une seule rangée.

De nombreuses granulations réfringentes, d'un diamètre variable, noircissant à l'acide osmique et probablement lipidiques, s'étendent dans le cytoplasme, le long des parois du corps en deux traînées latérales. De telles inclusions peuvent s'ajouter dans la partie médiane, mais les extrémités en sont toujours dépourvues. L'ectoplasme dense et épais contient en outre des filaments mitochondriaux acidolabiles et des bâtonnets ou granules acido-résistants qui sont probablement des Bactéries symbiotiques.

Le macronucleus rubanné, avec de nombreux nucléoles, s'étend sur toute la longueur du corps. Le micronucleus, effilé aux deux bouts, placé contre

la paroi du corps, plutôt dans la partie postérieure, atteint 13 μ de longueur et 7 μ de largeur. Son grand axe est légèrement oblique par rapport à celui de la cellule.




*Anoplophrya attenuata.* — Figure combinée : 1, aspect superficiel *in vivo*; 2, aspect du cytoplasme par étude vitale et coloration de coupes. *mm*, contour du macronucleus; *b*, bactéries; *gl*, globules lipidiques; *v*, vacuole; *m*, mitochondries; *mi*, micronucleus. 3, imprégnation argentique, cinétosomes; 4, imprégnation argentique, argyrome et cinétome. Grossissement : × 700 environ.

Les représentants de cette espèce ont toujours été trouvés en petit nombre et aucun stade de division n'a pu être observé. Ils se déplacent lentement dans le liquide intestinal par glissement sur l'une de leurs faces, ou tordant

la région moyenne de leur corps par translation simultanée à une rotation autour de leur axe longitudinal, dans un mouvement très commun à beaucoup d'Astomes.

ENTOMOLOGIE. — *L'appareil buccal de* Braula cæca. Note de M. François Gouin, présentée par M. Louis Fage.

Ce Diptère aptère, long de 2 mm, plutôt commensal que parasite de l'Abeille domestique, à aspect de « pou », est de position systématique indécise malgré les travaux mentionnés par Hennig (1), relatifs à la structure de l'abdomen et de l'hypopyge.

L'étude de l'appareil buccal faite sur coupes montre que cet appareil est construit sur le plan général des Acalyptères que nous avons décrit (2). En effet, le cibarium est de structure normale : le fulcrum (ou étrier), peu mobile, possède les puissants dilatateurs habituels qui se fixent sur un clypéus fortement bombé, mais étroit; il est, en outre, pourvu de la paire de muscles protracteurs ou muscles fulcraux I; les faibles faisceaux des deux muscles « grêles » de la pompe salivaire lui sont adossés; le tube digestif qui en part est l'œsophage, reconnaissable à sa forte musculature, le pharynx proprement dit et ses pompes étant absents. Le labro-épipharynx triangulaire, relativement court, ne dépassant pas le niveau du clypéus, est normalement pourvu du muscle clypéo-labral et des faisceaux radiaires labro-épipharyngiens. La maxille présente les caractères « drosophilidiens » les plus nets : la lacinia est styloïde, libre, courte; l'insertion du palpe trapu se fait directement sur le stipe; la musculature est complète et a les rapports habituels. L'hypopharynx est représenté par une lame courte, large à la base, dans laquelle on aperçoit aux forts grossissements le canal salivaire. Le labium présente des modifications assez importantes. A part la réduction de ses dimensions, qui retentit sur toute la trompe et la faible sclérification (ce n'est qu'à grande peine que l'on reconnaît le sclérite prémental ou theca); certains éléments musculaires semblent faire défaut, en particulier la musculature labellaire. Nous n'avons reconnu avec certitude que le muscle cranio-prémental. Le réseau des pseudo-trachées se réduit à cinq ou six gouttières, d'ailleurs bien visibles sur les coupes, à un fort grossissement. Il semble aussi que le muscle cranio-rostral (que nous avons homologué au muscle cardinal) soit absent.

Il ne saurait plus être question de faire le rapprochement entre les *Braulidæ* et les *Pupipara*, soutenu naguère par plusieurs auteurs et auquel pourrait faire penser la convergence purement superficielle de l'habitus,

(1) Linder, *die Fliegen der palaearktischen Region*, Part. 60 c (Lief. 122), 1938, p. 1-14.
(2) *Mém. Mus. Hist. nat. Paris*, 28, 1949, p. 223 et 252.

renforcée, il est vrai, par la sclérification très forte du corps et de la tête en particulier. On n'en peut faire non plus une famille des *Hypocera*, comme le propose H. Weber ([3]), car les *Braulidæ* possèdent un ptilinum bien développé. La solution proposée par Hendel et Beier ([4]) et reprise

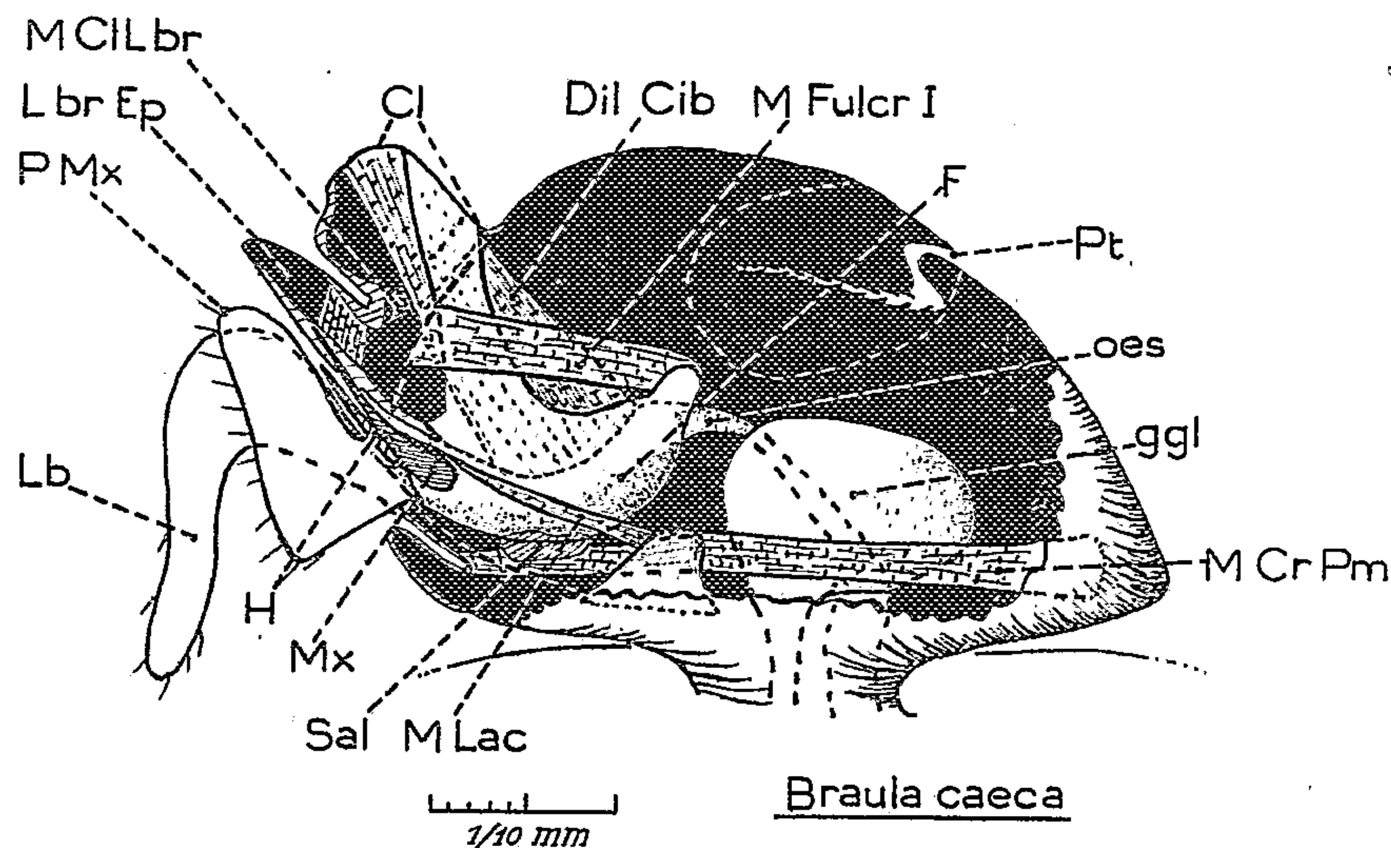



Schéma de l'appareil buccal de *Braula cæca*, tracé d'après une série de coupes sagittales. Pilosité de la tête non figurée.

L br Ep, labro-épipharynx et ses fibres radiaires; M Cl Lbr, muscle clypéolabral; Cl, clypéus; Dil Cib, dilatateurs cibariaux; M Fulcr I, muscle fulcral I, se fixant sur les *genæ*; F, fulcrum (étrier) et sa « tige », solidaire du clypéus; Pt, ptilinum; Oes, œsophage; Ggl, ganglions cérébroïde et sous-œsophagien; M Cr Pm, muscle cranio-prémental; M Lac, muscle lacinial; Sal, tracé de l'emplacement de la pompe salivaire dont le muscle est adossé au fulcrum; Mx, maxille; H, hypopharynx; Lb, labium. En trait interrompu : tracé du bord génal de la tête et tracé de la fossette antennaire. Les membranes sont représentées par un double trait.

par Séguy ([5]) n'est guère plus satisfaisante. Pour ces auteurs, les « *Braulidæ* » forment un « groupe » à part placé à côté des *Pupipara* parmi les *Acalyptera*. Enfin, Hennig (p. 5), reprenant l'hypothèse de Schmitz, reconnaît des affinités entre *Braulidæ* et *Spheroceridæ* (p. 3).

Le « type » morphologique manifeste, dans ses réalisations concrètes, une grande stabilité. L'appareil buccal de *Braula* est incontestablement du type Acalyptère. Notre étude n'infirme donc pas les conclusions des recherches de Schmitz et de Hennig ([6]).

([3]) *Grundriss der Insektenkunde*, Iéna, 1949, p. 233.

([4]) *Diptera in Kükenthal*, IV (2), 1937, p. 1979.

([5]) *Biologie des Diptères*, 1949, p. 519.

([6]) Nous devons le matériel à M. le Professeur Morgenthaler (Berne).

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *Influence de l'inanition sur la manifestation d'une tumeur héréditaire chez la Drosophile* (Drosophila melanogaster). Note de M. SABBAS GHÉLÉLOVITCH, présentée par M. Émile Roubaud.

L'inanition empêche le développement des tumeurs dans les souches *cl tu* et 5, mais est sans effet sur la souche *tu vg bw*. L'âge critique à partir duquel la privation de nourriture n'agit plus sur le développement des tumeurs se situe, pour les souches 5 et *cl tu*, vers la 70e heure de la vie larvaire.

La sensibilité des tumeurs de la Drosophile aux conditions du milieu a été signalée par plusieurs auteurs (1). En particulier Wilson (2) rapporte que le pourcentage des tumeurs, dans l'une des souches étudiées par lui, variait avec la densité de la population des cultures. Dans les cultures denses cette proportion était inférieure à celle qu'on observait dans les cultures moins peuplées.

Tout récemment encore, Herskowitz et Burdette (3) ont constaté que, sur les milieux pauvres en levure, la souche *tu 48 j*, que ces auteurs avaient étudiée, donnait une plus faible proportion d'individus avec tumeurs que sur les milieux riches en levure.

Les différences du comportement génétique et de la manifestation du caractère tumeur dans les trois souches de drosophiles dont je dispose et la variabilité des résultats observés entre les cultures de la même souche (4) m'ont incité à entreprendre une étude comparée de l'influence des conditions du milieu et en particulier de la quantité de la nourriture, sur le développement des tumeurs chez les individus de mes trois souches : 5, *cl tu*, et *tu vg bw*.

A cet effet, j'ai élevé d'abord les larves, dès leur éclosion jusqu'à la pupaison, sur un milieu à base de levure cuite, qui était 5 et 10 fois plus pauvre en levure que le milieu dont je me servais habituellement. Ces milieux dilués contenaient à peu près 6 et 3 % respectivement, de levure de boulangerie.

Un essai préliminaire, fait avec la souche *cl tu*, semblait indiquer que l'incidence des mouches avec tumeurs diminuait parallèlement à l'appauvrissement du milieu. C'est ainsi qu'ayant laissé pondre le même nombre de mouches pendant le même nombre d'heures, j'ai obtenu :

sur le milieu normal : 13 sans tumeur (+) et 169 (avec tumeur) (*tu*);
sur le milieu dilué au 1/5 : 17 sans tumeur (+) et 67 (avec tumeur) (*tu*);
sur le milieu dilué au 1/10 : 16 sans tumeur (+) et 7 (avec tumeur) (*tu*).

(1) Revue dans W. J. BURDETTE, *Texas Rep. Biol. and Med.*, 8, 1950, p. 123-133.
(2) *Genetics*, 11, 1924, p. 343-362.
(3) *Rec. Genet. Soc. of Am.*, 19, 1950, p. 103-104.
(4) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1600.

La forte mortalité observée sur les milieux pauvres n'autorisait pas encore à conclure à une relation directe entre l'abondance de la nourriture et l'incidence des tumeurs, l'effet indirect de la sélection n'étant pas exclu. Cependant les petites dimensions des tumeurs chez les mouches élevées sur les milieux pauvres parlaient déjà en faveur de l'existence d'une telle action directe.

Pour pouvoir exclure l'effet possible de la sélection, d'une part, et pour supprimer l'influence, également possible, de la sous-alimentation des parents, d'autre part, j'ai modifié l'expérience en transportant sur les milieux pauvres les œufs pondus sur le milieu normal.

Cette expérience, faite toujours avec la souche *cl tu*, a donné le résultat suivant :

| Milieu. | Nombre d'œufs. | Mouches écloses. | |
|---|---|---|---|
| Normal............ | 50 | 2 (+) | 29 (*tu*) |
| 1/5............... | 50 | 6 (+) | 23 (*tu*) |
| 1/10.............. | 97 | 40 (+) | 5 (*tu*) |

La sélection seule ne peut pas expliquer les résultats obtenus dans cette expérience, car si l'on calcule la proportion des individus (+) non par rapport au nombre des mouches écloses, mais par rapport à celui des œufs transportés sur le milieu, on obtient encore un $\chi^2 = 21,4$, en comparant les résultats sur le milieu normal, à ceux sur le milieu 1/10.

Des résultats analogues ont été obtenus aussi avec la souche 5, mais non avec la souche *tu vg bw*. Aucune influence de la quantité de nourriture n'a pu être décelée sur les mouches de cette souche.

Les mêmes résultats apparaissent dans une autre série d'expériences où les larves se sont développées, jusqu'à un âge déterminé, sur le milieu normal, puis ont été séparées du milieu nutritif et placées dans des conditions de jeûne absolu. Les larves, d'âge connu, étaient transportées dans des tubes garnis uniquement de coton mouillé destiné à assurer l'humidité nécessaire. Tout le développement se faisait à l'étuve à 25° C.

Ces essais ont montré que la suppression de nourriture, avant l'âge de 70 heures après la sortie de l'œuf, inhibait la formation des tumeurs, chez les mouches appartenant aux souches *cl tu* et 5; mais les plus jeunes larves de la souche *tu vg bw* (âgées de 66 h), si elles réussissaient à se transformer, donnaient encore des mouches avec tumeurs. L'apparition des tumeurs n'était pas retardée; elle était souvent visible chez les larves de la souche *tu vg bw*, mortes avant la nymphose.

Notons, en passant, que la suppression des tumeurs par l'inanition n'est que phénotypique ; la descendance des mouches, chez lesquelles la formation des tumeurs était inhibée, élevée dans les conditions normales, ne se distinguait pas de la descendance des mouches n'ayant subi aucun traitement.

Si l'on se rappelle que le gène majeur de la tumeur est le même pour les trois souches ([5]), ces expériences aboutissent apparemment à un résultat différent : pour les souches 5 et *cl tu*, la formation des tumeurs semble être liée à l'abondance de la nourriture; pour la souche *tu vg bw*, elle semble en être indépendante.

Cette différence de réaction au même stimulus doit être attribuée aux complexes de modificateurs qui diffèrent d'une souche à l'autre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action d'un bacille aérobie strict* (B. Megatherium) *sur l'acide nitrique, l'acide nitreux et l'hydroxylamine en anaérobiose.* Note de MM. **Maurice Lemoigne**, **Albert de Somer** et Mme **Madeleine Croson**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Divers auteurs ont étudié en anaérobiose l'action des microbes anaérobies ou facultatifs sur un nitrate, un nitrite et l'hydroxylamine, par la méthode des bactéries non proliférantes [Stickland ([1]), Aubel ([2]) et Woods ([3])].

Nous avons repris cette question avec un aérobie strict, *Bacillus megatherium*, qui peut utiliser le nitrate comme seule source d'azote mais sans formation apparente de nitrite, d'hydroxylamine ou d'ammoniaque ([4]).

Les bactéries cultivées sur milieu minéral, glucosé, nitraté, sont lavées et émulsionnées avec ClK à 0,9 ‰ ou l'eau bidistillée. Dans toutes les expériences, nous mélangeons, dans des tubes de Thunberg de 50 cm³, 10 cm³ d'une solution de tampon phosphaté M/5; 2,5 cm³ d'un métabolite donateur d'hydrogène qui, dans les essais rapportés dans cette Note, a été du glucose à 10 %; 2,5 à 5 cm³ de l'émulsion microbienne (en moyenne 250 mg de matière sèche) et des doses variables de $NO_3Na$, $NO_2Na$ ou $ClHNH_2OH$ neutralisé à pH 8 au moment de l'emploi. On complète à 30 cm³ avec de l'eau bidistillée. La tubulure latérale contient du phosphore. On fait le vide et on laisse en incubation à 31° C, en général pendant 1 h 30 mn.

Après ce temps, on centrifuge et l'on dose l'azote nitrique ($N - NO_3H$), l'azote nitreux ($N - NO_2H$), l'azote hydroxylaminique ($N - NH_2OH$) et l'azote ammoniacal ($N - NH_4OH$).

Dans certains cas nous avons employé la méthode de Warburg en atmosphère d'hydrogène.

([5]) *Op. cit.*, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1600.

([1]) *Biochem J.*, 25, 1931, p. 1543.

([2]) *Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 45.

([3]) *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 2000.

([4]) M. Lemoigne, R. Gavard, M. Croson et M. Le Treis, *Ann. Inst. Past.*, 73, 1947, p. 725.

*Acide nitrique.* — Dans le vide, en présence de glucose, l'acide nitrique n'est pas touché. Nous nous en sommes assurés soit par un dosage de $N—NO_3H$, soit par les recherches de $N—NO_2H$, $N—NH_2OH$ ou $N—NH_4OH$ qui ont toujours été négatives. Nous avons vérifié que, dans ces conditions, le glucose n'est pas attaqué.

En atmosphère d'hydrogène, on ne peut mettre en évidence aucune absorption d'hydrogène, par la méthode de Warburg, ni la formation de $N—NO_2H$, $N—NH_2OH$ ou $N—NH_4OH$.

*Acide nitreux.* — Avec une dilution de bacilles, on constate en présence de glucose, une disparition rapide de l'azote nitreux alors qu'il n'en est rien avec la même émulsion bouillie. Il existe donc chez *B. megatherium*, un système enzymatique qui réduit $N—NO_2H$. On constate qu'il n'y a pas formation d'hydroxylamine et que tout l'azote passe à l'état ammoniacal.

Cette réduction dépend de divers facteurs. Il faut employer des bacilles en voie de croissance exponentielle. Le pH optimum est aux environs de 8. L'acide nitreux exerce une action toxique quand sa concentration atteint 14 mg de $N—NO_2H$ pour 100 $cm^3$, au pH optimum et en présence de glucose. Cette inhibition est réversible. A des pH plus bas elle se fait sentir à des concentrations plus faibles. Le cyanure de potassium et le monoiodacétate de sodium M/100 sont inhibiteurs.

Les bacilles, même lavés, contiennent des substrats qui permettent cette réduction, mais ils sont très vite épuisés. Nous avons étudié divers donateurs d'hydrogène; nous ne citerons ici que l'hydrogène moléculaire et l'acide formique qui ne peuvent servir à la réduction du nitrite sous l'action de *B. megatherium*.

*Hydroxylamine.* — L'émulsion de *B. megatherium* en anaérobiose provoque la réduction rapide de l'hydroxylamine en ammoniaque, le glucose étant le donateur d'hydrogène. L'émulsion bouillie n'a aucune action. Il faut également employer des bacilles en voie de croissance exponentielle. Le pH optimum est au delà de 8.

L'hydroxylamine exerce aussi une action toxique sur le système enzymatique, mais moins marquée que celle des nitrites. La concentration au delà de laquelle l'inhibition commence est aux environs de 35 mg de $N — NH_2OH$ pour 100 $cm^3$. Comme pour le nitrite, CNK et $CH_2I\,COONa$ M/100 ont une action inhibitrice. L'hydrogène moléculaire et l'acide formique ne peuvent pas servir comme donateurs d'hydrogène.

Si l'on compare les actions de l'émulsion microbienne sur $N — NO_2H$ et $N — NH_2OH$, on constate que l'hydroxylamine est réduite beaucoup plus vite que l'acide nitreux, même si l'on opère aux conditions optimales de réduction du nitrite (pH 8 et concentration en N de 12 mg par 100 $cm^3$).

*Conclusions.* — En anaérobiose, il est impossible, par la méthode des bactéries non proliférantes, de mettre en évidence l'existence chez *B. mega-*

*therium* d'un système enzymatique attaquant l'acide nitrique. Nous savons qu'un tel système existe puisque lors du développement en aérobiose, l'azote nitrique est vite transformé en azote protéique.

Au contraire, par la même technique, il est facile de démontrer, chez le même microbe, l'existence de systèmes enzymatiques puissants qui transforment l'azote nitreux et l'azote hydroxylaminique en azote ammoniacal.

L'hydrogène moléculaire ne peut servir à cette réduction.

BIOCHIMIE. — *Adaptation enzymatique pendant le développement du bactériophage chez* Pseudomonas pyocyanea (1). Note de M. **François Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le développement du bactériophage chez *Pseudomonas pyocyanea* est compatible avec une adaptation enzymatique et une augmentation de la respiration aussi bien pour les souches sensibles infectées que pour les souches lysogènes induites.

On sait que l'infection d'*E. coli* B par certains bactériophages arrête la croissance ainsi que l'augmentation de la respiration bactérienne (2) et empêche l'adaptation enzymatique (3). Par contre, chez *Bacillus megatherium* (4), *Pseudomonas pyocyanea* et *Staphylococcus aureus* (5), il existe une croissance bactérienne précédant la lyse phagique, aussi bien pour les souches sensibles infectées que pour les souches lysogènes « induites » par un rayonnement ultraviolet. Pendant cette croissance, la respiration augmente et de l'acide ribonucléique est synthétisé chez *B. megatherium* lysogène (6).

Nous nous sommes proposé de rechercher dans quelle mesure le développement du bactériophage est compatible avec la synthèse d'enzymes chez *P. pyocyanea*. Les expériences ont été effectuées en milieu synthétique avec la souche sensible 13 et la souche lysogène 13/8 A (7).

L'oxydation du glucose par *P. pyocyanea* dépend d'un système adaptatif (8), (9). La figure représente une expérience d'adaptation, d'une part avec la souche sensible infectée, d'autre part avec la souche lysogène

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

(2) S. S. Cohen et T. F. Anderson, *J. exp. Med.*, **84**, 1946, p. 511.

(3) J. Monod et E. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, **73**, 1947, p. 937.

(4) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, **79**, 1950, p. 815-858.

(5) F. Jacob, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1585,

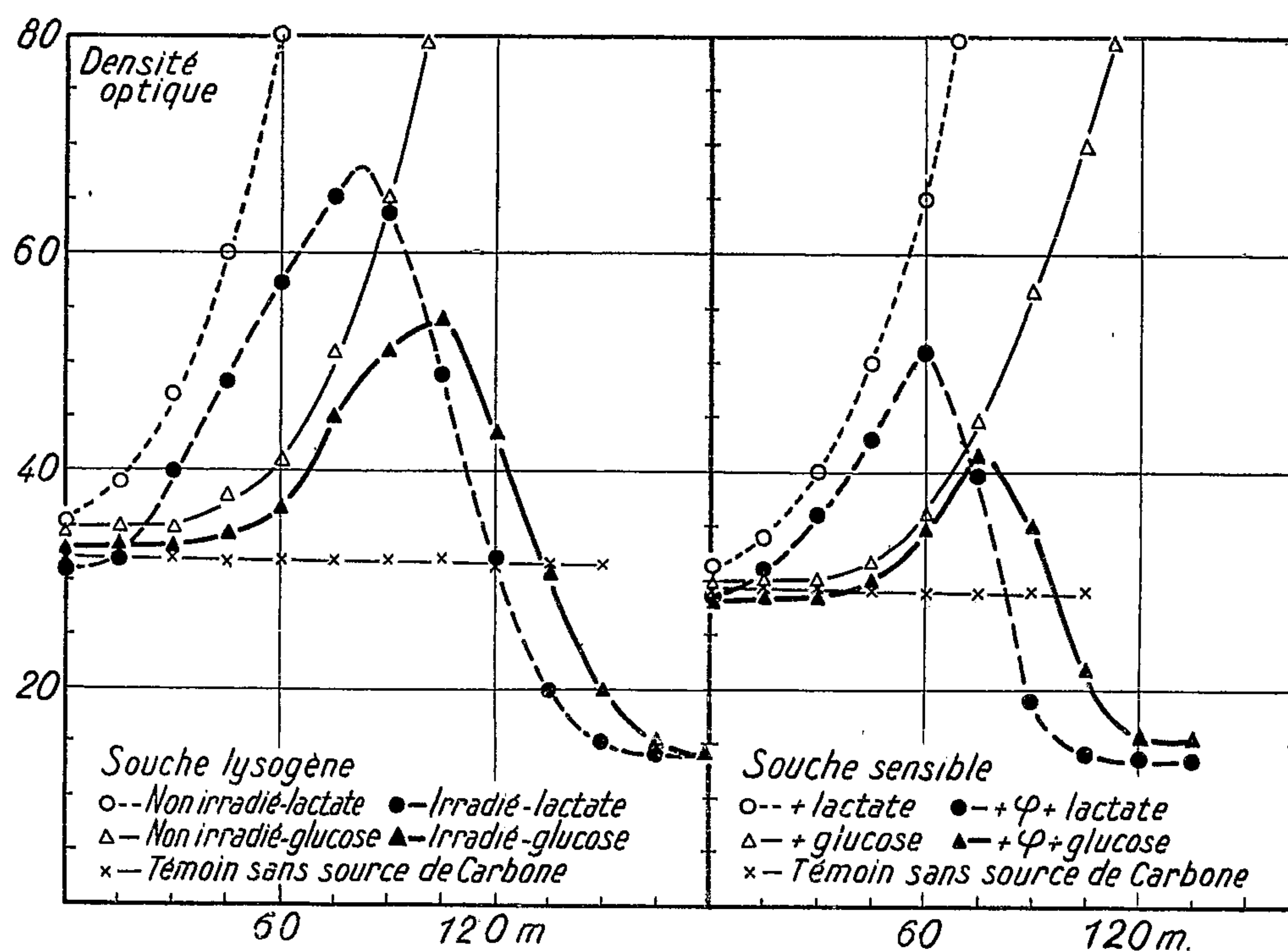
(6) L. Siminovitch et S. Rapkine, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1603.

(7) F. Jacob, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1605.

(8) H. P. Klein et M. Doudoroff, *J. Bact.*, **59**, 1950, p. 739.

(9) P. W. Ney, *Thesis*, The university of British Columbia, 1948.

induite. Les cultures en milieu synthétique au lactate sont centrifugées pendant la phase de croissance exponentielle, remises en suspension dans un milieu sans aliment carboné, puis agitées 1 h à 37°. La souche sensible est alors infectée à raison de 10 bactériophages par bactérie, et la souche lysogène soumise à un rayonnement ultraviolet. On ajoute ensuite du lactate ou du glucose (temps 0). On voit que les cultures additionnées de




glucose, aussi bien les témoins que les bactéries infectées ou irradiées, présentent une phase stationnaire de 50 à 60 mn : celle-ci correspond à une adaptation enzymatique. Après cette période, la croissance reprend et les cultures infectées ou irradiées se lysent comme les témoins sur lactate. Le rendement est normal : 100 bactériophages par bactérie.

Les bactéries chez lesquelles le bactériophage est en voie de développement sont donc capables d'adaptation enzymatique. D'autres bactéries lysogènes présentent la même propriété : nous avons constaté, avec L. Siminovitch (résultats inédits), que *E. coli* K 12 (lysogène), après induction par le rayonnement ultraviolet, forme une β-galactosidase adaptative, en quantité moindre toutefois que les bactéries normales.

L'étude de la respiration montre également que *P. pyocyanea* peut synthétiser des enzymes respiratoires pendant le développement des bactériophages. Pour la souche sensible infectée ainsi que pour la souche lysogène

induite, l'intensité de la respiration mesurée dans l'appareil de Warburg est, en effet, parallèle à la courbe de croissance : elle double en 80 mn environ, puis diminue brusquement au moment de la lyse.

On peut, en diminuant le régime d'alimentation en glucose, supprimer la croissance de *P. pyocyanea* pendant le développement du bactériophage ([7]). La croissance bactérienne n'est donc possible qu'en présence d'un excès d'aliment carboné. Dans ces conditions, le développement du bactériophage est compatible avec l'adaptation enzymatique et la synthèse d'enzymes respiratoires.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section de médecine et chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Hyacinthe Vincent :*

| | |
|---|---|
| *En première ligne* .......... | M. **Georges Guillain.** |
| *En seconde ligne*, ex æquo, *et par ordre alphabétique* ..... | MM. **Alphonse Baudouin.**<br>**Henri Bénard.**<br>**Robert Debré.**<br>**Maurice Lœper.** |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la séance du 21 mai 1951.

La séance est levée à 17 h 20 m.

L. B.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### OUVRAGES REÇUS PENDANT LE MOIS DE MARS 1951 (*suite*).

Extraits des *Comptes rendus des séances de la Société de biologie*. T. LXXIX, mars 1916 : *Recherches sur la carence alimentaire. Effets comparés de la nourriture exclusive des chats par la viande crue, congelée, salée, cuite et stérilisée, et graines de céréales décortiquées « hypercarencées » par la stérilisation*, et mai 1916 : *Inanition et carence*, par E. WEILL et GEORGES MOURIQUAND. T. LXXXV, novembre 1921 : *Croissance et variétés alimentaires*, par GEORGES MOURIQUAND, P. MICHEL et L. BARRÉ. T. XCIV, février 1926 : *Existe-t-il une vitamine antipellagreuse?*, par GEORGES MOURIQUAND. T. CVI, février 1931 : *Valeur comparée des techniques biomicroscopique et histologique dans le diagnostic des lésions de précarence* A, par GEORGES MOURIQUAND, J. ROLLET et Mme CHAIX. T. CX, juillet 1932 : *Réversibilité des modifications de la chronaxie dans le rachitisme expérimental du Rat*, par GEORGES MOURIQUAND, A. LEULIER, Mlle L. WEILL et G. MORIN. T. CXIX, mai 1935 : *Acide ascorbique des surrénales et cadavérisation*, par GEORGES MOURIQUAND et A. COEUR. T. CXX, juillet 1935 : *Dystrophies du* postabortum *et du* postpartum *dans le scorbut expérimental*, par GEORGES MOURIQUAND, R. GILLET et A. COEUR. *Intoxication diphtérique expérimentale et acide ascorbique des surrénales*, par GEORGES MOURIQUAND, P. SÉDALLIAN et A. COEUR. T. CXX, novembre 1935 : *Fixation et non fixation cellulaires de l'acide ascorbique dans les dystrophies par avitaminose* C, par GEORGES MOURIQUAND et A. COEUR. T. CXXI, février 1936 : *Sur la synthèse de l'acide ascorbique par les organismes jeunes. Recherches expérimentales*, par GEORGES MOURIQUAND, A. COEUR et P. VIENNOIS. T. CXXII, juin 1936 : *L'hypertrophie splénique dans le rachitisme expérimental*, par GEORGES MOURIQUAND, A. LEULIER et A. COEUR. *Révélation de la dystrophie inapparente oculaire (cristallin) dans l'avitaminose* C, par GEORGES MOURIQUAND et J. ROLLET. T. CXXVII, mars 1938 : *Sur l'interprétation des dosages de l'acide ascorbique des surrénales*, par GEORGES MOURIQUAND, H. TÊTE et J. LAVAUD. T. CXXIX, juin 1938 : *Trouble hématopoïétique inapparent (après vaccination par l'anatoxine diphtérique) révélé par l'avitaminose* C, par GEORGES MOURIQUAND, L. WEILL, V. EDEL et J. FERRI. T. CXXX, janvier 1939 : *Avitaminose* C *subaiguë*, par GEORGES MOURIQUAND, V. EDEL et M. DAUVERGNE. T. CXLIII, août 1949 : *Action du contact de l'air sur les préparations vitaminiques du groupe* $B_1$ *et chronaxie vestibulaire*, par GEORGES MOURIQUAND, V. EDEL et Mlle R. CHIGHIZOLA. *Effets du post-partum sur l'équilibre nutritionnel d'organismes subcarencés en vitamine* C, par GEORGES MOURIQUAND et V. EDEL. T. CXLIX, avril 1950. *Inversion par contact de l'air et de l'action de l'aneurine sur la chronaxie vestibulaire* et *Sur la chronaxie vestibulaire du Rat*, par GEORGES MOURIQUAND, Mme V. EDEL et Mlle R. CHIGHIZOLA. T. CXLIX, août 1950 : *Action comparée de l'aneurine « aérée » sur la chronaxie vestibulaire et sur le syndrome béribérique*, par GEORGES MOURIQUAND, Mme V. EDEL et Mlle R. CHIGHIZOLA ; 24 feuillets 25cm.

*Les maladies de l'enfant liées au déséquilibre et à la carence alimentaire*, par GEORGES MOURIQUAND ; 1 fasc. 24cm.

*Soixante-huitième Congrès des Sociétés savantes.* T. LXV, 1935. *La notion de dystrophie inapparente en biologie et en médecine infantile,* par GEORGES MOURIQUAND; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Le Progrès médical,* n° 49, 1933 : *Remarques sur les changements climatiques « en thérapeutique infantile ». Leur action antiallergique ?,* par GEORGES MOURIQUAND; 1 fasc. 21$^{cm}$,5.

*Quelques pages médicales, scientifiques et littéraires.* 1950 : *L'asthme et les inadaptés urbains,* par GEORGES MOURIQUAND et *Valeur séméiologique de l'ombre triangulaire,* par GEORGES MOURIQUAND et J. SAVOYE; 2 feuillets 24$^{cm}$.

*Paris médical,* 1917 : *Recherches biologiques sur le pain de guerre,* par E. WEILL et GEORGES MOURIQUAND. 1935 : *Recherche d'une technique pour l'étude du terrain. Terrain « pur » et rapports de l'infection et du terrain oculaire dans l'avitaminose* A, par GEORGES MOURIQUAND; 2 feuillets 27$^{cm}$,5.

*Le Monde médical.* N° 709, 1927 : *Considérations pratiques sur les maladies par carence,* par GEORGES MOURIQUAND; 1 fasc. 23$^{cm}$.

*Journal de physiologie et de pathologie générale.* T. XXV, 1927 : *Recherches expérimentales sur la biochimie du scorbut,* par GEORGES MOURIQUAND et A. LEULIER; 1 fasc. 25$^{cm}$.

*Annales de dermatologie et de syphiligraphie.* T. VI, 1935 : *Avitaminoses en dermatologie,* par GEORGES MOURIQUAND et JEAN GATÉ; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*La Nipiologia.* N° 2, 1935 : *Carence maternelle et carence du fœtus et du nouveau-né,* par GEORGES MOURIQUAND. Coserta, Jacelli and Saccone; 1 fasc. 24$^{cm}$,5.

*Sonderabdruck aus der Schweiz. Mediz. Woch.* 1936 : *Le phénomène du « refus » du calcium et des fixateurs du calcium dans le rachitisme clinique et expérimental,* par GEORGES MOURIQUAND; 1 feuillet 22$^{cm}$,5.

*Précarence et états neuropsychiques de la puberté,* par GEORGES MOURIQUAND, in *Bulletin trimestriel.* Vol. V, 1938, de l'Association internationale de pédiatrie préventive; 1 fasc. 23$^{cm}$.

*Précarence et neuropsychiatrie,* par GEORGES MOURIQUAND, in *Revue neurologique.* N° 2, 1936. Paris, Masson; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Avitaminose* C *asymptomatique,* par GEORGES MOURIQUAND, in *Acta vitaminologiae.* Vol. I. Fasc. 4. Wilno, 1938; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Remarques cliniques sur les « inadaptés urbains »,* par GEORGES MOURIQUAND, in *Revue belge de puériculture,* n° 3, 1939; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Avitaminoses et notion de « terrain » (principalement dans leurs rapports avec les dystrophies infantiles),* par GEORGES MOURIQUAND, in *Archives de médecine des enfants.* T. XLII, 1939. Paris, Masson; 1 fasc. 23$^{cm}$,5.

*Le séjour de l'enfant à l'altitude et son entraînement,* par GEORGES MOURIQUAND, in *Revue médico-sociale de l'enfance,* n° 6, 1934. Paris, Masson; 1 fasc. 24$^{cm}$.

(*à suivre*).

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MERCREDI 16 MAI 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** exprime à M. **HADAMARD** les compliments de l'Académie à l'occasion de l'attribution qui vient de lui être faite par l'Académie des « *Lincei* » du PRIX ANTONIO FELTRINELLI de trois millions de lire.

### *Notice nécrologique sur* ÉLIE CARTAN (1869-1951), par M. **MAURICE JAVILLIER.**

MES CHERS CONFRÈRES,

Devant la vie si fructueusement remplie d'**ÉLIE CARTAN**, si fréquemment jalonnée aussi par de dures épreuves, le biochimiste qui préside notre Compagnie est confus de ne point posséder la compétence requise pour apprécier, en les plus justes termes, une grande œuvre mathématique et de n'avoir point connu d'assez près notre Confrère pour traduire, en les mots les plus fidèles, les douloureux battements de son cœur.

Élie-Joseph Cartan est né à Dolomieu (Isère) le 9 avril 1869. De ses parents, il ne reçut jamais que « l'exemple du travail joyeusement accompli et des charges vaillamment acceptées. C'est au bruit de l'enclume résonnant chaque matin dès l'aube, écrit-il, que mon enfance a été bercée et je vois encore ma mère actionnant le métier du canut aux instants que lui laissaient libres les soins de ses enfants et les soucis du ménage ». Dès l'École primaire, puis au Collège de Vienne, il trahit ses dons exceptionnels, qui s'affirment au Lycée de Grenoble puis à Janson de Sailly. Il est reçu à l'École Normale supérieure en 1888, où il rencontre la camaraderie fraternelle, de tradition en cette grande maison. A l'École et à la Sorbonne, il recueille les hauts enseignements de Tannery et Goursat, Appell et Darboux, Picard et Kœnigs, Hermite et H. Poincaré. Notre futur Confrère, Docteur

ès sciences en 1894, devient Maître de conférences à Montpellier, puis à Lyon; il est en 1903 Professeur à la Faculté de Nancy. La Sorbonne l'accueille comme Maître de conférences en 1909. Professeur en 1912, il occupe de 1924 à 1940 la Chaire de Géométrie supérieure.

Trois fois lauréat de l'Institut, il est présenté par la section de Géométrie dès 1919 et élu à l'Académie des Sciences au fauteuil de Paul Appell en mars 1931. Il préside notre Compagnie en 1946. Il est nommé Membre du Bureau des Longitudes en 1947.

La plupart des travaux de Cartan gravitent autour de la théorie des groupes. La notion de groupe, introduite dans la science par Galois, qui en a montré le rôle prépondérant dans la théorie de la résolution des opérations algébriques, s'étend à bien d'autres domaines : Géométrie, Mécanique, Physique et même Chimie. C'est à la théorie des groupes dans ce qu'elle a de plus intime, à leur « structure », c'est à la détermination des groupes simples en particulier, que sont consacrées les premières recherches de Cartan. Mais la théorie de la structure revêt des formes mathématiques différentes suivant la nature des groupes : *groupes discontinus finis*, dits de Galois, comme le groupe d'une équation algébrique, ou *infinis* comme les groupes fuchsiens; *groupes continus et finis*, dits groupes de Lie, comme le groupe de la géométrie élémentaire et *groupes continus et infinis*, qui dépendent d'un nombre infini de paramètres et se rattachent à la théorie des équations aux dérivées partielles.

En ce qui concerne les *groupes continus et finis*, les principes avaient été posés par Sophus Lie et Engel. Killing avait poussé plus avant la théorie et déterminé tous les groupes simples à paramètres complexes. Mais les démonstrations contenaient lacunes et inexactitudes. Par sa thèse et ses travaux ultérieurs, Cartan remet, en tout, ordre et rigueur, il détermine tous les groupes simples à paramètres réels, question qui s'est trouvée plus tard en relation étroite avec un important problème de Géométrie riemannienne; il détermine toutes les représentations linéaires irréductibles des groupes simples et semi-simples, problème capital dans la théorie générale des tenseurs, qui a trouvé des applications en de nombreux domaines et intervient dans l'établissement des équations fondamentales de la Relativité générale.

Ces travaux se basaient, conformément à l'idée de Lie, sur la considération des transformations infinitésimales d'un groupe. Or, en 1925, Hermann Weyl met en évidence le parti que l'on peut tirer de la considération du domaine entier d'existence du groupe. Cartan s'attache surtout pour sa part à montrer comment, des propriétés *infinitésimales* du groupe, l'on peut conclure à ses propriétés *intégrales*; il revoit les théorèmes fondamentaux de la théorie de Lie et en donne une démonstration plus satisfaisante. Une brève Note des *Comptes rendus* de 1930 apporte la première

démonstration véritable de la réciproque du troisième théorème de Lie. Un Mémoire de 1938 concerne la représentation linéaire des groupes de Lie. Ado venait d'établir que tout groupe de Lie est infinitésimalement isomorphe d'un groupe linéaire. Cartan en donne une démonstration différente, qui implique notamment que tout groupe intégral, simplement connexe, est globalement isomorphe à un groupe linéaire.

Les travaux de Cartan sur la structure des *groupes continus et infinis* sont peut-être plus remarquables encore, en ce sens qu'ils lui sont plus entièrement personnels et témoignent, si possible, de plus d'ingéniosité. A Lie il n'a guère eu à emprunter que la notion même du groupe infini, Quant aux méthodes et au but, ils sont complètement indépendants des quelques travaux publiés par Engel et par Medolaghi. Cartan utilise comme instrument analytique sa théorie des systèmes de Pfaff en involution. Il réussit à édifier, en ses traits essentiels, une théorie de la structure des groupes continus infinis, indépendante de la théorie de la structure des groupes finis, qui n'était pas généralisable aux groupes infinis. Illustrant la théorie de nombreux exemples, il effectue la détermination de tous les groupes de même structure qu'un groupe donné, détermine les sous-groupes d'un groupe donné, met en évidence les difficultés que présentent, dans le cas des groupes infinis, certains problèmes, tels que la réduction d'un groupe à une série normale de sous-groupes, détermine enfin tous les groupes infinis simples, transitifs et intransitifs.

C'est à la suite de recherches sur les conditions d'intégrabilité d'un système d'équations aux dérivées partielles que Cartan avait été conduit à sa théorie de la structure des groupes continus. Il avait voulu fonder une théorie ou n'intervinssent que des notions et opérations indépendantes de tout changement de variables, tant dépendantes qu'indépendantes. Il convenait alors de substituer à l'emploi des dérivées partielles celui des différentielles. Il a donc systématiquement étudié les systèmes d'équations aux dérivées partielles sous la forme de systèmes d'équations aux différentielles totales ou systèmes de Pfaff.

La *théorie des systèmes en involution* ainsi créée lui a permis de développer ses travaux sur les groupes infinis, preuve de la justesse de son point de vue. Certains problèmes anciens, par exemple, l'intégration d'un système d'équations différentielles admettant des transformations infinitésimales données, l'ont conduit à des généralisations inattendues. Ainsi développe-t-il une méthode d'intégration des systèmes d'équations aux dérivées partielles qui admettent des caractéristiques dépendant seulement de constantes arbitraires. Ainsi résout-il la question de savoir si la solution générale d'un système d'équations différentielles indéterminées peut toujours être écrite sans signe d'intégration.

C'est sa théorie des systèmes en involution qui lui a permis de discuter

d'une manière rigoureuse la compatibilité des équations mises par Einstein à la base de sa théorie du champ de gravitation.

Dans tous ces travaux et d'autres (par exemple ceux sur les *groupes discontinus et finis)* dont je ne parlerai pas ici, Cartan s'était montré pur mathématicien, c'est-à-dire, comme le dit Émile Picard, « un artiste et un poète dans le monde des Nombres et des Formes ». Ses travaux ultérieurs sont en germes dans ses recherches sur les groupes, mais, dans certains, s'associent théorie des groupes, géométrie différentielle et même *Analysis situs*. C'est le cas dans la *théorie des espaces symétriques* qui est tout entière son œuvre et dont l'intérêt est considérable, du fait de la création de nouveaux espaces, qui généralisent les espaces non euclidiens et touchent aux fondements mêmes de la géométrie projective.

En 1923, à la suite du mouvement d'idées qui accompagne la théorie relativiste de la gravitation et de l'électro-magnétisme, Cartan fonde la *théorie des espaces généralisés*, à laquelle sa conception de la structure des groupes continus lui permet de parvenir. Trouvant que la géométrie riemannienne forme un groupe isolé de la géométrie, il veut la faire rentrer dans un schéma très général. Si, à côté de la loi donnant la distance de deux points infiniment voisins, on fait intervenir une loi de comparaison des directions issues de deux points infiniment voisins, ces deux lois étant arbitraires dans une large mesure, on pourra, avec ces deux données, organiser un espace non holonome, dont le groupe fondamental sera le groupe de l'espace dont on est parti.

En généralisant ainsi la notion d'espace, on peut avoir des représentations de nouveaux Univers, quand on réussit à identifier, comme l'a fait Einstein dans sa théorie de la Relativité, les propriétés physiques de ces Univers avec leurs propriétés géométriques, conformément à la pensée cartésienne.

Une intéressante découverte particulière de Cartan, qui se rattache aux précédentes, plus générales, est celle de l'*espace à parallélisme absolu*, espace sans courbure, dont il traite dès 1922, devançant sur ce point Einstein, qui, ignorant le travail de Cartan, le découvrit à nouveau en 1928.

Dans la belle allocution qu'il prononça au Jubilé de Cartan, Paul Langevin montre admirablement combien les travaux de notre confrère servent la conception suivant laquelle la Géométrie doit tendre à assimiler, incorporer progressivement, tout l'ensemble de la Physique. Il montre d'ailleurs aussi combien les clartés nouvelles apportées dans un domaine si nouveau, si hérissé de difficultés, et que Cartan domine avec une si souriante aisance, illuminent les travaux des techniciens, simplifient la solution des problèmes complexes qui se posent à l'ingénieur-électricien et même la pratique courante du calcul des machines. « Non seulement, lui disait-il, vous apportez des moyens puissants d'action aux théoriciens de la Physique, non seulement vous mettez de l'ordre et de la clarté dans

leurs tentatives pour mieux représenter le Monde, mais encore vous fournissez aux Ingénieurs des instruments de travail qui leur permettent de mieux comprendre et mieux effectuer leur besogne quotidienne. »

De l'œuvre de Cartan, dont je n'ai pu parler qu'en empruntant largement aux textes de lui-même naturellement [1], puis d'É. Picard [2], de P. Langevin [2], je voudrais dire, en empruntant cette fois à l'un de ses plus brillants disciples [3], que, développée jusqu'aux dernières années de sa vie, elle n'aboutit pas à *une fin*. « Ce ne sont pas des théories qui se sclérosent en s'achevant. C'est au contraire une œuvre profondément vivante, dans laquelle une partie notable des mathématiques contemporaines plonge ses racines. La majorité des mathématiciens français de ce temps, beaucoup de physiciens théoriciens, ont subi de sa part une influence déterminante. Beaucoup de mathématiciens étrangers se proclament ses élèves. »

Le mérite de l'œuvre que je viens de retracer, l'exceptionnelle valeur de qui l'a conçue et menée à bien, ont été reconnus et sanctionnés par les succès de carrière d'Élie Cartan. A peine le lauréat de mathématiques du Concours général est-il à l'École Normale, que, par sa fervente application à l'étude, son aptitude à jeter la lumière sur les questions les plus ardues, son enthousiasme communicatif pour les leçons de ses Maîtres, il s'impose à ses camarades. « Tu étais déjà le Maître, lui dit l'un d'eux, et nous étions tes élèves disposés à t'écouter et te suivre. »

Dans ses Chaires de Faculté, Cartan donne des cours aux sujets sans cesse renouvelés avec un talent et une autorité auxquels chacun applaudit.

A l'École Normale, il prépare les élèves et les candidats à l'agrégation par des Conférences d'une haute perfection dans la pensée et dans la forme [4].

On fait appel à lui de tous côtés. Il accepte d'associer à son cours de Faculté l'enseignement de l'Analyse à l'Institut d'Électro-Technique de Nancy. Paul Langevin lui demande d'assurer l'enseignement de la Mécanique rationnelle, puis de la Géométrie, à l'École de Physique et Chimie. 30 promotions d'élèves trouvent dans son haut enseignement leur préparation à des carrières techniques. A l'École Centrale des Arts et Manu-

---

(1) Notice sur ses travaux, 1931.

(2) Allocution au Jubilé Cartan 1939.

(3) A. Lichnerowicz (Communication personnelle).

(4) Certains des enseignements profondément originaux de Cartan donnèrent naissance à d'importants volumes; parurent notamment ses leçons sur : les invariants intégraux (1922); la géométrie des espaces de Riemann (1928) (réédition profondément remaniée, 1946); la géométrie projective complexe (1931); la théorie des groupes finis et continus et la géométrie différentielle (1937); la théorie des spineurs (1938); les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications à la géométrie différentielle (1945).

factures, il supplée quelque temps Émile Picard dans son Cours de Mécanique générale.

Si Cartan remplit magnifiquement ses obligations d'enseigneur, ce n'est pas seulement en raison de sa maîtrise spirituelle, c'est aussi parce qu'il aime enseigner. Aimer ce que l'on fait est la seule façon de le bien faire. « Ce fut pour moi, dit-il, une grande joie que d'enseigner; je me suis toujours intéressé à ce que j'enseignais; c'est une condition nécessaire, et peut-être suffisante pour intéresser ceux qui vous écoutent. » Et puis il aime enseigner parce qu'il a pour la jeunesse une ardente sympathie; il brûle d'aiguiller et stimuler son effort. Celle-ci le reconnaît d'ailleurs en termes parfois magnifiques et touchants. Ainsi André Weil écrit (5) : « Nous avions besoin de nous affermir dans notre croyance qu'une vie donnée toute à la science est encore possible sans faiblesses, ni compromissions; auprès de vous nous en trouvions chaque jour la certitude. »

Mais Cartan ne fut pas seulement un grand Savant et un grand Professeur, ce fut, en tous domaines un homme de haute conscience et de grand cœur. Chacun proclame sa bienveillance, son dévouement, sa droiture, son désintéressement. Aussi chacun lui témoigne de vifs sentiments d'estime, de sympathie, d'admiration, de gratitude, d'affection. Le magnifique rayonnement de sa personne tenait à son cœur autant qu'à son intelligence.

Heureux ceux auxquels il fut donné de pénétrer dans son intimité, de fréquenter son foyer, où l'affection, la communauté de pensées, le culte d'un même idéal rapprochaient les êtres!

Pourquoi faut-il qu'une âme si droite et si pure ait reçu du sort hostile les atteintes les plus cruelles ? Jean Cartan, dont l'âme sensible s'épanchait en des compositions musicales annonciatrices d'un haut et pur talent, meurt à 25 ans.

Louis Cartan, physicien de grand mérite, Maître de conférences à la Faculté de Poitiers, animé d'une ardente flamme patriotique, est déporté en Allemagne, maltraité dans un camp de S. S., assassiné en 1943. Peut-être devons-nous pardonner au nom d'une morale sublime et plus qu'humaine; mais le pardon ne saurait impliquer l'oubli.

D'autres deuils encore le touchèrent profondément (6).

Et tandis qu'Élie Cartan atteignait le soir de sa vie, sa femme, compagne attentive, intelligente, soucieuse de l'entourer du cadre harmonieux et calme favorable à sa pensée, s'est éteinte douloureusement.

Je n'ai eu que de frêles occasions de percevoir directement la richesse

---

(5) L'intégration dans les groupes topologiques, Paris, 1941.

(6) Sa plus jeune sœur Anna, son beau-frère Antoine Bianconi, mort pour la France dans la guerre de 1914-1918; son neveu François Cuzin, fusillé comme résistant en 1944. Tous étaient anciens Élèves de l'École Normale Supérieure et professeurs.

de cœur et d'esprit de notre Confrère. Nous avons cependant, ces dernières années, siégé côte à côte dans un même Comité, ce qui nous permit de nous mieux connaître. Puisse l'hommage que nous préparions, en souvenir de savants tragiquement disparus, aboutir dans un élan de pensée généreuse, compréhensive et fraternelle!

A la famille d'Élie Cartan, particulièrement à son fils Henri, qui par son œuvre marche sur les traces de son Père, à M[me] Henri Cartan, à la veuve de Louis Cartan, à M[lle] Hélène Cartan, j'exprime à nouveau les sentiments de tristesse de ses Confrères de l'Académie des Sciences.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les transformations de contact.* Note de M. **Georges Bouligand.**

La Note a pour objet de chercher si le continu image d'une courbe (cas du plan) ou d'une surface (cas de l'espace) peut avoir des points intérieurs.

1. Une transformation de contact du plan étant donnée sous la forme

$$(1) \qquad X = f(x, y, y'), \qquad Y = g(x, y, y'),$$

l'image d'un arc $y = \varphi(x)$ *doué d'une paratingente unique en chaque point* est en général de longueur infinie; c'est ce qui se produit si la dérivée $\varphi'(x)$, qui, par hypothèse existe et est continue, n'est pas à variation bornée le long de l'arc. Je dis que cette image est *dépourvue de point intérieur* dans des conditions qui sont celles du théorème suivant, lequel n'est pas spécial aux transformations de contact.

Théorème. — *Supposons que $f$ et $g$ aient des dérivées premières*, fonctions continues de l'élément $(x, y, y')$. *Le continu $\Gamma$ obtenu comme image d'un arc doué d'une paratingente unique en chaque point par la transformation* (1) *n'a pas de point intérieur.*

C'est ce qu'il suffit d'établir pour une portion $y = \varphi(x)$ de l'arc envisagé. On obtient alors $\Gamma$ comme image, par la transformation ponctuelle

$$(2) \qquad X = f[x, \varphi(x), p], \qquad Y = g[x, \varphi(x), p],$$

de l'arc $p = \varphi'(x)$ du plan des $(x, p)$. Or X, Y ont des dérivées premières *continues par rapport à $x$* et $p$. Comme l'arc $p = \varphi'(x)$, dans son plan, peut s'inclure dans une aire de mesure arbitrairement petite (aire dans laquelle les dérivées précédentes restent bornées), il sera possible, dans le plan des X, Y, pour l'ensemble $\Gamma$, *de procéder à une inclusion analogue*. Celui-ci est donc de mesure superficielle nulle et, à ce titre, ne peut admettre de point intérieur.

2. Dans l'espace à 3 dimensions, on peut essayer d'appliquer la même méthode pour étudier l'image $\Gamma_1$ d'une portion de surface $z = \varphi(x, y)$ *ayant*

*son paratingent plan en chaque point* par une transformation (qui soit ou non de contact)

(3) $X = f(x, y, z, p, q), \quad Y = g(x, y, z, p, q), \quad Z = h(x, y, z, p, q),$

telle que les fonctions $f$, $g$, $h$ aient *des dérivées premières fonctions continues de l'élément* $(x, y, z, p, q)$. Soient alors $p(x, y)$, $q(x, y)$ les dérivées premières de $\varphi(x, y)$ : elles seront fonctions continues de $(x, y)$ d'après l'hypothèse soulignée concernant $\varphi$. On est ici conduit à envisager la correspondance

(4) $X = f[x, y, \varphi(x, y), p, q], \quad Y = g[x, y, \varphi(x, y), p, q], \quad Z = h[x, y, \varphi(x, y), p, q]$

qui, appliquée dans l'espace $(x, y, p, q)$ à la variété $p = p(x, y)$, $q = q(x, y)$ fournit l'image $\Gamma_1$. Les conditions d'application de la méthode sont donc modifiées : il faudrait savoir si la liaison imposée à un couple $p(x, y)$, $q(x, y)$ de fonctions continues pour qu'il soit celui des dérivées premières d'une $\varphi(x, y)$ impose à la variété précédente de l'espace $x, y, p, q$ la condition que sa mesure d'ordre 3 au sens de Carathéodory soit nulle et qu'ainsi, grâce à la continuité des dérivées premières de X, Y, Z, la même propriété s'étende à $\Gamma_1$. Sinon, l'absence pour cet ensemble de point intérieur ne pourrait s'atteindre par la méthode ci-dessus qu'au bénéfice d'une hypothèse supplémentaire sur la surface $z = \varphi(x, y)$.

3. Le cas où les équations (3) définissent une transformation de contact est celui où, dans l'espace lieu du point M(X, Y, Z), il y a coïncidence des plans tangents en M au continu image d'un plan et au continu image d'un point de ce plan, c'est-à-dire celui où il y a coplanarité des 4 vecteurs

$$\frac{\partial M}{\partial x} + p\frac{\partial M}{\partial z}, \quad \frac{\partial M}{\partial y} + q\frac{\partial M}{\partial z}, \quad \frac{\partial M}{\partial p}, \quad \frac{\partial M}{\partial q};$$

j'ai signalé ce moyen de caractériser une transformation de contact dans une Note récente, ayant pour objet principal d'expliciter le rôle des éléments du second ordre dénommés *critiques* (1). La dite caractérisation avait été déjà rencontrée par M. Ostrowski (2). Elle semble appelée à intervenir pour le cas où la propriété, recherchée au n° 2, sans être générale, vaudrait dans l'hypothèse d'une transformation de contact. Ce qui reste à trancher.

MM. **Gottlieb Flückiger** et **Ernst Gaumann** adressent chacun une série de tirages à part de leurs travaux.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Albert Caquot** :

*La métallurgie des poudres*, par Robert Girschig. Préface de l'Ingénieur général Nicolau.

Pierre Naslin. *Les systèmes asservis*. Préface de l'Ingénieur général Nicolau.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 911.

(2) *Bull. Amer. Math. Soc.*, **47**, 1941, p. 760-763.

*Stability studies of structural frames*, by ABRAHAM SLAVIN (abrégé de thèse, New York).

## DÉSIGNATIONS.

Sur la proposition de M. **PIERRE JOLIBOIS**, Président du Comité National de Chimie, l'Académie désigne M. **ÉDOUARD CALVET** pour prendre part à la prochaine Assemblée générale de l'**UNION INTERNATIONALE DE CHIMIE** à la place de M. ALBERT TIAN, précédemment désigné et empêché d'accomplir cette mission.

## CORRESPONDANCE.

MM. **ARNE WESTGREN** et **MARCEL DEHALU**, élus correspondants pour les divisions des Membres libres et des applications de la science à l'industrie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **MAIRE DE TARBES** informe l'Académie de la prochaine célébration dans cette ville du Centième anniversaire de la naissance du Maréchal **FOCH** et exprime le vœu que l'Académie puisse se faire représenter à cette cérémonie.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut pour la recherche scientifique en Afrique Centrale. *Deuxième Rapport annuel*, 1949.

2° *Rœntgen examination of pleural fluid*, by INGEMAR HESSEN (Thèse, Uppsala 1951).

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur la signification d'une hypothèse de la théorie des relations, du point de vue du calcul logique*. Note (*) de M. **ROLAND FRAÏSSÉ**, présentée par M. Gaston Julia.

L'hypothèse [A] de la théorie des relations, énoncée dans notre Note précédente (1), nous a été suggérée par l'étude du calcul logique. Après avoir précisé les règles de ce calcul, nous montrons son lien avec les notions de *parenté* introduites précédemment (2), et nous traduisons en langage logique quelques conséquences de [A].

I. Notre vocabulaire sera traduit de celui de Hilbert-Ackermann (3), dont

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1557.

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1682 et **230**, 1950, p. 1022, où la notion de *multi-relation* est introduite sous le nom de *polyrelation*.

(3) *Grundzüge der theoretischen Logik*, Chap. IV, 3e édit., Springer, 1949.

l'Ouvrage sera désigné ci-dessous par H. A. Les *formules* du calcul logique du second ordre (H. A., p. 106) sont constituées par les éléments suivants :

*a.* des *variables d'individus* et des *variables de prédicats,* ces dernières comportant chacune un nombre fini de *places vides*;

*b.* des *conjonctions* que l'on peut réduire à deux : *non* et *ou;*

*c.* des symboles appelés *quantificateurs* et que l'on énonce « *quel que soit* » et « *il existe un ... tel que* » : chacun d'eux est associé à une variable d'individu ou de prédicat, qui est dite *liée;* une variable non liée est dite *libre.*

Au moyen de ces éléments, les *formules* sont définies par les règles suivantes (H. A., p. 58 et 110) :

$\alpha$. une variable de prédicat dont les places vides sont occupées par des variables d'individus, distinctes ou non, est une *formule*;

$\beta$. si $\Phi$ est une *formule,* (*non* $\Phi$) est une *formule*;

$\gamma$. si $\Phi$ et $\Psi$ sont deux *formules* telles qu'une même variable n'est jamais libre dans l'une et liée dans l'autre, ($\Phi$ *ou* $\Psi$) est une *formule*;

$\delta$. soit $\Phi$ une *formule* dans laquelle $\xi$ est une variable libre; alors (*quel que soit* $\xi$, $\Phi$) et (*il existe un* $\xi$ *tel que* $\Phi$) sont des formules.

Soient $\Phi$ une *formule* et E un ensemble appelé *base.* La fonction définie sur les variables libres de $\Phi$, égale à zéro pour chaque variable libre d'individu $x$, et au nombre de places vides pour chaque variable libre de prédicat X, sera appelée *signature s* de $\Phi$. Associons à chaque $x$ un élément de E, et à chaque X une *relation* définie sur E dont les arguments soient en correspondance biunivoque avec les places vides de X. Nous obtenons une *multirelation* (²) M *de base* E, dont les indices sont les variables libres de $\Phi$, et dont la signature est $s$.

2. En vue d'établir les rapports qui lient les *parentés* (²) au calcul logique, définissons comme suit la valeur + ou — d'une formule $\Phi$ pour une multirelation M de base E et de même signature :

1° Soit $\Phi$ une formule construite d'après la règle $\alpha$, X sa variable de prédicat. M comprend une relation unique A. A chaque argument de A correspond une place vide de X, donc un élément de M. La valeur prise par A quand on y remplace chaque argument par l'élément ainsi obtenu sera par définition $\Phi(M)$.

2° La *formule* (*non* $\Phi$) prendra, pour M, la valeur opposée à celle de $\Phi(M)$.

3° Soit $\Xi$ la *formule* ($\Phi$ *ou* $\Psi$). Les éléments et relations de M dont les indices sont les variables libres de $\Phi$ constituent une multirelation P telle que $\Phi(P)$ soit définie; de même, pour $\Psi$, nous obtenons une multirelation Q telle que $\Psi(Q)$ soit définie; nous poserons $\Xi(M) = +$ si et seulement si l'une au moins des deux valeurs $\Phi(P)$ et $\Psi(Q)$ est +.

4° Soit $\Psi$ la *formule* (*quel que soit* $\xi$, $\Phi$). Si, quel que soit l'élément de E (ou la relation de base E) affecté de l'indice $\xi$ et ajouté à M, la multirelation $M_1$ obtenue est telle que $\Phi(M_1) = +$, nous poserons $\Psi(M) = +$; dans le cas

contraire, nous poserons $\Psi(M) = -$; même règle en remplaçant partout « *quel que soit* » par « *il existe un ... tel que* ».

Deux multirelations de même type, c'est-à-dire isomorphes, donnent la même valeur à toute *formule*. C'est une forme d'un résultat donné dans H. A. (p. 96). Nous pourrons donc parler de la valeur d'une *formule* pour un *type* de multirelations de même signature.

Le résultat suivant, que nous avons démontré, établit une liaison étroite entre le calcul du second ordre et les parentés :

P. *Pour que deux multirelations donnent la même valeur à toute formule, il faut et il suffit qu'elles soient ω-parentés bornées* ([2]).

3. Rappelons qu'étant donné un type $\mathfrak{M}$ de multirelations et une signature $s$, on définit, à l'aide de la $(n, t)$-parenté ([2]), des classes formées de types de signature $s$, attachées à $\mathfrak{M}$. Si $\mathfrak{M}$ est identique à sa puissance, on montre que les classes attachées à $\mathfrak{M}$ ne sont autres que les ensembles non vides de types de puissance $\mathfrak{M}$ qui donnent la valeur + à une *formule*. Notre hypothèse [A] ([1]) se réduit alors à :

[A′]. *Soit* $\Phi$ *une formule,* $\mathfrak{M}$ *une puissance. Désignons par* $\mathfrak{N}$ *tout type de puissance* $\mathfrak{M}$ *pour lequel* $\Phi$ *est égal à* +. *S'il existe des* $\mathfrak{N}$, *il existe au moins une formule égale à + pour l'un d'eux et à — pour tous les autres* $\mathfrak{N}$.

D'après P, la conséquence $[A_5]$ de [A] s'énonce ainsi :

$[A'_5]$. *Si deux types dénombrables donnent la même valeur à toute formule, ils sont identiques.*

ALGÈBRE. — *Caractérisation algorithmique des irrationnelles cubiques.* Note de M. **Marcel David**, présentée par M. Jacques Hadamard.

J'ai montré dans deux Notes précédentes ([1]) qu'il existait des algorithmes, voisins de celui de Jacobi, qui ne devenaient pas périodiques pour certaines valeurs $(\alpha, \beta)$ d'un corps cubique quelconque. La considération d'une suite infinie d'algorithmes linéaires permet ici, à défaut d'un algorithme linéaire à coup sûr périodique, de caractériser les irrationnelles cubiques, et d'obtenir les unités correspondantes.

Soit un réseau à trois dimensions de points, d'origine O, rapporté à l'une de ses bases fournissant les axes de références $Ox$, $Oy$, $Oz$. Soit une demi-droite (D), issue de O, vers les $z > 0$, irrationnelle par rapport à ce réseau, et d'équations

$$x = \sigma z, \qquad y = \tau z \qquad (\sigma \text{ et } \tau \text{ irrationnels positifs}).$$

Les développements classiques des nombres $\sigma$ et $\tau$, liés à la recherche de leurs approximations simultanées par des rationnels X/Z et Y/Z, corres-

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 965 et **230**, 1950, p. 1445.

pondent géométriquement, en général, à l'exploration successive d'un nombre infini de « trivecteurs » OABC, formant bases du réseau, contenant (D), et tels que OA, OB et OC tendent vers (D). Une recherche plus systématique de tous ces trivecteurs ([2]) conduit aux considérations suivantes :

1. J'appelle *trivecteur principal d'approximation de* (D) tout OABC, de sens direct, formant base, contenant (D), et tel que :

1° (D) perce la face issue de A du parallélépipède construit sur OABC [(D) porte donc un point défini par $\overrightarrow{OA} + \lambda\overrightarrow{OB} + \mu\overrightarrow{OC}$ avec $0 < \lambda < 1$ et $0 < \mu < 1$].

2° $z_A \geqq z_B \geqq 0$ et $z_A \geqq z_C \geqq 0$ [les inégalités analogues en $x$ et $y$ en découleront dès que le trivecteur sera assez voisin de (D)].

Je définis, à partir de OABC, une *suite simple* de trivecteurs principaux relatifs à (D) de la manière suivante : $OA_{+1}B_{+1}C_{+1}$ étant le trivecteur consécutif à OABC, avec $\overrightarrow{OA}_{+1} + \lambda_{+1}\overrightarrow{OB}_{+1} + \mu_{+1}\overrightarrow{OC}_{+1}$ porté par (D), je pose

$$\frac{\mu}{\lambda} = \lambda_{+1}, \qquad \frac{1}{\lambda} - l = \mu_{+1} \qquad \text{si } \lambda > \mu$$

et

$$\frac{\lambda}{\mu} = \mu_{+1}, \qquad \frac{1}{\mu} - m = \lambda_{+1} \qquad \text{si } \lambda < \mu,$$

$l$ et $m$ étant les parties entières respectives de $1/\lambda$ et $1/\mu$.

Ces formules résultent de

$$\overrightarrow{OA}_{+1} = \overrightarrow{OB} + l\overrightarrow{OA}, \qquad \overrightarrow{OB}_{+1} = \overrightarrow{OC}, \qquad \overrightarrow{OC}_{+1} = \overrightarrow{OA} \qquad \text{si } \lambda > \mu$$

et

$$\overrightarrow{OA}_{+1} = \overrightarrow{OC} + m\overrightarrow{OA}, \qquad \overrightarrow{OB}_{+1} = \overrightarrow{OA}, \qquad \overrightarrow{OC}_{+1} = \overrightarrow{OB} \qquad \text{si } \lambda < \mu.$$

L'intérêt de cet algorithme ([3]) est de permettre la recherche de OABC à partir de $OA_{+1}B_{+1}C_{+1}$ quelconque, en restant dans $z \geqq 0$ ([4]), ce qui n'était pas possible à partir de l'algorithme de Jacobi.

Théorème. — *Tous les trivecteurs principaux relatifs à* (D) *se répartissent en une infinité de suites simples, chacune d'elles étant issue d'un* $OA_0B_0C_0$ *tel que*

---

([2]) Ceci généralise une représentation classique des fractions continues (Poincaré, *J. Éc. Polyt.*, 48, 1880, p. 221-226) consistant à envisager, vis-à-vis d'une direction (D) issue de O, dans le plan d'un réseau d'origine O, tous les triangles OAB formant base et encadrant (D).

([3]) Une généralisation de Viggo Brun (*Vid. Selsk. Skr. I. M. N. K* 1, 1919, n° 6) conduit à cet algorithme si l'on convient de grouper ses transformations $\alpha$ successives.

([4]) La recherche des trivecteurs précédant OABC correspond à une recherche classique du P. G. C. D. de $z_A$, $z_B$, $z_C$ (remplacement de $z_A$ par le reste de sa division par le plus grand des deux autres).

$OB_0C_0$ *soit, dans* $z = 0$, *un « bivecteur » de base situé dans un demi-plan arbitrairement fixé (par exemple* $y \geq 0$).

Ceci découle du passage toujours possible de $OA_{+1}B_{+1}C_{+1}$ à OABC, passage qui, même dans le cas $z_{A_{+1}} = Kz_{B_{+1}}$ ou $z_{A_{+1}} = Kz_{C_{+1}}$, reste unique grâce à la restriction du demi-plan.

Il faut donc envisager tous les départs possibles, qui sont en nombre infini, pour obtenir (en formant les suites correspondantes) tous les trivecteurs principaux d'approximation de (D) [5].

2. *Trivecteurs congrus modulo* (D). — J'appelle ainsi les trivecteurs fournissant, vis-à-vis de (D), les mêmes valeurs de $\lambda$ et $\mu$ [6].

Soit $T_i \equiv T_j$ [mod(D)].

On a donc

$$\overrightarrow{OA_j} + \lambda\overrightarrow{OB_j} + \mu\overrightarrow{OC_j} = \rho\left(\overrightarrow{OA_i} + \lambda\overrightarrow{OB_i} + \mu\overrightarrow{OC_i}\right),$$

d'où $\rho$ est une unité d'un corps cubique (équation caractéristique) et $\lambda$ et $\mu$ appartiennent à ce corps.

Un algorithme relatif à $\sigma$ et $\tau$ devient périodique dès que la suite des trivecteurs explorés fait apparaître $T_i \equiv T_j$ [mod(D)]. Il faut alors que $\sigma$ et $\tau$ soient irrationnelles cubiques d'un même corps, car $\lambda = \sigma - s$ et $\mu = \tau - t$, $s$ et $t$ étant les parties entières respectives de $\sigma$ et $\tau$.

*Réciproquement*, la question de la périodicité n'étant pas encore résolue pour l'algorithme de Jacobi, non plus que pour aucun algorithme linéaire « mécanique » [7], l'exploration de tous les trivecteurs principaux relatifs à (D) fournit toutes les unités du module ($\sigma$, $\tau$, 1) de ce corps : il suffit de considérer tous les couples ($\lambda$, $\mu$) égaux au couple ($\sigma - s$, $\tau - t$), couples qui existeront dès que $\sigma$ et $\tau$ seront des irrationnelles cubiques d'un même corps.

On a donc là une méthode qui permet de caractériser les irrationnelles cubiques, et de trouver toutes les unités d'un module du corps correspondant.

---

[5] Le calcul doit être mené à partir de tous les éléments du tableau ci-contre, de formation évidente, ainsi que de ceux du tableau obtenu par le changement de $\sigma$ en $-\sigma$.

$$(\sigma, \tau) \begin{cases} (\sigma - \tau, \tau) \begin{cases} (\sigma - 2\tau, \tau) & < \dots \\ (\sigma - \tau, 2\tau - \sigma) & < \dots \end{cases} \\ (\sigma, \tau - \sigma) \begin{cases} (2\sigma - \tau, \tau - \sigma) & < \dots \\ (\sigma, \tau - 2\sigma) & < \dots \end{cases} \end{cases}$$

[6] Généralisation de la notion de triangles « similaires » envisagée par *Poincaré* relativement à une direction quadratique.

[7] J'entends « mécanique » pour algorithme ne faisant intervenir que (D). J'ai montré (notes citées), pour deux algorithmes voisins de celui de Jacobi, l'existence de suites non périodiques de trivecteurs principaux tendant vers D. On connaît d'autre part des algorithmes périodiques linéaires, mais qui font intervenir les directions conjuguéees (D') et (D'') : par exemple : CHARVE, *Ann. Éc. Norm.*, 1880, IXe Suppl.; MINKOWSKI, *Ann. Éc. Norm.*, 13, 1896, p. 41-60; CHATELET, *Thèse*, 1911.

Je montrerai dans une prochaine Note comment cette recherche peut être simplifiée, dans le cas des corps à conjugués réels, en considérant les trivecteurs principaux relatifs à la fois à deux des trois directions conjuguées.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Définitions des fonctions presque automorphes et presque* $\theta$. Note (*) de M. **Paul Métral**, présentée par M. Joseph Pérès.

Voici trois types de définitions généralisant les fonctions presque périodiques.

1. Soit $C_0$ un point du plan de Poincaré (ou du plan cayleyen); soit G un groupe fuchsien (on peut généraliser); nous dirons que B est entre A et C si les distances non euclidiennes à $C_0$ sont dans l'ordre $C_0A$, $C_0B$, C; appelons $\Sigma$ les substitutions (non de G) qui transforment les cercles non euclidiens de centre $C_0$ en cercles de même centre non euclidiens. Si :

*a.* à tout $\varepsilon > 0$, correspond une $\Sigma$ telle que, si deux homologues de $C_0$ sont situés sur deux cercles non euclidiens $\gamma$ et $\Sigma\gamma$, il existe dans la couronne un homologue de $C_0$, pouvant être déduit de $C_0$ par une substitution S de G ;

*b.* à toute telle substitution S correspond une S′ infiniment voisine (naturellement non de G) pour laquelle l'inégalité

$$|f(S'z) - f(z)| < \varepsilon$$

soit vérifiée pour tout $z$ (ou au moins dans certain domaine du demi-plan supérieur), nous dirons que $f$ est une fonction presque fuchsienne ; nous supposerons en général les conditions vérifiées par les fonctions fuchsiennes, relatives aux pôles.

Deux substitutions S et S′ sont dites infiniment voisines si elles diffèrent par une infinitésimale : $S' = SI$, l'infinitésimale étant prise au sens de Poincaré (¹), I étant dite d'ordre $\alpha$ si $a - 1$, $d - 1$, $b$ et $c$ s'annulent avec $a$; mais on peut définir au moyen de suites (²), en amplifiant le groupe.

Au lieu de considérer des correspondances entre points, on peut utiliser des polygones, par exemple ceux qui sont obtenus par rayonnement, les points précédents étant les centres. Comme pour les fonctions presque périodiques on montre que l'étude dans le demi-plan se réduit à l'étude dans un nombre fini de polygones. De là résulte l'existence d'une S et d'un entier $p$ tels que, à tout point $z'$ situé sur un cercle non euclidien $\gamma$ de centre $C_0$ corresponde un $z''$ situé sur $S^p_\gamma$ tel que $|f(z') - f(z'')| < 4\varepsilon$; on conclut que la somme de deux presque fuchsiennes est une presque fuchsienne, d'où les conséquences classiques dans la théorie des presque périodiques.

---

(*) Séance du 7 mai 1951.

(¹) *Acta Math.*, 3, 1883, p. 57.

(²) Fatou dans Appell et Goursat, *Fonctions algébriques*, II, p. 64.

2. Comme autre procédé de définitions, nous utiliserons la correspondance indiquée par Klein ([3]) entre les polygones normaux d'un continu et une variable réelle $t$; dans le cas le plus simple, à toute valeur de $t$ comprise entre 0 et 1, correspond un polygone normal de signature $(0, 3, l', l'')$; le classement par distances utilisé dans (I) est remplacé par un classement sur $t$ : le polygone $P'$ est dit entre $P$ et $P''$ si $t'$ est entre $t$ et $t''$ et $f(z)$ sera dite presque fuchsienne si $P$ étant un polygone quelconque, entre $P$ et $\Sigma P$ existe un homologue du polygone initial par une substitution $S$, telle que $|f(Sz)-f(z)|<\varepsilon$. On peut modifier cette définition en choisissant le domaine de variation de $\Sigma$, ou en utilisant des fonctions de $t$. Par exemple, on peut prendre comme correspondance entre les $P$, celle qui correspond à une fonction presque périodique élémentaire, restreinte, sur la variable $t$.

On généralise à des continus plus compliqués en utilisant les résultats de Klein : dans le cas $(p, n; l, l', l'', \ldots)$ le segment $(0, 1)$ est remplacé par un cube à $3n-i+6p-6$ dimensions : nous considérerons un polygone comme situé entre deux autres si son point représentatif est intermédiaire sur la droite de jonction. D'où des propriétés de type presque périodique. Enfin on peut remplacer la représentation de Klein par l'emploi de la fonction de Poincaré ([4]) dont on connaît les avantages.

3. D'une manière plus générale, nous appellerons presque automorphe, toute fonction vérifiant :

*a*. A tout $\varepsilon>0$ correspond un groupe $G$;

*b*. Tout ensemble déduit d'un point (ou plus généralement d'un ensemble) par les opérations de $G$ contient un sous-ensemble susceptible d'être obtenu en appliquant à un point (ou ensemble) initial des opérations $L$ telles que $|f(Lz)-f(z)|<\varepsilon$, $z$ étant quelconque, au moins dans un certain domaine. Cette définition s'applique évidemment à d'autres objets que des points du plan $(z)$ et à d'autres groupes que les automorphes usuels.

Considérons par exemple les fonctions presque $\theta$, obtenues en remplaçant l'inégalité precédente par $|f(Lz)-f(z)(\gamma z+\delta)^r|<\varepsilon$.

En utilisant des méthodes parallèles à la fois aux méthodes de Peterson ([5]) et à celles des fonctions presque périodiques, on obtient des convergences qui sont analogues à des moyennes; avec les notations de Peterson, en utilisant sa classification des $\theta$ ordinaires en elliptiques, paraboliques et hyperboliques, on a comme point de départ pour $f$ presque $\theta$,

$$\left|\iint_{LK_0} f(z)y^{\frac{r}{2}-2}\,dx\,dy-\iint_{K_0} f(z)y^{\frac{r}{2}-2}\,dx\,dy\right|<\varepsilon\,|J_r(LK_0)|$$

([3]) *Automorphes*, 2, p. 286 et suiv.

([4]) *Acta Math.*, 4.

([5]) *Math. Ann.*, 117, 1940 et surtout *Acta Mathematica*, 80, 1948.

dans les cas paraboliques et hyperboliques; $k_0$ représente un cercle, de centre non euclidien $z_0$ quelconque [soumis à des restrictions ([5])] et où $J_r$ est l'intégrale

$$J_r(LK_0) = \iint_{LK_0} y^{\frac{r}{2}-2}\,dx\,dy = \iint_{K_0} \frac{y^{\frac{r}{2}-2}}{|yz+\delta|^r}\,dx\,dy.$$

Dans le cas elliptique, l'intégrale fondamentale est ($u$ étant un point fixe)

$$J'_r = \iint |z+u|^{-r} y^{\frac{r}{2}-2}\,dx\,dy.$$

on est conduit à des convergences uniformes dans les bandes verticales, n'atteignant pas l'axe réel; on suppose $r$ supérieur à 2.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Théorèmes d'existence et d'unicité pour les équations de la théorie unitaire de Jordan-Thiry.* Note (*) de Mme **Yvonne Fourès-Bruhat**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le problème du déterminisme se pose dans la théorie unitaire de Jordan-Thiry sous forme du problème de Cauchy relatif à un système d'équations aux dérivées partielles d'un type que j'ai précédemment étudié. La solution obtenue admet pour approximation la solution du même problème pour les équations primitives de l'électromagnétisme relativiste : si le facteur de gravitation est stationnaire, il est constant.

*Équations de la théorie unitaire de Jordan-Thiry* ([1]). — Le problème du déterminisme se pose, dans la théorie unitaire, sous la forme du problème de Cauchy relatif au système d'équations, aux dérivées partielles du second ordre, aux quinze fonctions inconnues $\gamma_{\lambda\mu}$

$$(1) \qquad S_{\alpha\beta} \equiv R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\gamma_{\alpha\beta} R \qquad (\alpha, \beta = 0, 1, \ldots, 4),$$

$R_{\alpha\beta}$ est le tenseur de Ricci d'un espace de Riemann pentadimensionnel, cylindrique par rapport à $x^0$, de métrique

$$d\sigma^2 = \gamma_{\lambda\mu}\,dx^\lambda\,dx^\mu = (V\,dx_0 + \beta\varphi_i\,dx^i)^2 + ds^2 \qquad (i = 1, 2, \ldots, 4),$$

$ds^2 = g_{ij}\,dx^i\,dx^j$ est la métrique de l'espace-temps, $\varphi_i$ le potentiel-vecteur, V le facteur de gravitation.

En coordonnées isothermes, les équations ([1]) se réduisent à des équations $G_{\alpha\beta} = 0$, pour lesquelles j'ai démontré l'existence et l'unicité de la solution du problème de Cauchy. En effet

$$R_{\alpha\beta} \equiv G_{\alpha\beta} + L_{\alpha\beta},$$

(*) Séance du 7 mai 1951.

([1]) Y. Thiry, *Thèse*, 1950 (à paraître au *Journal de Liouville*).

avec

$$G_{\alpha\beta} \equiv \frac{1}{2} g^{ij} \frac{\partial^2 \gamma_{\alpha\beta}}{\partial x^i \partial x^j} + P_{\alpha\beta}(\gamma_{\lambda\mu}, \partial_i \gamma_{\lambda\mu}),$$

$$L_{\alpha\beta} \equiv \frac{1}{2} \gamma_{\beta\mu} \partial_\alpha F^\mu + \frac{1}{2} \gamma_{\alpha\mu} \partial_\beta F^\mu,$$

$F^\mu \equiv \nabla_\lambda \gamma^{\lambda(\mu)} = 0$ est la condition d'isothermie pour $x^\mu$.

*Problème du déterminisme.* — Je suppose donnés pour $x^4 = 0$ (variété d'espace) les $\gamma_{\lambda\mu}$ et $\partial_4 \gamma_{\lambda\mu}$ (respectivement cinq et quatre fois différentielles), c'est-à-dire les potentiels $g_{ij}$ (la forme quadratique $g_{ij} X^i X^j$ étant hyperbolique normale), le potentiel-vecteur $\varphi_i$, le facteur de gravitation V et leurs dérivées premières. Nous supposons que ces quantités satisfont aux « conditions initiales » ([2])

$$S_4^\lambda = 0 \text{ pour } x^4 = 0 \tag{2}$$

et que, de plus,

$$F^\mu = 0 \quad \text{pour} \quad x^4 = 0. \tag{3}$$

Je déduis des équations (2) et (3) $\partial_4 F^\mu = 0$ pour $x^4 = 0$.

Le problème de Cauchy ainsi posé admet une solution unique relativement aux équations $G_{\alpha\beta} = 0$. *Cette solution est isotherme et vérifie les équations* $R_{\alpha\beta} = 0$ : les conditions de conservation $\nabla_\lambda S_\mu^\lambda \equiv 0$ montrent en effet que les $F^\mu$ vérifient un système d'équations aux dérivées partielles hyperboliques homogène, d'où l'on déduit $F^\mu = 0$.

*Équations primitives de l'électromagnétisme relativiste.* — Ce sont des équations aux inconnues $g_{ij}$, $\varphi_i$ obtenues en faisant $V = \text{const.}$ dans les quatorze premières équations de la théorie unitaire écrites par Thiry sous la forme

$$(4) \quad \begin{cases} \bar{S}_{ik} - \dfrac{\beta^2 V^2}{2} \left( \dfrac{1}{4} g_{ik} F^{jh} F_{jh} - F_i{}^j F_{kj} \right) + \dfrac{1}{V} [\bar{\nabla}_k(\partial_i V) - g_{ik} \bar{\Delta}_2 V] = 0, \\ \bar{\nabla}_j F^j{}_i + \dfrac{3\, \partial_j V}{V} F^j{}_i = 0; \\ \dfrac{1}{V} \bar{\Delta}_2 V - \dfrac{\beta^2 V^2}{4} F^{jh} F_{jh} = 0. \end{cases}$$

Ces quatorze équations sont du même type que $G_{\alpha\beta} = 0$ si les coordonnées $x^\alpha$ sont isothermes, c'est-à-dire ici si $x^i$ est isotherme dans l'espace-temps et si $\varphi_i$ satisfait à la condition habituelle $\nabla_i \varphi^i = 0$.

Un raisonnement analogue au précédent et l'utilisation des identités $\bar{\nabla}_i S_k^i \equiv 0$ et $\bar{\nabla}_i(\bar{\nabla}_j F^{ji}) \equiv 0$ démontre l'existence d'une solution des quatorze équations (4) (où l'on a fait $V = \text{const.}$), isotherme, quand les données de Cauchy satisfont aux « conditions initiales » et aux conditions d'isothermie.

*Comparaison des résultats.* — La théorie primitive de l'électromagnétisme

---

([2]) Lichnerowicz, *Problèmes globaux en mécanique relativiste*, Hermann, Paris, 1939.

relativiste devant être une première approximation de la théorie unitaire, la solution trouvée des quinze équations (1) doit différer très peu, pour que la théorie unitaire soit recevable de la solution des quatorze équations primitives, pour une même valeur de V. Je démontre qu'il en est bien ainsi et même que le facteur de gravitation V reste constant s'il est stationnaire, c'est-à-dire si $V = \text{const.}$ et $\partial_4 V = 0$ pour $x^4 = 0$. J'utilise pour la démonstration les identités $\nabla_k S_i^k = 0$ et $\overline{\nabla}_k \overline{S}_i^k = 0$ qui donnent : $\overline{\Delta}_2(\partial_i V) + P_h \partial_h V = 0$, d'où résulte : $\partial_i V = 0$, $V = \text{const.}$ C. Q. F. D.

Le carré du champ électrique est dans ce cas égal au carré du champ magnétique.

CALCUL GRAPHIQUE. — *La dérivation successive des courbes expérimentales.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons indiqué autrefois [1] un procédé de dérivation expérimentale avec sa justification théorique, procédé consistant, les ordonnées expérimentales étant d'équidistance $h$, à prendre pour dérivée à l'abscisse $ph$, le quotient par $N(N+1)h$ de l'excès de la somme des N ordonnées de rangs $p+1, p+2\ldots, p+N$, sur la somme des ordonnées de rangs $p-1, p-2, \ldots p-N$. Nous avions bien précisé qu'il fallait calculer la dérivée pour tous les points successifs, et passer ensuite au mieux à travers les points.

En observant le graphique de la dérivée, on trouve que la fine dentelure de la courbe donnée a presque disparu, ce qui se comprend sans peine puisqu'on opère sur des moyennes de N ordonnées; mais on constate aussi l'apparition inattendue d'une sorte d'oscillation d'assez longue période, que l'on pense d'autant moins à croire liée à l'imprécision expérimentale, et les dérivations successives amplifient jusqu'à la caricature cette allure défectueuse, que l'on espérait corriger empiriquement avec une assez grande sécurité à la première dérivation,

Nous donnons ci-dessous l'explication de cette étrange propriété.

La dérivation portant sur $(2N+1)$ ordonnées, l'ensemble des points expérimentaux doit donc contenir exactement $q$ tels groupes. Cela étant, l'irrégularité, liée à l'imprécision expérimentale, est une fonction, nulle en moyenne sur l'intervalle $(2N+1)qh$, que l'on peut représenter par une série de Fourier. Voyons ce que donne, dans la dérivée telle que nous la calculons, l'harmonique d'ordre $m$ de cette perturbation, soit, au point $x = ph$,

$$a_m \sin 2m\pi \frac{p}{q(2N+1)}$$

(les résultats sont analogues pour le terme en cosinus) : les formules classiques

[1] *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 579.

sur la sommation des sinus d'arcs en progression arithmétique donnent l'amplitude

$$A_m = \frac{2a_m}{N(N+1)h} \frac{\sin\frac{m(N+1)\pi}{q(2N+1)} \sin\frac{mN\pi}{q(2N+1)}}{\sin\frac{m\pi}{q(2N+1)}}.$$

Pour discuter cette expression, supposons N grand, $m$ et $q$ moyens. Posant $(m\pi/2q)=z$, on trouve $A_m \sim (2a_m/Nh)(\sin^2 z/z)$. Or, $\sin^2 z/z$ est maximum pour $z=1,165$. Le fondamental et les harmoniques étant supposés de même amplitude, après dérivation l'harmonique $m$ est amplifié $0,93q$ fois. La dérivation renforce donc l'harmonique de rang $2zq/\pi$ ou $(3/4)\ q$; c'est-à-dire qu'on a créé une ondulation dont la période est $(4/3)(2N+1)h$, soit les $4/3$ de la largeur du « rateau de dérivation ». Avec une dérivation utilisant 9 termes comme nous le faisons volontiers, cela fait une période de 12 termes.

Si l'imprécision expérimentale n'était pas chose si complexe, et si donc ce schéma était vraiment rigoureux, on pourrait espérer neutraliser l'ondulation en prenant, à la dérivation suivante, $N'=4/3(2N+1)$, puisque ainsi son effet serait nul sur chacun des deux constituants de la dérivée. Mais alors le rateau s'étendrait trop vite et il aurait atteint tout l'intervalle expérimental avant que l'ordre de dérivation soit devenu un peu notable, et surtout nous n'aurions bien vite plus le droit d'appliquer la formule de dérivation, laquelle suppose que le long des dents du rateau le phénomène expérimental soit représentable par une loi du 2e degré.

Il est donc nécessaire de supprimer l'ondulation après dérivation, par un lissage soigneux. Nous montrerons dans un autre Ouvrage qu'on peut y arriver par le calcul avec une certaine sécurité, quoique péniblement; mais si l'on doit lisser graphiquement, et surtout renouveler plusieurs fois la dérivation, on introduit très vite un élément subjectif fort grave (nous l'avons constaté dans le dépouillement d'expériences thermiques où apparaissait une énorme ondulation étrangère au problème physique), qui nous conduit à rappeler une fois de plus combien un document expérimental permet mal les conclusions d'une analyse un peu fouillée.

## CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Processus de Markoff. Cas dénombrable.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. La présente Note fait suite à trois Notes antérieures ([1]). Je voudrais d'abord m'excuser d'avoir dans la première présentés comme nouveaux quelques résultats déjà établis par J. L. Doob ([2]), puis revenir sur une phrase ambiguë de ma dernière Note.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 467, 1208; 232, 1951, p. 1400.

([2]) *Transactions of the Amer. Math. Soc.*, 58, 1945, p. 455-473.

Après avoir dit qu'un processus du premier type est bien défini par les coefficients $\lambda_h = 1/\mu_h$ et $p_{h,k}$, j'avais ajouté : il n'en est ainsi pour aucun autre type. Il est exact qu'il n'existe de théorème général analogue pour aucun autre type. Mais certains processus particuliers du troisième type sont bien définis par les coefficients considérés.

Si en effet $p_h = \sum_k p_{h,k} < 1$, il y a une probabilité positive $1 - p_h$ que l'instant où le système quitte l'état $A_h$ soit celui d'une *fuite instantanée à l'infini*. Il peut arriver qu'il n'existe qu'un chemin permettant le retour en un temps fini. Alors le processus est bien défini si on connaît les $\lambda_h$ et les $p_{h,k}$.

*Exemple.* — $p_{h,h-1} = 1$ ($h \geq 1$), tous les autres $p_{h,k}$ (donc tous les $p_{0,k}$) nuls. Si $\Sigma\mu_h = \infty$, le système ne peut pas revenir de l'infini en un temps fini; les données sont incompatibles. Si $\Sigma\mu_h < \infty$, il y a un chemin de retour et un seul, et le processus est bien défini par les $\lambda_h$ et les $p_{h,k}$. Si, au lieu de $p_{h,h-1} = 1$, on suppose $p_{h,h-r} = 1$ ($r$ entier donné $> 1$, $h \geq r$) et $\Sigma\mu_h < \infty$, il y a $r$ chemins de retour possibles; le processus reste indéterminé.

2. L'objet de la présente Note est surtout d'esquisser une théorie générale des processus des trois derniers types, en modifiant d'ailleurs pour le cinquième et le sixième les définitions antérieurement proposées.

*Cinquième type.* — Nous le caractériserons par l'apparition de la circonstance suivante : il existe au moins un état instantané, soit $A_h$, pour lequel l'ensemble $E_h$ des $t$ pour lesquels $H(t) = h$ puisse être mesurable, mais pas de mesure nulle. On peut, sans restriction essentielle, le supposer fermé. Soit $\tau$ la mesure de la partie de $E_h$ intérieure à $(0, t)$, et $\theta = t - \tau = \Phi(\tau)$ celle de l'ensemble complémentaire. C'est une fonction aléatoire constamment croissante, totalement discontinue, additive, la loi de ses accroissements étant stationnaire. Elle dépend d'un processus de type bien connu.

Il peut exister plusieurs états analogues, ou même une infinité. Mais la réunion des $E_h$ qui leur correspondent ne peut remplir aucun intervalle, et dans chacun des intervalles complémentaires la loi de l'évolution est d'un des quatre premiers types; il en est de même de celle qui définit l'ordre de succession des états instantanés.

En réduisant à zéro le temps réservé aux états instantanés, c'est-à-dire en supposant que $\theta$, et non $t$, représente le temps, on obtient un processus du quatrième type. La définition constructive qui précède s'étend ainsi à tous ceux des processus du quatrième type pour lesquels il n'y a qu'une infinité dénombrable au plus d'états fictifs distincts.

*Sixième type.* — Ce type est caractérisé par l'apparition d'ensembles $E_h$ non mesurables; il y en a alors au moins deux. On en connaît un exemple trivial : $P_{h,k}(t)$ indépendant de $h$ et de $t$. On peut définir le processus le plus général de ce type en représentant chaque état possible par deux indices $h$ et $l$.

La variation du premier indice $h = H(t)$ dépendra d'un processus d'un des cinq premiers types. A chaque valeur de $h$ seront associées $n_h$ valeurs possibles de $l$ ($1 \leqq n_h \leqq \infty$, un au moins des $n_h > 1$), et, tant que $H(t) = h$, ces valeurs se succéderont suivant une loi du type trivial que nous venons de rappeler.

Supposons, pour simplifier, qu'un seul des $n_h$, soit $n_0$, soit $> 1$. Si alors l'état $A_0$ est stable ($\mu_0 > 0$), la réunion des différents $E_{0,l}$ est une réunion d'intervalles dont tous les points sont des points de discontinuité. Si l'état $A_0$ est instantané, c'est-à-dire si $H(t)$ est une fonction aléatoire du cinquième type, $E_0$ est un ensemble parfait discontinu, de mesure positive. Ce cas ne saurait être considéré comme plus simple que le précédent. C'est pour cela que nous avons modifié notre classification initiale, de manière à le rattacher au sixième type (et non au cinquième).

*Septième type*. — Les fonctions $P_{h,k}(t)$ elles-mêmes ne sont pas toutes mesurables. La possibilité de ce cas résulte d'un exemple de J. L. Doob ([3]). D'une manière générale, nous dirons qu'un processus est du type de Doob si les $P_{h,k}(t)$ ne sont pas mesurables, et n'ont pas d'autre valeur possible que 0 et 1, de sorte que le processus cesse d'être aléatoire. Au sujet du processus le plus général du septième type, nous ne pouvons que suggérer l'hypothèse suivante : on le déduit du type de Doob par une combinaison d'indices analogue à celle indiquée à propos du sixième type. Ainsi, on choisirait d'abord un indice $h$ dépendant d'un des processus des cinq premiers types. Pour chaque $h$, ou pour certains $h$, un second indice $k$ dépendrait d'un processus du tye de Doob. Pour chaque $k$, ou pour certains $k$, un dernier indice $l$ dépendrait d'un processus du cas trivial du sixième type.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Une généralisation de la notion de valuation pour les treillis quelconques et son application aux distributions de la statistique quantique*. Note de M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par par M. Émile Borel.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai défini une classe d'expressions (contenant en particulier les informations au sens de Fisher et au sens de Wiener) comme les solutions continues homogènes et de degré 1 de l'équation

$$(1) \quad K(x, y+z) + K(y, z) = K(y, z+x) + K(z, x) = K(z, x+y) + K(x, y),$$

où $x$, $y$ et $z$ sont les probabilités relatives à trois sous-ensembles disjoints de l'ensemble des valeurs d'une variable aléatoire.

([3]) *Transactions of the Amer. Math. Soc.*, 52, 1942, p. 37-64 (*voir* p. 38, remarques suivant le th. 1).

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 925.

$K(x, y)$ est le gain d'information attaché à la distinction des deux sous-ensembles X et Y à l'intérieur de $X \cup Y$. L'équation (1) exprime le fait que la somme des gains attachés à une suite admissible de semblables opérations ne dépend que de la partition résultante et qu'elle est donc une fonction $|\varpi|$ des éléments $\varpi$ du treillis $\mathfrak{M}$ des relations d'équivalence de l'ensemble des valeurs de la variable aléatoire considérée. Réciproquement, la possibilité d'une semblable définition implique pour toute fonction $|\varpi|$ des éléments de $\mathfrak{M}$ des propriétés qui en font une généralisation naturelle de la notion de valuation et qui permettent en outre de résoudre simplement (1).

*Définition d'une valuation généralisée.* — Soit un treillis T d'éléments $a, b, \ldots$. Nous dirons que l'application $x \to |x|$ des éléments de T dans un anneau commutatif $\mathfrak{A}$ est une valuation généralisée si :

(2) Pour tout $a$ et $b$ :
$[a \cap b, a \cup b]$ isomorphe à $[a \cap b, a] \times [a \cap b, b]$ entraîne $|a \cap b| + |a \cup b| = |a| + |b|$.

Cette condition, plus faible que la condition classique, s'y réduit cependant pour les treillis distributifs. L'existence d'une valuation généralisée non triviale n'entraîne pas nécessairement la modularité de T. Par exemple si T est le matroïde des relations d'équivalence d'un ensemble fini E, toute valuation généralisée de la relation $\varpi$ de E formée des sous-ensembles disjoints $X_1, X_2, \ldots, X_i$ est de la forme

(3) $$|\varpi| = f(X_1) + f(X_2) + \ldots + f(X_i) + f(E),$$

où $f$ est une application dans $\mathfrak{A}$ des parties de E.

Réciproquement on montrerait que (2) entraîne (1) puisqu'il permet de définir

$$K(x_i, x_j) = |(X_1)(X_2)\ldots(X_i)(X_j)| - |(X_1)(X_2)\ldots(X_i \cup X_j)|.$$

Les $f$ étant arbitraires et K satisfaisant à l'équation aux dérivées partielles $\partial^3 K(x, y)/\partial^2 x \partial y = \partial^3 K(x, y)/\partial x \partial^2 y$, on voit l'analogie qui existe entre les valuations généralisées d'un matroïde de relations d'équivalence et les valuations classiques du treillis distributif que définit sur l'espace-temps la théorie de la relativité [*cf.* G. Birkhoff (2)].

*Application aux distributions des statistiques quantiques.* — Posons $P\begin{Bmatrix} g_1, g_2, \ldots, g_i \\ n_1, n_2, \ldots, n_i \end{Bmatrix}$ = probabilité conditionnelle de trouver respectivement $n_1$, $n_2, \ldots, n_i$ particules dans les domaines 1, 2, ..., $i$ de mesure $g_1, g_2, \ldots, g_i$ quand sont déjà fixés $N = \Sigma n_i$ et $G = \Sigma g_i$.

D'après l'axiome des probabilités composées :

$$P\begin{Bmatrix} g_i, g_j + g_k \\ n_i, n_j + n_k \end{Bmatrix} P\begin{Bmatrix} g_j, g_k \\ n_j, n_k \end{Bmatrix} = P\begin{Bmatrix} g_j, g_k + g_i \\ n_j, n_k + n_i \end{Bmatrix} P\begin{Bmatrix} g_k, g_i \\ n_k, n_i \end{Bmatrix}.$$

(2) *Lattice theory*, New-York, 1948, p. 150-151.

Donc Log P satisfaisant à (1) se déduit d'une valuation du matroïde des partitions de N. $P\left\{\begin{matrix} g_1, g_2, \ldots, g_i \\ n_1, n_2, \ldots, n_i \end{matrix}\right\}$ est donc de la forme $\Pi f(g_i, n_i)/f(G, N)$
D'autre part, d'après l'axiome des probabilités totales,

$$P\left\{\begin{matrix} g_i, g_j + g_k \\ n_i, n_j + n_k \end{matrix}\right\} = \sum_{a=0}^{n_j+n_k} P\left\{\begin{matrix} g_i, g_j, g_k \\ n_i, a, n_j + n_k = a \end{matrix}\right\}.$$

C'est-à-dire pour tout $g_i$, $g_j$, $g_k$ :

$$f(g_i, n_i)f(g_j + g_k, n_j + n_k) = \sum_{a=0}^{n_j+n_k} f(g_i, n_i)f(g_j, a)f(g_k, n_j + n_k - a).$$

Soit maintenant $f(u)$ une densité de probabilité et $\psi(v)$ sa deuxième caractéristique. Écrivons $f^{*g}(u)$ pour la densité de probabilité dont la deuxième caractéristique est $g\psi(v)$. Les équations précédentes montrent que pour toute distribution

$$P\left\{\begin{matrix} g_1, g_2, g_3, \ldots, g_i \\ n_1, n_2, n_3, \ldots, n_i \end{matrix}\right\} = \frac{\Pi f^{*g_i}(n_i)}{f^{*G}(N)}.$$

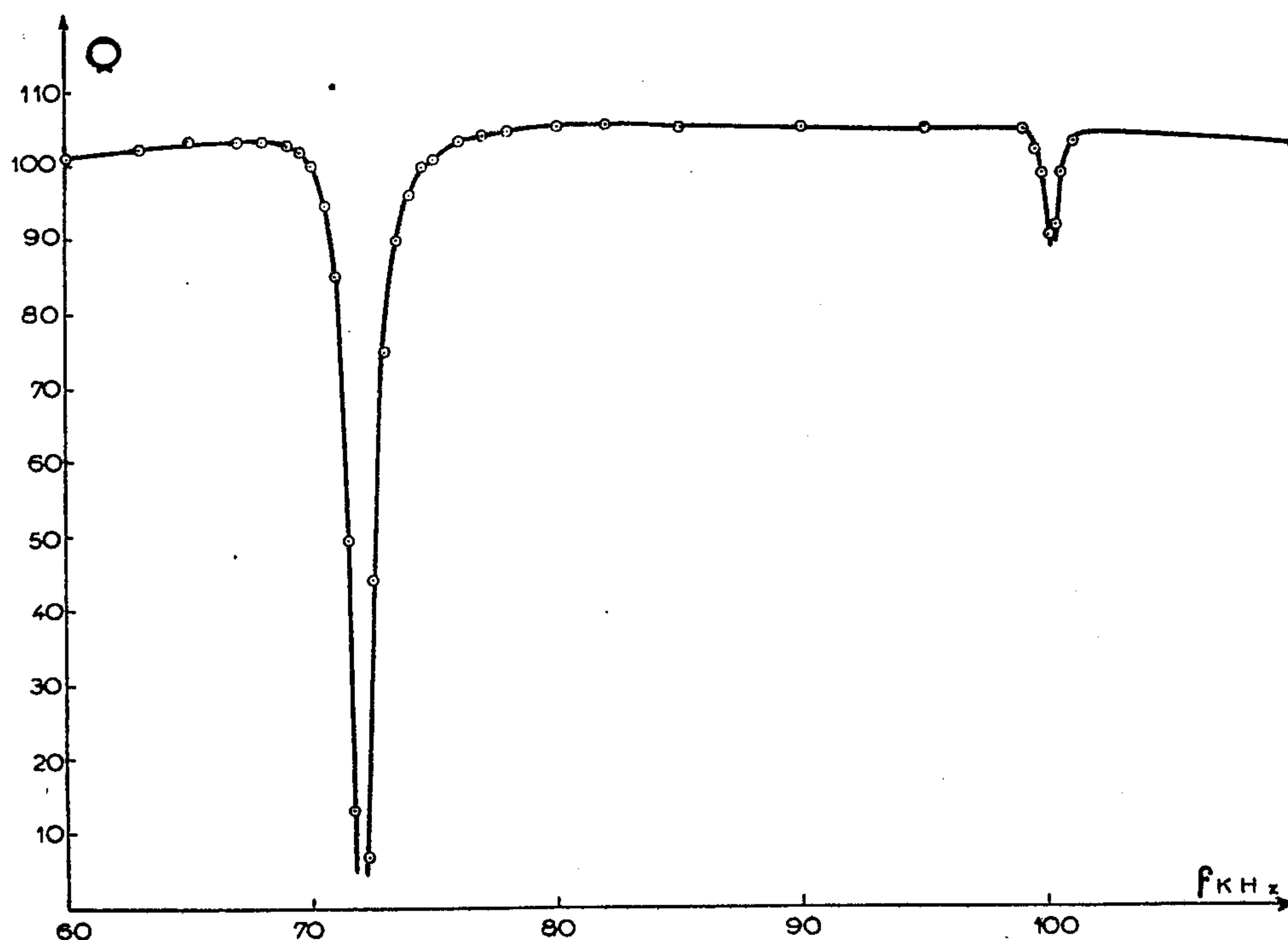
Il est intéressant de remarquer que si l'on admet que les raisonnements ci-dessus s'appliquent aux probabilités $\overline{P}\left\{\begin{matrix} g_1, g_2, \ldots, g_i \\ n_1, n_2, \ldots, n_i \end{matrix}\right\}$ pour que les particules 1, 2, ..., $n_1$, $n_1 + 1$, $n_1 + 2$, ..., $n_{i+k}$, ..., N occupent des domaines de mesures respectives $g_1$, $g_2$, ..., $g_i$, on doit avoir une expression analogue pour les $\overline{P}$. On constate qu'il en est bien ainsi pour les trois statistiques habituelles avec $g$ variant continûment pour la statistique de Boltzmann et par valeurs entières pour les deux autres. En général, $P \neq \overline{P}$.

MÉCANIQUE. — *Mesure du module d'Young des ferrites*. Note de MM. **Louis Weil** et **Louis Bochirol**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons déterminé le module d'Young d'un ferrite mixte $Fe_2O_3Ni_{0,3}Zn_{0,7}O$ en cherchant la fréquence de résonance mécanique des oscillations radiales d'anneaux. Ces oscillations ont été excitées par magnétostriction : un bobinage, parcouru par un courant de fréquence variable créait le champ; nous avons détecté la résonance mécanique, caractérisée par une absorption de puissance active, par la chute brusque du Q du circuit (*fig.*).

L'un de nous a remarqué qu'on pouvait obtenir des oscillations de magnétostriction importantes, même dans un noyau de très faible magnétostriction à saturation (environ $1.10^{-6}$ pour le ferrite étudié), s'il existe des valeurs de l'aimantation au voisinage desquelles la variation de longueur $dl/l$ pour une petite variation de champ est suffisamment grande. Nous avons cherché ces

conditions optima en étudiant l'influence d'une aimantation continue parallèle et superposée à l'aimantation alternative. Nous avons obtenu la courbe ci-contre en utilisant simplement comme polarisation l'aimantation rémanente de l'anneau.




La formule donnant les fréquences des vibrations radiales d'un anneau de méridienne circulaire, de section faible, est (Love)

$$N = \frac{1}{2\pi r}\sqrt{\frac{E}{\rho}}\sqrt{1+p^2},$$

$r$ étant le rayon moyen, E le module d'Young, $\rho$ la masse spécifique, $p$ le rang du partiel. M. Kuntzmann a montré que pour un anneau de méridienne rectangulaire, de section finie, d'épaisseur radiale $d$, de hauteur $h$ faible, $N_0$ gardait la même valeur et que

$$N_1 = N_0\sqrt{\frac{2}{1+\frac{d^2}{6r^2}}}.$$

Avec l'anneau utilisé ($r = 1,124$, $h = 0,312$, $d = 0,454$), on déduit ainsi $N_1/N_0 = 1,394$ et l'expérience donne 1,39. L'écart est inférieur aux erreurs d'expériences. Pour le module d'Young on trouve $1,17 . 10^{12}$ C. G. S.

Nous avons remarqué que $\rho$ influe sur E; la densité de l'anneau étudié n'étant

que de 4,5, on peut déduire d'expériences en cours, et de mesures analogues faites sur des métaux frittés, que la valeur de E trouvée est bien inférieure à celle du ferrite massif ($\rho = 5,29$, mesurée aux rayons X).

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Effets de liaisons supplémentaires, introduites après les charges, dans les solides visco-élastiques.* Note (*) de M. **Franco Lévi**, transmise par M. Gustavo Colonnetti.

Imaginons d'appliquer un système quelconque de forces extérieures à un solide visco-élastique homogène, isostatique ou hyperstatique ([1]) et soit $\delta_0$ le déplacement subi par un point P du corps dans une direction *p* pendant la déformation élastique instantanée. Soit d'autre part $X_0$ la valeur de la réaction hyperstatique qui aurait pris naissance en P, au moment de l'entrée en action des forces, si le déplacement de ce point dans la direction *p* avait été empêché par la présence d'une liaison supplémentaire V.

Il est évident qu'en régime purement élastique, si l'on applique les charges avant d'introduire la liaison V, cette dernière ne donnera jamais lieu à l'apparition d'aucune réaction. Il n'en sera plus de même en régime visco-élastique du moment que, sous l'action prolongée des charges, la déformation tendra à se poursuivre. Cette fois une liaison introduite après coup devra donc réagir avec une intensité croissante pour empêcher le déplacement que son point d'application subirait par suite du fluage.

Proposons-nous alors d'étudier la loi de variation dans le temps de la réaction X en supposant d'avoir affaire à un corps visco-élastique homogène à fluage linéaire.

Pour ce faire il nous suffira d'égaler à zéro la somme des déplacements subis à un instant *t* quelconque par le point P, supposé libéré de la liaison V, sous l'effet des charges permanentes et de la réaction X.

En l'absence de la liaison V, le déplacement de P, provoqué par l'action des charges permanentes, vaudrait :

$$\delta_1 = \delta_0(1 + E\bar{\varepsilon}_0)$$

(où nous avons désigné par E le module élastique du matériau constituant le corps considéré, par $\bar{\varepsilon}_0$ la loi de variation du fluage spécifique en fonction du temps).

---

(*) Séance du 7 mai 1951.

([1]) Pour la définition exacte de ce que nous entendons par « solide visco-élastique », ainsi que pour la discussion des limites d'application des raisonnements qui vont suivre, on voudra bien se reporter à notre Ouvrage : *Fluage, Plasticité, Précontrainte*, Dunod, Paris, 1951.

Quant à l'effet de la réaction X il comprendrait : *a*. une fraction élastique

$$\delta_2 = -X\frac{\delta_0}{X_0};$$

*b*. Une fraction visco-élastique qui peut s'écrire

$$\delta_3 = -\int_0^t X\frac{\delta_0}{X_0}E\frac{d\bar{\varepsilon}_0}{dt}\,dt.$$

En égalant à zéro la somme algébrique de ces déplacements on obtient l'équation du phénomène sous la forme

$$\delta_0(1+E\bar{\varepsilon}_0) - X\frac{\delta_0}{X_0} - \int_0^t X\frac{\delta_0}{X_0}E\frac{d\bar{\varepsilon}_0}{dt}\,dt = 0.$$

Soit, en dérivant par rapport à $t$ et en ordonnant les termes

$$(a) \qquad \frac{dX}{dt} + XE\bar{\varepsilon}'_0 - X_0E\bar{\varepsilon}'_0 = 0.$$

Pour pouvoir préciser la condition limite qui accompagne cette équation, il nous faut alors fixer l'origine des temps adoptée pour la loi de variation du fluage spécifique. Pour simplifier, nous supposerons de faire coïncider cette origine avec le moment où la liaison supplémentaire V est appliquée au corps. Ce faisant nous ne restreignons en effet en aucune manière la portée de notre étude.

Avec cette hypothèse la condition limite s'écrit :

$$t = 0(\bar{\varepsilon}_0 = 0) \qquad X = 0.$$

En intégrant l'équation ($a$) on aboutit alors, pour la loi de variation de X, à l'expression très simple :

$$X = X_0(1 - e^{-E\bar{\varepsilon}_0}).$$

Il suffit d'introduire dans cette formule les données numériques qui caractérisent le fluage du béton pour se rendre compte de l'importance considérable que peut prendre le phénomène qui nous occupe. On trouve en effet que pour un béton jeune de qualité ordinaire la réaction peut atteindre, pour $t = +\infty$, une valeur égale aux 8/10$^e$ de la valeur élastique correspondante.

Bien entendu ces résultats numériques supposent que la liaison V soit parfaitement rigide. S'il n'en est pas ainsi, autrement dit si V présente également un comportement visco-élastique, la valeur finale de X en résultera moins élevée. Pour l'évaluer il suffira de reprendre les raisonnements qui précèdent en introduisant dans l'équation ($a$) un terme supplémentaire qui tienne compte du tassement de V.

AÉRODYNAMIQUE. — *Application de l'approximation homographique à l'étude des écoulements transsoniques.* Note (*) de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

Formation de quelques solutions simples d'une équation aux dérivées partielles du type mixte; en particulier d'une solution fondamentale dans la région elliptique. Ces solutions permettent, avec une bonne approximation, l'étude de quelques écoulements transsoniques, étudiés jusqu'ici avec l'équation de Tricomi.

1. Divers auteurs ([1]) ont déjà signalé que dans l'étude des écoulements transsoniques, on obtiendrait une bonne approximation des phénomènes si dans l'équation rigoureuse dont dépend l'écoulement

$$k(\sigma)\psi_{\theta\theta} + \psi_{\sigma\sigma} = 0 \qquad (1)$$

on approchait $k(\sigma)$ par une fonction homographique $\sigma/(\sigma + a)$, $a$ étant une constante positive, $\sigma + a > 0$. Le changement de variables $\theta' = \mu\theta$, $\sigma' = \lambda\sigma$ permet d'ailleurs de ramener à une seule d'entre elles les équations obtenues pour différentes valeurs de $a$. De plus si $\lambda^3 = \mu^2$, et si $\lambda$ augmente indéfiniment, l'équation limite est celle de Tricomi. Dans la suite nous prendrons $a = 1$, et désignerons par $H(\psi)$ l'équation.

Les caractéristiques sont des cycloïdes dont on obtient une représentation paramétrique simple en posant $\sigma = -\sin^2\varphi$. La tangente au point courant s'écrit

$$(\sigma + 1)\,\mathrm{tg}\,\varphi - \theta - \varphi = 0. \qquad (2)$$

*On vérifie aisément que la fonction* $\varphi(\theta, \sigma)$ *définie par* (2) *satisfait à* $H(\varphi) = 0$.

En supposant $\varphi$ compris entre $-\pi/2$ et $\pi/2$, cette solution réelle est uniforme dans la région $D^+(O)$ du demi-plan $\sigma + 1 > 0$, extérieure aux caractéristiques issues de l'origine, et prend trois valeurs dans la région $D^-(O)$ intérieure à ces caractéristiques. En faisant le passage à la limite qui conduit à l'équation de Tricomi, on retrouve la solution bien connue ([2]) définie par $\psi^3 = 3(\sigma\psi + \theta)$. Par dérivation et intégration par rapport à $\theta$, on obtient aisément des solutions de $H(\psi) = 0$, uniformes dans $D^+(O)$, prenant trois valeurs dans $D^-(O)$ correspondant à des solutions classiques de l'équation de Tricomi. Ces solutions en particulier jouissent des propriétés que doit posséder la fonction de courant de l'écoulement transsonique dans une tuyère. On a donc ainsi une méthode très simple pour construire de tels écoulements.

---

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) En particulier H. Cabannes, *Thèse*, 1950; R. Legendre, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1419.

([2]) H. Cabannes, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 102.

2. L'équation étant invariante par translation parallèle à l'axe des $\theta$, on en obtient d'autres solutions par superposition intégrale de la forme

$$F(\theta, \sigma) = \int_b^c \varphi(\theta - t, \sigma) f(t)\, dt. \tag{3}$$

Supposons d'abord $t$ réel, l'intervalle $(b, c)$ étant $(0, +\infty)$. Sous des conditions très larges F est définie sans ambiguïté en tout point $\theta$, $\sigma$ extérieur au domaine limité par le demi-axe des $\theta$ positifs, la caractéristique OC issue de O située dans la région $\theta > 0$ et la droite $\sigma + 1 = 0$. Un examen plus approfondi montre que dans cette région, $F(\theta, \sigma)$ doit être définie

$$F(M) = \int_0^m \varphi(\theta - t, \sigma) f(t)\, dt + \int_m^l \varphi(\theta - t, \sigma) f(t)\, dt + \int_l^\infty \varphi(\theta - t, \sigma) f(t)\, dt,$$

si $l$ et $m$ $(l < m)$ désignent les abscisses des points de l'axe des $\theta$, situés sur les caractéristiques issues de $M(\theta, \sigma)$, et si *sur le segment $l$, $m$ qui est ainsi décrit trois fois, on suit par continuité les trois déterminations de la fonction* $\varphi$. Ces solutions sont donc en général singulières sur la caractéristique OC. Si pour les petites valeurs de $t$, $f(t) = O(t^n)$, le passage à la limite conduisant à l'équation de Tricomi conduit aux solutions obtenues par séparation des variables ([3]).

En prenant l'intégrale (3) sur le segment $(-\theta_0, +\theta_0)$ ou sur les demi-droites $(-\infty, -\theta_0; \theta_0, +\infty)$, on obtient des solutions qui ont des singularités sur les caractéristiques d'un point M et sur leurs « réfléchies » sur l'axe des $\theta$ analogues à certaines solutions de l'équation ([3]) de Tricomi.

3. Le cas où $t$ prend des valeurs complexes requiert au préalable l'étude de la surface de Riemann de la fonction $\varphi(t)$ définie par ($\sigma$ et $\theta$ étant des paramètres)

$$(\sigma + 1) \operatorname{tg} \varphi - \varphi - \theta + t = 0.$$

Si l'on suppose $|R_0(\varphi)| < \pi/2$, $\varphi(t)$ est défini sur une surface à trois feuillets qu'il est facile de construire et dont on peut suivre les déformations lorsque $\theta$ et $\sigma$ varient. Par un choix convenable de $f(t)$ et du chemin d'intégration, il est possible comme pour l'équation de Tricomi de définir des solutions continues dans toute la région $\sigma + 1 \geqq 0$ à l'exception de certains points isolés du demi-plan elliptique en lequel la solution présentera une singularité. Ainsi la solution

$$\int_{-it_0}^{+it_0} \varphi(\theta - t, \sigma) \frac{t\, dt}{(t^2 + t_0^2)^{\frac{3}{2}}},$$

où l'intégrale est prise en partie finie, sur deux chemins joignant $-it_0$ et $it_0$

([3]) P. Germain, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1116.

est uniforme au voisinage du point singulier $M_0(\theta = 0,\ \sigma = sh^2\omega)$ si $t_0 = sh\,\omega\,ch\,\omega - \omega$.

C'est d'ailleurs une *solution fondamentale* en $M_0$.

Comme les solutions définies en 2 et 3 généralisent des solutions de l'équation de Tricomi, on est en mesure de reprendre avec l'approximation homographique l'étude de certains écoulements faite jusqu'ici avec l'équation de Tricomi, par exemple : écoulement transsonique autour d'un profil [4], écoulement transsonique le long d'une paroi ondulée [5].

ASTROPHYSIQUE. — *Largeurs équivalentes des raies solaires et microturbulence.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Pecker** et **Cornelis de Jager**, présentée par M. André Danjon.

1. Dans la Note précédente, nous avons montré que l'existence de couches extérieures non turbulentes dans le Soleil conduit à une sous-estimation de la vitesse radiale des granules. Cette étude ne concernait que la partie du spectre de la turbulence relative aux éléments de grande dimension : chaque rayon lumineux n'en traverse qu'un seul. Les éléments plus petits — dont un certain nombre, de vitesses radiales différentes, et même de différents signes, sont traversés par le rayon lumineux — influencent surtout le contour de la raie, non sa position. Enfin on peut considérer des éléments encore plus petits, dont les vitesses sont distribuées au hasard dans une couche mince de température donnée et qui interviennent de la même façon que la température dans la formation du contour Doppler d'agitation thermique.

C'est cette microturbulence quasi thermique que nous allons étudier maintenant. En calculant à partir des largeurs équivalentes la vitesse de microturbulence, les différents auteurs ont admis implicitement que cette vitesse est indépendante de la profondeur, ce qui est faux. Comme dans la Note précédente, nous nous efforcerons d'évaluer l'erreur ainsi commise.

2. La largeur équivalente d'une raie peut être représentée par la fonction [1]

$$w = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I - I_\nu}{I}\, d_\nu = A \int_0^{\infty} g(\tau)\, b(\tau)\, \Psi(x, a, \omega)\, d\tau.$$

Nous cherchons à calculer $w$ pour différentes répartitions de la vitesse micro-

---

(4) S. Tomotika, et K. Tamada, *Quart of Appl. Math.*, n° 4, 1949, VII, .

(5) Th. de Karman et J. Fabri, *Comptes rendus*, VIII, n° 2, 1950, p. 1271, 231, 1950.

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) J.-C. Pecker, Thèse, *Ann. d'Ap.*, 14, 1951.

turbulente $\xi$. Nous supposerons que cette vitesse est nulle pour $\tau < \tau_0$, et proportionnelle à la racine carrée de la température pour $\tau > \tau_0$. Nous étudierons les cas $\tau_0 = 0$; 0,2; 1,0 et 1,8; et $\alpha = (m_0/2k)\bar{\mu}_1(\xi^2/T) = 0$; 0,1; 1,0; et 10. (Si $\alpha$ est égal à 1, cela signifie que la température et la turbulence influencent également l'élargissement de ces raies.)

Nous avons supposé que $g(\tau)\,b(\tau) \simeq e^{-k\tau}$ à une constante près, et que $b(\tau)$ est constante. De plus, la fonction $x$ choisie correspond à des raies situées sur le palier de la courbe de croissance.

3. Avec la valeur $k = 0,6$, on trouve les valeurs suivantes pour $[w(\tau_0, \xi) - w(0,0)]/w(0,0)$ en fonction de $\alpha$ et de $\tau_0$.

| $\tau_0$........ | 0. | 0,2. | 1,0. | 1,8. |
|---|---|---|---|---|
| $\alpha = 0$.............. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1............. | 0,024 | 0,0053 | 0,0014 | 0,00048 |
| 1............... | 0,23 | 0,050 | 0,010 | 0,0031 |
| 10.............. | 1,7 | 0,25 | 0,053 | 0,0091 |

On peut voir par conséquent que les interprétations usuelles des largeurs équivalentes, qui supposent implicitement que $\tau_0 = 0$, conduirent à une sous-estimation notable de la vitesse de microturbulence. Si l'on admet par exemple que $\tau_0 = 1$, on voit que les valeurs usuellement admises doivent être multipliées par un facteur de l'ordre de 9 (puisque $\alpha$ varie comme $\xi^2$).

Pour $\tau_0 = 1,8$ on trouverait un facteur de l'ordre de 25.

Les énergies de ces éléments microturbulents doivent donc être multipliées par un facteur de l'ordre de 80 à 500.

4. En réalité, si l'on sait que la granulation commence à des profondeurs notables, il est possible que la microturbulence commence à un niveau plus proche de la surface. Le facteur que nous venons de calculer pourrait donc, le cas échéant, être sensiblement abaissé. Pour résoudre ce problème il serait intéressant d'étudier les mesures individuelles de raies (positions, contours, largeurs équivalentes) et d'en déduire pour chaque partie du spectre de turbulence la variation avec la profondeur dans l'atmosphère solaire.

5. Dans le cas des étoiles, l'étude critique que nous venons de faire s'applique aussi aux mesures de turbulence déduites de la position du palier de la courbe de croissance ([2]). Ces mesures pourraient donc s'interpréter soit par des grandes vitesses microturbulentes, soit par des couches microturbulentes, très voisines de la surface.

---

([2]) O. Stuve and C. T. Elvey, *Ap. J.*, 79, 1934, p. 409.

MAGNÉTISME. — *Préparation et propriétés magnétiques des alliages gadolinium-magnésium riches en magnésium.* Note de M^me **Françoise Gaume-Mahn**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Le diagramme d'état des alliages gadolinium-magnésium n'a pas été déterminé. Mais, en se basant sur les résultats de Vogel (¹), (²) concernant les diagrammes cérium-magnésium et lanthane-magnésium, on peut s'attendre à la formation, entre le gadolinium et le magnésium, des composés $GdMg_9$ (41,7 % de Gd), $GdMg_3$ 68,2 % de Gd), $GdMg_2$ (76,3 % de Gd), GdMg (86,6 % de Gd) et peut-être $Gd_4Mg$ (96,3 % de Gd).

L'objet de ce travail est la détermination, par la méthode thermomagnétique, de la présence ou de l'absence de ces composés. J'ai donné récemment, à propos des alliages cérium-magnésium, les conclusions que l'on pouvait tirer des mesures paramagnétiques (³).

Il était particulièrement intéressant, dans les alliages de magnésium, de substituer au cérium, métal paramagnétique, un élément de la même famille, le gadolinium, qui possède les propriétés ferromagnétiques que l'on connaît (⁴).

La préparation des alliages présente certaines difficultés car le point de fusion relativement élevé du gadolinium (environ 1 200° C) est supérieur au point d'ébullition du magnésium sous la pression atmosphérique ($E_{760}$ = 1120° C); en outre, la diffusion du gadolinium solide dans le magnésium fondu est lente en raison de la grande différence des poids spécifiques des deux métaux [Mg 1,74; Gd $7,94_8$ (⁵)]. Pour obtenir des alliages purs et homogènes, une méthode de préparation particulière a été mise au point.

J'ai montré (⁶) que l'on obtient facilement, par déplacement du fluorure de gadolinium par le magnésium, une gamme d'alliages contenant de 0 à 30 % de gadolinium. Les titres plus élevés sont réalisés à partir d'alliages mères à 30 % de gadolinium, en distillant le magnésium, de façon ménagée, dans une atmosphère d'argon pur (à la pression atmosphérique) entre 1 000 et 1 100° C.

Les mesures magnétiques, effectuées à la balance, réalisée d'abord par Weiss et Foex (⁷) puis modifiée, pour les mesures de para et diamagnétisme par Foex et Forrer (⁸), permettent les conclusions suivantes :

(¹) Vogel, *Z. Anorg. Allgem. chem.*, 91, 1915, p. 277.

(²) Vogel et Heumann, *Metallforschung*, 2, 1947, p. 1-8.

(³) F. Mahn, *Thèse*, Paris, 1948, Masson et C^ie, édit.

(⁴) G. Urbain, P. Weiss et F. Trombe, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2132; F. Trombe, *Thèse*, Paris, 1936, Masson et C^ie, édit; F. Trombe, *Ann. phys.*, 2^e série, 7, 1937, p. 119-133.

(⁵) Klemm, *Z. anorg. chem.*, 231, 1937, p. 138.

(⁶) *Comptes rendus*, 233, 1949, p. 1298.

(⁷) *J. Phys.*, 5, 1911, p. 1, 275, 744 et 895.

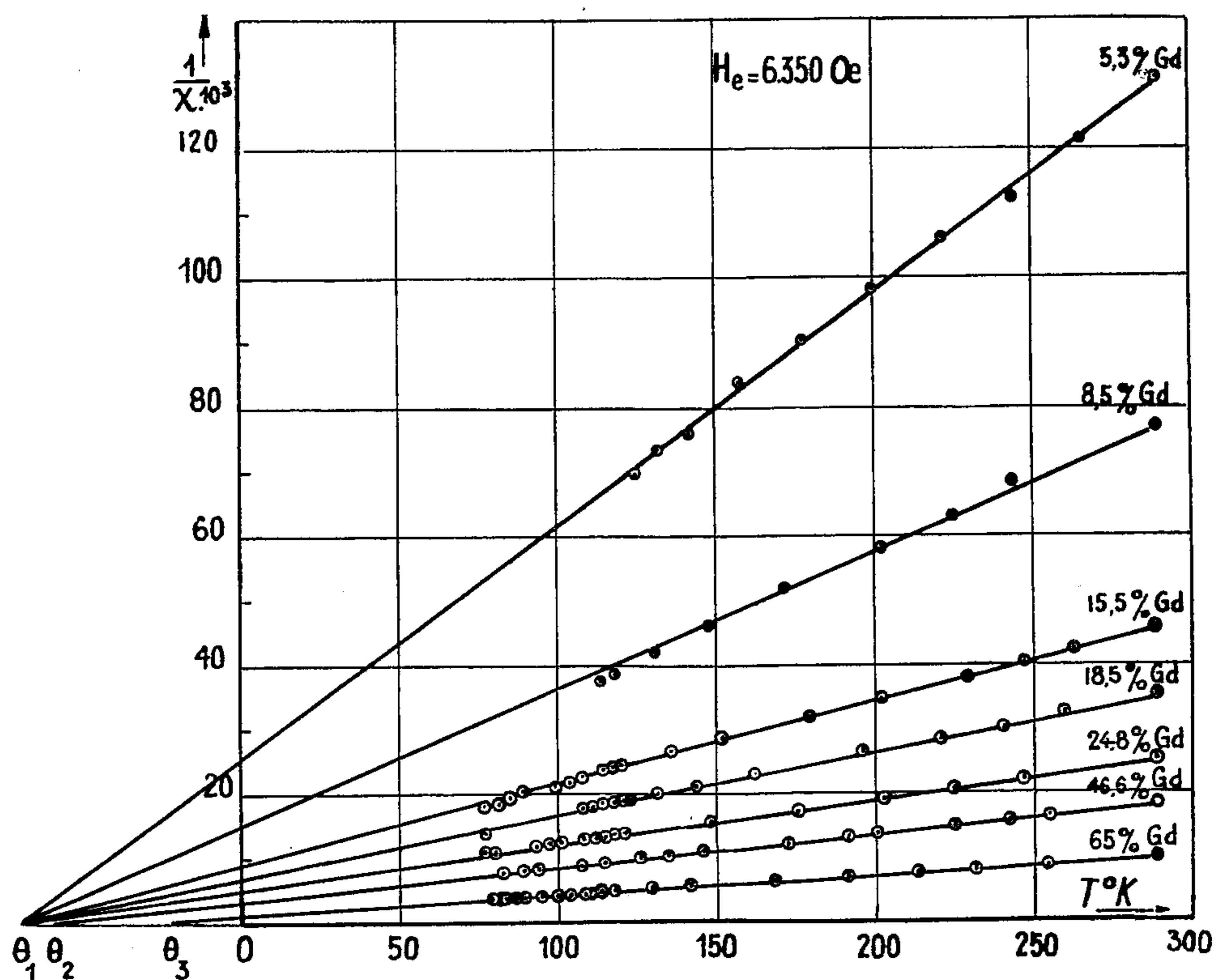
(⁸) *J. Phys.*, (6), 7, 1926, p. 180.

1° Les alliages riches en magnésium, titrant de o à 65 % de gadolinium, sont purement paramagnétiques.

2° De 70 à 100 % de gadolinium, il existe une série d'alliages présentant, à basse température, des phénomènes ferromagnétiques très marqués.

Je me limiterai, dans cette Note, à l'exposé des propriétés magnétiques des alliages riches en magnésium.

Ces derniers, jusqu'au titre en gadolinium de 65 %, suivent la loi de Weiss $\chi(T-\theta)=C$ (*voir* figure). Les moments atomiques théoriques ont été calculés par la formule de Langevin. La variation, dans cet intervalle de concentration, des moments atomiques moyens $\sigma_m$ en fonction du titre atomique en gadolinium $\tau$ est linéaire ($\sigma_m=6{,}9\,\mu$ Weiss pour $\tau=22{,}3$). Entre o et 41,7 %




de gadolinium, les droites en $1/\chi$ et T sont concourantes à $-70°$ K, point de Curie paramagnétique $\theta_1$ du premier composé $GdMg_9$ (41,7 % de gadolinium). Le point de Curie varie ensuite linéairement en fonction de la concentration et prend respectivement, pour les titres en gadolinium de 46,6 et 65 %, les valeurs $\theta_2=-61°$ K et $\theta_3=-31°$ K. Ceci montre l'existence de la combinaison $GdMg_9$. La composition de transition entre les alliages purement paramagnétiques et les alliages ferromagnétiques à basse température correspond sensiblement au composé $GdMg_3$ (68,2 % de gadolinium).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la variation journalière de la propagation des signaux et de la fréquence entre l'Amérique et l'Europe.* Note de M^me **ANNA STOYKO** et M. **NICOLAS STOYKO**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons étudié la propagation des ondes radioélectriques entre l'Amérique et l'Europe en utilisant la réception à Paris des signaux horaires d'Annapolis ($NSS_5$, 23,75 m) pendant la période 1944-1949 (6000 enregistrements). Nous avons trouvé qu'il existe une variation journalière dans la durée de propagation de ces ondes. Les signaux qui arrivent le matin et le soir sont reçus en avance par rapport à ceux du milieu de la journée.

L'enregistrement au Laboratoire National de Radioélectricité de la fréquence émise par la station américaine WWV a montré l'existence d'une variation journalière à la réception. La fréquence reçue dans la première partie de la journée (entre 5 h et 15 h T. U.) est plus grande que celle reçue le soir et durant la nuit.

Dans le tableau I nous donnons les écarts ($\Delta\tau_s$) des heures de réception des signaux de $NSS_5$ par rapport à leur moyenne journalière. Le signe + indique le retard à la réception. Dans le même tableau I nous donnons les écarts ($\Delta f$) de la fréquence reçue (WWV, 20 Mc) par rapport à la moyenne journalière : le signe + indique l'augmentation de la fréquence.

TABLEAU I.

| T. U. | 8 h. | 10 h. | 12 h. | 14 h. | 16 h. | 18 h. | 20 h. | 22 h. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta\tau_s$ | −0,35 | +0,13 | +0,35 | +0,38 | +0,25 | +0,04 | −0,42 | −0,36 | $\times 10^{-3}$ |
| $\Delta f$ | +2,4 | +3,5 | +2,8 | +1,0 | −0,5 | −1,6 | −2,3 | −2.4 | $\times 10^{-8}$ |
| $\Delta\tau_f$ | +0,33 | +0,10 | −0,13 | −0,23 | −0,22 | −0,11 | +0,04 | +0,21 | $\times 10^{-3}$ |

Si l'on transforme les variations de fréquence en variation correspondante de la durée de propagation des ondes, en supposant constant le nombre de bonds entre l'Amérique et l'Europe, on trouve les valeurs $\Delta\tau_f$ (tableau I). Par conséquent, dans ce cas les signaux du matin et du soir devraient arriver en retard par rapport à ceux du milieu de la journée.

Nous avons donc une contradiction entre les résultats des observations directes des signaux horaires et ceux calculés en partant des résultats d'observation de fréquence.

L'hypothèse adoptée généralement pour expliquer la variation de la fréquence (effet Doppler) à la réception est la suivante : la hauteur de la couche $F_1$ qui coïncide pendant la nuit avec $F_2$, commence à décroître au lever du Soleil. Le chemin parcouru par les ondes commence à diminuer et l'effet Doppler nous donne l'augmentation de la fréquence à la réception.

Les observations d'angle d'arrivée des ondes avec l'horizon montrent que cet

angle a une valeur maximum au milieu de la journée. Si les ondes d'une fréquence donnée utilisent le même nombre de bonds pour arriver d'Amérique en Europe, l'angle d'arrivée doit diminuer avec la hauteur de $F_1$, c'est-à-dire qu'il doit être minimum au milieu de la journée. Par conséquent, pour supprimer la contradiction, il faut que le nombre de bonds augmente.

Si le nombre de bonds augmente, la durée de propagation des ondes croît et les signaux arrivent en retard au milieu de la journée, comme nous le montre l'expérience.

Au lever du Soleil la hauteur de $F_1$ commence à décroître, la fréquence reçue augmente pendant toute la période pendant laquelle le nombre de bonds reste constant. Au moment du changement brusque du nombre de bonds (passage de $n$ à $n+1$ bonds), il y a une discontinuité : la fréquence ne peut être déterminée. Mais, un instant après, quand arrivent seulement les ondes de $n+1$ bonds, la détermination de la fréquence devient possible. La fréquence continue d'augmenter et même plus vite pour une même variation de la hauteur de $F_1$. L'angle d'arrivée des ondes augmente aussi.

Nous avons pu former le tableau II, dans lequel nous donnons la hauteur ($h'$) moyenne annuelle de $F_1$ pour les différentes heures (T. U.) de la journée, le nombre de bonds ($n$), l'angle d'arrivée ($i$). Nous avons choisi le nombre de bonds qui correspond à une augmentation de l'angle d'arrivée avec la hauteur du Soleil. De plus, nous avons calculé les variations correspondantes de la durée de propagation des signaux ($\Delta\tau_s$) et de la fréquence ($\Delta f$) entre l'Amérique et l'Europe. La comparaison des tableaux I et II montre un bon accord entre les observations et le calcul.

Tableau II.

| T. U.. | 8h. | 10h. | 12h. | 14h. | 16h. | 18h. | 20h. | 22h. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h'$.... | 252 | 229 | 217 | 216 | 220 | 226 | 238 | 263 |
| $n$.... | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| $i$..... | 9°,0 | 12°,9 | 16°,4 | 16°,3 | 16°,6 | 17°,1 | 13°,5 | 9,°5 |
| $\Delta\tau_s$... | −0,39 | −0,14 | +0,19 | +0,18 | +0,23 | +0,31 | −0,05 | $-0,32.10^{-3}$ |
| $\Delta f$... | | +3,1 | +2,2 | +0,1 | −0,7 | −1,1 | −1,7 | $-2,1.10^{-8}$ |

La corrélation entre les valeurs observées et calculées est de 0,74 et 0,93 respectivement pour les signaux et la fréquence. Si l'on prend respectivement 4,5 et 6 bonds dans la propagation des ondes entre l'Amérique et l'Europe, on a une variation de la fréquence qui correspond aux ondes de 15 Mc.

Par conséquent, la variation du nombre des bonds dans la propagation des ondes entre l'Amérique et l'Europe en fonction de la hauteur du Soleil, permet d'expliquer la variation journalière constatée dans la réception des signaux, de la fréquence et de l'angle d'arrivée.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le principe de Huyghens pour une onde électromagnétique.* Note (*) de M. **René de Possel** et Mme **Colette Pouget-Michel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Expression du principe de Huyghens au moyen de doublets électriques et magnétiques analogues à ceux de Larmor pour une solution quelconque des équations de Maxwell dans le vide. Introduction des *potentiels de Love*. Passage de l'expression obtenue aux formules classiques avec charges et courants.

1. La réduction à l'unité des différentes expressions proposées pour le principe de Huyghens dans le cas d'une onde électromagnétique a fait l'objet de plusieurs Notes récentes, particulièrement dans le cas du régime sinusoïdal, et dans le cas où les champs électrique $\vec{E}$ et magnétique $\vec{H}$ sont perpendiculaires et situés dans le plan tangent à la surface considérée (1). L'énoncé général ci-dessous est équivalent aux formules de *Love* (2).

2. Soit $\mathcal{O}$ une onde $\vec{E}$, $\vec{H}$ sans singularité dans un domaine D, solution des équations de Maxwell. Nommons *potentiel* et *antipotentiel de Love* associés à $\mathcal{O}$ deux vecteurs $\vec{\Omega}$ et $\vec{\Theta}$ tels que

$$\vec{H} = \frac{\partial\vec{\Omega}}{\partial t}, \qquad \vec{E} = c\,\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{\Omega}, \qquad \text{div}\,\vec{\Omega} = 0; \qquad \vec{E} = \frac{\partial\vec{\Theta}}{\partial t}, \qquad \vec{H} = -c\,\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{\Theta}, \qquad \text{div}\,\vec{\Theta} = 0.$$

$\vec{\Omega}$ et $\vec{\Theta}$ sont définis à un terme additif près qui est le gradient d'un scalaire harmonique indépendant de $t$, et ne sont pas toujours uniformes dans D. Si $\vec{\Pi}$ et $\vec{\Lambda}$ sont des vecteurs de Hertz et de Fitzgerald associés à $\mathcal{O}$, on a

$$\vec{\Omega} = \frac{1}{c}\,\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{\Pi}, \qquad \vec{\Theta} = -\frac{1}{c}\,\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{\Lambda}.$$

3. Rappelons que l'onde rayonnée en M par un doublet électrique (resp. magnétique) de *moment* ou de puissance $\vec{f}(t)$ placé en O a pour vecteur de Hertz (resp. de Fitzgerald) $(1/r)[\vec{f}]$, où $r = \text{OM}$ et où les crochets [ ] désignent les valeurs retardées obtenues en remplaçant $t$ par $t-(r/c)$.

4. Soit V un volume et S la surface qui en constitue la frontière, supposés contenus dans D, $\vec{\varphi}$ une solution à divergence nulle de l'équation des ondes

(*) Séance du 7 mai 1951.

(1) F. Croze et E. Durand, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 236; F. Croze et P. Boillet, *ibid.*, p. 305; F. Croze et G. Darmois, *ibid.*, p. 824.

(2) *Philosophical Transactions*, A, **197**, 1901, p. 1.

sans singularité dans D, $n$ la normale extérieure en un point P de S, $r = PQ$. On a, pour Q intérieur à V,

$$(1) \qquad 4\pi \,\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{\varphi}(Q, t) = -\iint_S \left( \overrightarrow{\text{rot}}_Q \frac{1}{r}\left[\vec{J}\right] + \overrightarrow{\text{rot}}_Q \overrightarrow{\text{rot}}_Q \frac{1}{r}\left[\vec{I}\right] \right) d\sigma,$$

où l'on a posé

$$\vec{I}(P, t) = \vec{n} \wedge \vec{\varphi}(P, t), \qquad \vec{J}(P, t) = \vec{n} \wedge \overrightarrow{\text{rot}}_P\,\vec{\varphi}(P, t).$$

Si Q est extérieur à V, l'intégrale est nulle. Cette formule peut se démontrer par la méthode de Love ([2]) en appliquant une formule réciproque à la fonction $\vec{\varphi}$ et à une onde sphérique de centre Q, émise au cours d'un intervalle de temps très voisin de l'instant $t$.

5. La formule (1) appliquée à une onde $\mathcal{O}$ conduit immédiatement au résultat suivant : *répartissons sur* S *des doublets électriques* $\mathcal{D}_e$ *et magnétiques* $\mathcal{D}_m$ *avec des densités superficielles de moments respectives* $-(c/4\pi)\vec{n} \wedge \vec{\Omega}$ *et* $(c/4\pi)\vec{n} \wedge \vec{\Theta}$. *L'onde rayonnée par ces doublets est égale à* $\mathcal{O}$ *en tout point intérieur à* V *et nulle en tout point extérieur.*

6. De cet énoncé, on déduit aisément les formules qui font intervenir des charges et des courants répartis sur S, et qui ont été données par différents auteurs ([3]). En effet, les ondes élémentaires rayonnées par $\mathcal{D}_e$ et $\mathcal{D}_m$ admettent pour potentiels et antipotentiels de Lorentz

$$\vec{a}_e = -\frac{1}{4\pi r}\left[\vec{n} \wedge \vec{H}\right], \qquad v_e = \frac{c}{4\pi}\,\text{div}_Q \frac{1}{r}\left[\vec{n} \wedge \vec{\Omega}\right],$$

$$\vec{b}_m = \frac{1}{4\pi r}\left[\vec{n} \wedge \vec{E}\right], \qquad s_m = -\frac{c}{4\pi}\,\text{div}_Q \frac{1}{r}\left[\vec{n} \wedge \vec{\Theta}\right],$$

et ont pour expressions

$$\vec{e} = -\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{b}_m - \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{a}_e}{\partial t} - \overrightarrow{\text{grad}}\,v_e, \qquad \vec{h} = \overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{a}_e - \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{b}_m}{\partial t} - \overrightarrow{\text{grad}}\,s_m.$$

Dans les formules en question, les potentiels scalaires sont, au lieu de $v_e$ et $s_m$,

$$w_e = -\frac{1}{4\pi r}\left[\vec{n}.\vec{E}\right], \qquad t_m = -\frac{1}{4\pi r}\left[\vec{n}.\vec{H}\right].$$

Pour ramener les deux formes l'une à l'autre, il suffit de remarquer que l'on a

$$v_e = w_e + \frac{c}{4\pi}\,\overrightarrow{\text{rot}}_P \frac{1}{r}\left[\vec{\Omega}\right],$$

---

([3]) En particulier F. Kottler, *Proccedings of the London Mathematical Society*, **12**, 1, 1903, p. 1 ; L. de Broglie, *Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques*, Paris, 1941, p. 91 ; Y. Rocard, *Revue Scientifique*, **82**, 1944, p. 513.

et que, d'après le théorème de Green,

$$\iint_S \overrightarrow{\mathrm{rot}}_P\left[\vec{\Omega}\right]\frac{d\sigma}{r} = 0.$$

De même pour $s_m$ et $t_m$.

SPECTROSCOPIE. — *Mesure de l'absorption infrarouge relative aux bandes fondamentale et première harmonique de quelques vibrateurs* C-H. Note (*) de M. **Gilbert Amat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Afin de déterminer les moments de transition correspondants, nous avons mesuré les coefficients d'absorption du chloroforme, du pentachloréthane et de l'heptine pour la fondamentale et la première harmonique du vibrateur C-H.

La mesure des intensités des bandes d'absorption infrarouge pour la série des harmoniques d'un vibrateur permet de calculer les différents moments de transition correspondants. On peut en déduire la loi de variation du moment dipolaire de la liaison considérée en fonction de la distance des noyaux et préciser ainsi la structure électronique de cette liaison ([1]). A cette fin, la connaissance du moment de transition relatif à la bande fondamentale est, en dépit de quelques difficultés d'ordre théorique, particulièrement importante. Mais les déterminations expérimentales sont peu nombreuses sur les intensités de ces bandes fondamentales.

Nous avons mesuré, en utilisant un spectrographe Beckmann, les coefficients d'absorption infrarouge du chloroforme, du pentachloréthane et de l'heptine, en solution dans le tétrachlorure de carbone, pour la fondamentale et la première harmonique du vibrateur C-H. Les résultats de ces mesures sont résumés dans le tableau ci-dessous :

| Corps étudié. | Ordre de l'harmonique. | Longueur de la cuve (mm). | Largeur des fentes (mm). | $K_1$. | $K_\nu$. | Masse moléculaire. | Densité. | K. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chloroforme..... | 1 | 1, | 0,2 | 9,4 | $2,1.10^2$ | 119,4 | 1,489 | $1,7.10^4$ |
| | | 0,4 A | 0,22 | 2,8 | – | – | – | – |
| | | 0,4 B | 0,16 | 3,9 | – | – | – | – |
| | | 0,4 C | 0,12 | 3,3 | – | – | – | – |
| | 2 | 1 | 0,09 | 0,88 | $2,0.10^2$ | – | – | $1,6.10^3$ |
| | | 0,4 B | 0,09 | 0,41 | – | – | – | – |
| | | 0,4 C | 0,07 | 0,33 | – | – | – | – |
| Pentachloréthane. | 1 | 0,4 C | 0,12 | 5,8 | $3,3.10^2$ | 202,3 | 1,671 | $4,0.10^4$ |
| | 2 | 0,4 C | 0,07 | 0,24 | $1,4.10^2$ | – | – | $1,7.10^3$ |
| Heptine......... | 1 | 1 | 0,20 | 40 | $9,2.10^2$ | 96,2 | 0,732 | $1,2,10^5$ |
| | 2 | 1 | 0,10 | 0,34 | 7,8 | – | – | $1,0.10^3$ |

(*) Séance du 7 mai 1951.

([1]) R. Mecke, *Zeit. f. Elektrochemie*, 54, 1950, p. 38.

Pour chaque corps, des courbes ont été tracées en portant en abscisses la concentration en volume $c_\nu$ du corps étudié dans le solvant, et en ordonnée le cologarithme décimal du rapport des intensités $I_T$ et $I_0$, transmises respectivement par la solution et le solvant pur, pour l'absorption maxima. Conformément à la loi de Beer, les points figuratifs se placent sur des droites passant par l'origine, et de pentes $K_1$.

$$K_1 = \frac{\operatorname{colog}_{10} \frac{I_T}{I_0}}{c_\nu}.$$

En posant

$$I_T = I_0\, e^{-K_\nu c_\nu l},$$

on peut écrire

$$K_\nu = \frac{2,30\, K_1}{l}.$$

Pour le chloroforme, des mesures effectuées avec des cuves différentes (A, B, C) permettent d'apprécier l'erreur entraînée par l'incertitude sur l'épaisseur $l$ de la cuve.

Si la concentration est exprimée en molécule-grammes par centimètre cube, le coefficient d'absorption K sera exprimé en $cm^2 : mol^{-1}$

$$K = K_\nu \frac{M}{d},$$

M désignant la masse moléculaire et $d$ la densité à l'état liquide.

Le rapport des coefficients d'absorption correspondant aux maxima des bandes fondamentale et première harmonique est donc égal à 10 pour le chloroforme, à 23 pour le pentachloréthane et à 120 pour l'heptine.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Détermination de l'énergie $h\nu$ d'un rayonnement $\gamma$ par absorption d'électrons photoélectriques.* Note (*) de MM. **Jacques Jacquesson** et **Armand Lataste**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. *Principe de la méthode.* — Les électrons photoélectriques émis par un radiateur quelconque bombardé par rayons $\gamma$ ont une énergie donnée par l'équation d'Einstein :

$$h\nu = E_0 + W,$$

$E_0$ étant l'énergie de l'électron photoélectrique et W le travail d'extraction de l'électron de l'atome.

Les électrons, étant pratiquement monocinétiques, sont absorbés dans l'aluminium selon une loi pratiquement linéaire.

(*) Séance du 7 mai 1951.

L'appareil eomprend essentiellement : une source de rayons $\gamma$ à étudier, un petit cylindre d'or servant de radiateur, un compteur microcloche et un cylindre de plomb pour arrêter le rayonnement direct.

La géométrie de l'appareil est étudiée de façon que :

1° l'action des électrons Compton soit négligeable par rapport à celle des électrons photoélectriques ;

2° que la distribution des photoélectrons soit acceptable pour des rayons $\gamma$ de 0,2 à 1,2 MeV ;

3° que la pénétration des électrons photoélectriques dans le compteur se fasse d'une façon aussi proche que possible de l'axe du compteur.

L'absorption des électrons photoélectriques est étudiée en interposant devant la fenêtre du compteur des écrans d'épaisseur variable. On trace les courbes nombre de coups-minute en fonction de l'épaisseur d'absorbant avec et sans radiateur. La différence est imputable aux électrons photoélectriques et aux rayons $\gamma$ diffusés par le radiateur. Ces derniers agissent sur le compteur d'une manière sensiblement constante pour les épaisseurs d'écrans utilisées.

Les électrons, étant monocinétiques, sont absorbés dans l'aluminium selon une loi presque linéaire, ce qui permet de déterminer un parcours extrapolé dans le cas d'une raie $\gamma$ prépondérante ou de mettre en évidence plusieurs raies $\gamma$ par les points anguleux de la courbe d'absorption.

La méthode est analogue à celle utilisée par les auteurs pour l'effet Compton ([1]).

2. *Distribution angulaire des photoélectrons.* — Cette distribution est obtenue en partant de la setion efficace différentielle photoélectrique qui est proportionnelle à

$$d\Phi \sim \frac{Z^5}{(137)^4}\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{7}{2}} \frac{\sin^2\theta}{(1-\beta\cos\theta)^4}\, d\Omega;$$

Z représentant le nombre atomique du radiateur;
$\alpha$ l'énergie du rayon $\gamma$ en unité $mc^2$;
$\theta$ l'angle que fait le photo électron avec le rayon $\gamma$ incident;
$\beta$ la vitesse de l'électron.

La position de la source de rayons $\gamma$ est invariable par rapport au radiateur; elle est telle que le radiateur affecte la forme d'un grand cercle d'une sphère ayant la source comme un de ses pôles.

On calcule la valeur de l'angle solide $d\Omega$ pour diverses valeurs de $\alpha$.

L'angle $\theta$ le plus favorable sera 65°.

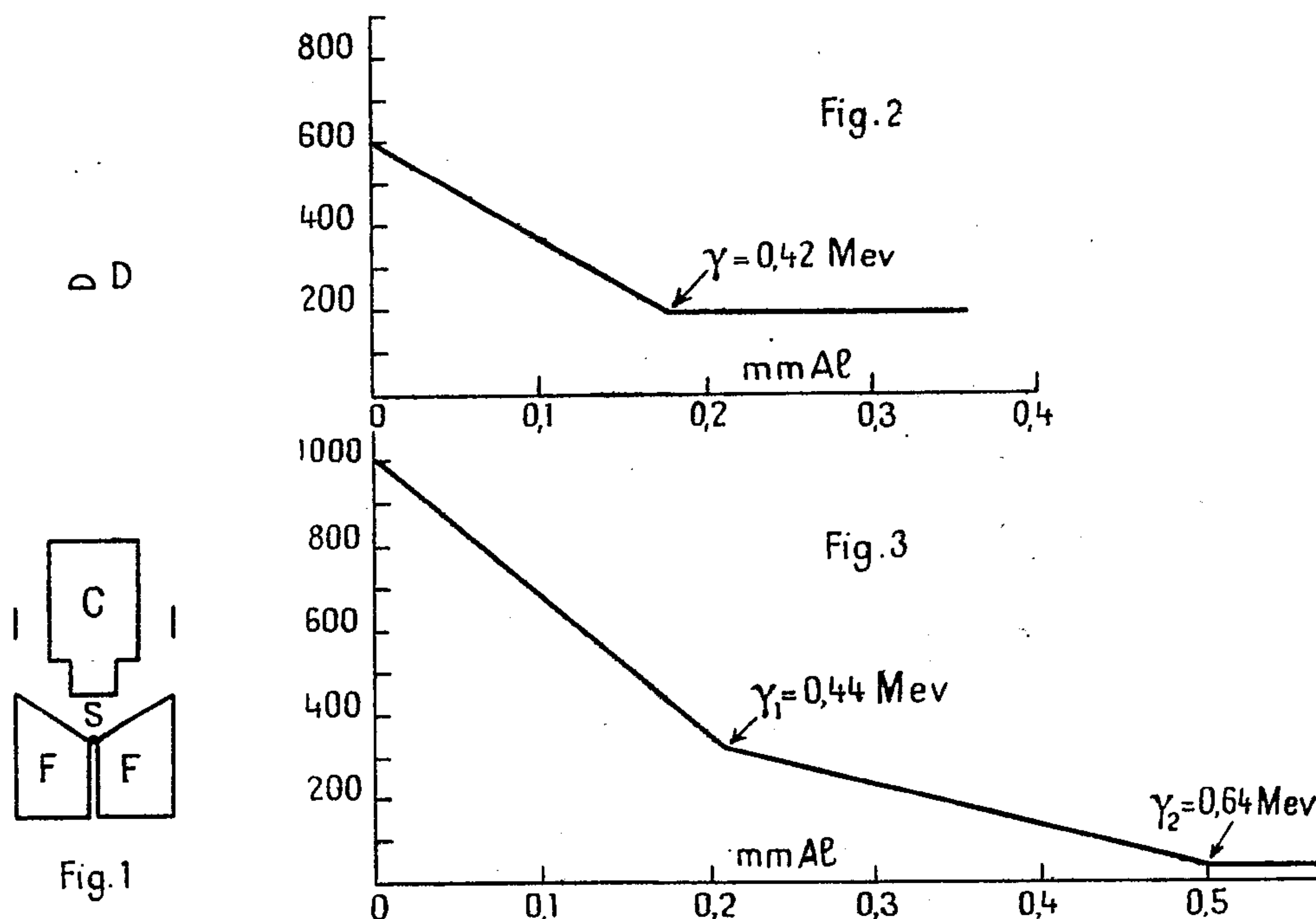
3. *Schéma de l'appareil.* — Le schéma de montage est représenté par la figure 1 :

---

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 38.

D, compteur microcloche diaphragmé à 1 cm;
C, cylindre de plomb protégeant D du rayonnement direct;
F sert à canaliser les rayons.

Un chapeau d'aluminium de 3 à 5 mm d'épaisseur est placé sur la source pour arrêter les β directs.




4. *Résultats obtenus.* — La courbe 2 a été obtenue avec une source de $Au^{198}$ et donne un point anguleux pour $h\nu + 0{,}42$ MeV, en bon accord avec les valeurs trouvées par d'autres auteurs.

La courbe 3 représente les deux énergies trouvées avec le $W^{187}$.

La précision de la méthode est supérieure à 10 % pour des énergies supérieures à 0,35 MeV. A partir de 1,2 MeV la section efficace photoélectrique est trop petite pour que l'on obtienne des points anguleux nets.

Cette méthode est complémentaire de celle indiquée dans une Note précédente [1].

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la réaction des neutrons thermiques sur le bore.* Note de MM. **Pierre Cüer** et **Jean-Pierre Lonchamp**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les résultats des études effectuées jusqu'ici sur la réaction bien connue $B^{10}$ $(n, \alpha)^{(*)}$ $Li^7$ ne nous semblant pas tous cohérents, nous avons essayé de pré-

ciser le problème à l'aide de la méthode photographique (émulsion Ilford $E_1 + B$), en utilisant les améliorations récentes que nous avons mises au point dans notre Laboratoire, pour les mesures aux faibles énergies (1). Les parcours des deux $\alpha$ nous fournissent les points les plus bas de la courbe expérimentale parcours-énergie et ceux des $Li^7$ permettent de tirer des conclusions intéressantes sur les relations parcours-énergie de ce fragment et de $Li_3^8$ dans l'émulsion, de plus en plus demandées en physique des grandes énergies. Pour la première fois, la méthode photographique a été utilisée pour déterminer la probabilité de l'état excité du $Li^7$ dans cette réaction.

Nous avons choisi de discriminer $\alpha$ et $Li^7$ par la méthode très maniable d'un sous-développement homogène (4 minutes). Le problème, ici, étant plus délicat que celui de la distinction $\alpha$-triton, nous avons soigneusement étudié les lois des agglomérations granulaires accidentelles sur les $\alpha$ du Po, traitées dans des conditions analogues. Les agrégats aux fins des traces sont relativement fréquents, même pour des petits protons, et peuvent provoquer, sans précautions appropriées, de nombreuses confusions dans la réaction étudiée et dans $N^{14}(n, p)C^{14}$, où le $C^{14}$, indiscernable dans l'état actuel de la méthode photographique, peut être ainsi surestimé. Les deux histogrammes des longueurs totales $\alpha + Li^7$ et $\alpha = {}^{(*)}Li^7$ montrent des répartitions strictement gaussiennes de $\sigma \simeq 0,2\ \mu$. Dans la mesure des $\alpha$, en raison de la diminution substantielle de la variance, c'est la première fois, à notre connaissance, que les deux parcours sont reportés complètement séparés. Les parcours du lithium sont obtenus par la différence des distributions gaussiennes. La profondeur du champ apporte une erreur négligeable ($G = 2500$). A notre précision, il est nécessaire de tenir compte : 1° de l'effet raccourcissant du sous-développement trouvé égal à 0,57 % par de nombreuses mesures sur d'autres traces analogues, bien connues; 2° du chargement de l'émulsion en borate qui apporte une diminution du pouvoir d'arrêt de 1,67 % dans notre série d'émulsions. Pour extrapoler notre résultat à d'autres genres d'émulsions couramment utilisées et d'autres conditions de mesures, il a été trouvé que l'influence de la variation de dimensions des grains révélés de $E_1$ à $C_2$ et celle d'une dessiccation complète après fixage était inférieure à 0,5 % (2). La valeur adoptée pour $Q = 2,794$ est celle de Chao, Lauritsen, Tollestrup (3); les parcours dans l'air sont ceux de la courbe admise par Bethe, de Jesse et

(1) P. Cüer, J.-P. Lonchamp, J. Combe et S. Gorodetzky, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1764.

(2) M. Braun, dans notre laboratoire, a montré qu'à toutes autres conditions égales à la pression atmosphérique, le pouvoir d'arrêt des émulsions $E_1$ était $0,4 \pm 0,1$ % plus faible que celui des $C_2$. Celui des $D_1$ est environ $2,4 \pm 0,2$ % plus élevé que celui des $E_1$, ce qui augmente les valeurs des parcours trouvés dans (1).

(3) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 586.

Sadauskis (4). Les parcours du Li dans l'air proviennent d'un travail à publier prochainement.

TABLEAU A.

| Particules. | Énergie (MeV). | Parcours air (cm). | Parcours émulsion ($\mu$). | Pouvoir d'arrêt moyen. |
|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ ........ | $1,47_4$ | 0,725 | $4,98_5 \pm 0,07$ | $1460 \pm 50$ |
| | $1,77_9$ | 0,883 | $5,83_5 \pm 0,09$ | $1510 \pm 50$ |
| $Li_7$ ....... | 0,842 | $0,27_7$ | $2,04 \pm 0,09$ | $1360 \pm 70$ |
| | 1,015 | 0,31 | $2,15 \pm 0,1$ | $1440 \pm 80$ |

On remarque une diminution très rapide du pouvoir d'arrêt au-dessous de 2 MeV, qui indique un bon accord avec les valeurs théoriques proposées par l'un des auteurs (5) au début de l'apparition des émulsions concentrées. Ces valeurs étaient parfois considérées comme faibles aux basses énergies, en raison, semble-t-il, de l'utilisation de la courbe Livingston-Bethe dans l'air, reconnue actuellement erronée dans ce domaine. Grâce aux points expérimentaux que nous avons pu établir à 2, 1,8 et 1,5 MeV, la courbe parcours-énergie des $\alpha$ dans les émulsions concentrées est maintenant connue aux faibles énergies avec une précision satisfaisante.

Nous avons également utilisé les grandes possibilités statistiques de la méthode dans la détermination du pourcentage de formation de $Li^7$ excité. On a mesuré 30 531 traces bien horizontales. Après correction d'angle solide pour la faible différence de parcours et en tenant compte des traces de longueur accidentellement plus faible, on trouve

$$\frac{\sigma_{Li^7}}{\sigma_{^*Li^7}} = 4,2_7 \pm 0,15\ \%,$$

valeur nettement inférieure à celle trouvée dans un travail publié à la fin de cette étude (6) : $5,8 \pm 0,1\ \%$, utilisant une chambre à $BF_3$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Études de couches minces adsorbées au moyen d'éléments traceurs radioactifs.* Note de MM. **René Bernard**, **François Davoine** et **Jean Hirtz**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans plusieurs publications antérieures (1), (2), (3), nous avons exposé nos travaux sur la mesure des énergies d'adhésion solide/liquide et mis en évidence

(4) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 1.
(5) P. Cüer, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1121.
(6) G. C. Hanna, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 530.

(1) R. Bernard et J. Hirtz, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1859.
(2) R. Bernard et J. Hirtz, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 95.
(3) J. Hirtz et R. Bernard, *J. Chim. Phys.*, 47, 1951, p. 48.

les raisons pour lesquelles la méthode de la goutte conduit à des résultats erronés.

Nous avons attribué ces anomalies à l'existence d'un film adsorbé à la surface du solide. Ce film abaisserait l'énergie d'adhésion solide/liquide et son évolution avec le temps expliquerait les variations observées de l'angle de raccordement entre la goutte et le plan.

Des expériences réalisées avec des rosées ([3]) ont confirmé l'existence du film adsorbé, sans que nous ayons pu jusqu'ici le mettre en évidence directement ou en apprécier l'épaisseur.

Le liquide utilisé dans nos premières expériences était le phosphate de tricrésyle dont un constituant, le phosphore, se transforme facilement sous l'action des neutrons lents en $^{32}_{15}P$ radioactif, de période 14,5 jours et se désintégrant avec émission de particules $\beta$(1,7 MeV).

Nous avons donc repris nos essais de saturation avec cet élément marqué. Des disques de verre de 4,5 $cm^2$ de surface sont maintenus dans une enceinte préalablement évacuée au contact de la vapeur de phosphate de tricrésyle irradié, tantôt pendant plusieurs jours à 20° C sous $10^{-5}$ mm Hg, tantôt pendant une heure seulement, mais à 220° C sous 1 mm Hg.

La radioactivité des plaques ainsi traitées est mesurée au compteur. Leur activité moyenne en coups par minute est la suivante :

| Durée du contact avec la vapeur de phosphate de tricrésyle. | | Activité (coups : mn). |
|---|---|---|
| A 20°C | 1/2 journée | Pas mesurable |
| | 3 jours | 2 à 2,3 |
| | 6 » | 2,5 à 2,7 |
| A 220°C | 0,5 h | 13,2±1 |
| | 1 h | 13,2±1 |
| | 1,5 h | 14 ±1 |

L'obtention des couches saturées à chaud demande beaucoup de soin, car un faible écart de température entre le disque et la vapeur suffit à provoquer la formation d'un film condensé. On s'assure que cet inconvénient a été évité par un contrôle microscopique (le film adsorbé est invisible).

Sur des disques identiques sont ensuite déposées des solutions de phosphate dilué dans l'acétone, de telle façon que les masses déposées s'échelonnent entre 4 et $400.10^{-4}$ mg, correspondant à des épaisseurs de 10 à 1000 Å.

L'activité de ces plaques est à nouveau mesurée; elle croît linéairement avec l'épaisseur de la couche déposée :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Épaisseur (Å) (à 10 % près) | 9 | 45 | 99 | 197 | 304 | 395 | 471 | 608 | 719 | 791 | 988 |
| Activité (coups : mn) | 2,8 | 8,0 | 20,3 | 29,8 | 44,5 | 66,5 | 85,1 | 114 | 143 | 146,5 | 173 |

De ces résultats on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les mesures de radioactivité confirment la présence des couches adsorbées dont nous avions admis l'existence.

2° Les couches formées à température ambiante atteignent assez rapidement une dizaine d'angströms (ordre de grandeur de la couche monomoléculaire) et continuent à croître plus lentement pendant plusieurs semaines.

3° Les couches saturées à 220° C se forment très rapidement et atteignent tout de suite une épaisseur d'équilibre voisine de 50 Å. On comprend dès lors la raison pour laquelle une goutte de phosphate déposée sur celle-ci prend instantanément sa forme stable définitive.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des solutions de sulfate cuivrique.* Note (*) de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente (1) l'auteur avait étudié les variations du $P_H$, dans les solutions de sulfate cuivrique progressivement diluées. Le report graphique du $P_H$, en fonction du $P_{Cu}$(colog | Cu/2 |), se traduisait par une série de segments de droite, de pentes différentes.

On s'est proposé de rechercher si d'autres méthodes physiques feraient apparaître, elles aussi, des discontinuités, en fonction de la dilution, dans l'allure d'un phénomène donné.

Deux méthodes différentes sont basées sur l'étude de la tension superficielle au contact mercure-solution, et emploient l'électrode à goutte de mercure. L'une d'elles consiste à compter le nombre de gouttes de mercure correspondant à un volume de mercure constant; ce nombre est inversement proportionnel à la tension superficielle. L'autre mesure les quantités d'électricité transportées par chaque goutte. Ces recherches ont fait l'objet du Diplôme d'Études Supérieures de M. Filhol (Montpellier, 1950). Dans un cas comme dans l'autre, quand on reporte graphiquement les tensions superficielles ou les quantités d'électricité en fonction de $P_{Cu}$, on constate que les points obtenus s'alignent sur des segments de droites séparés par des discontinuités.

Enfin, une quatrième méthode consiste à mesurer la conductivité équivalente en fonction de la dilution. Des résultats légèrement divergents figurent sur les traités (Muller, Hollard) et *Tables de Constantes*. L'auteur a refait ces mesures, et ses résultats coïncident avec ceux des *Tables de Constantes physiques*, différant un peu de ceux présentés par Muller et Hollard.

Ces données, reportées sur un graphique en fonction du $p_{Cu}$, offrent encore des alignements de points sur trois segments de droite :

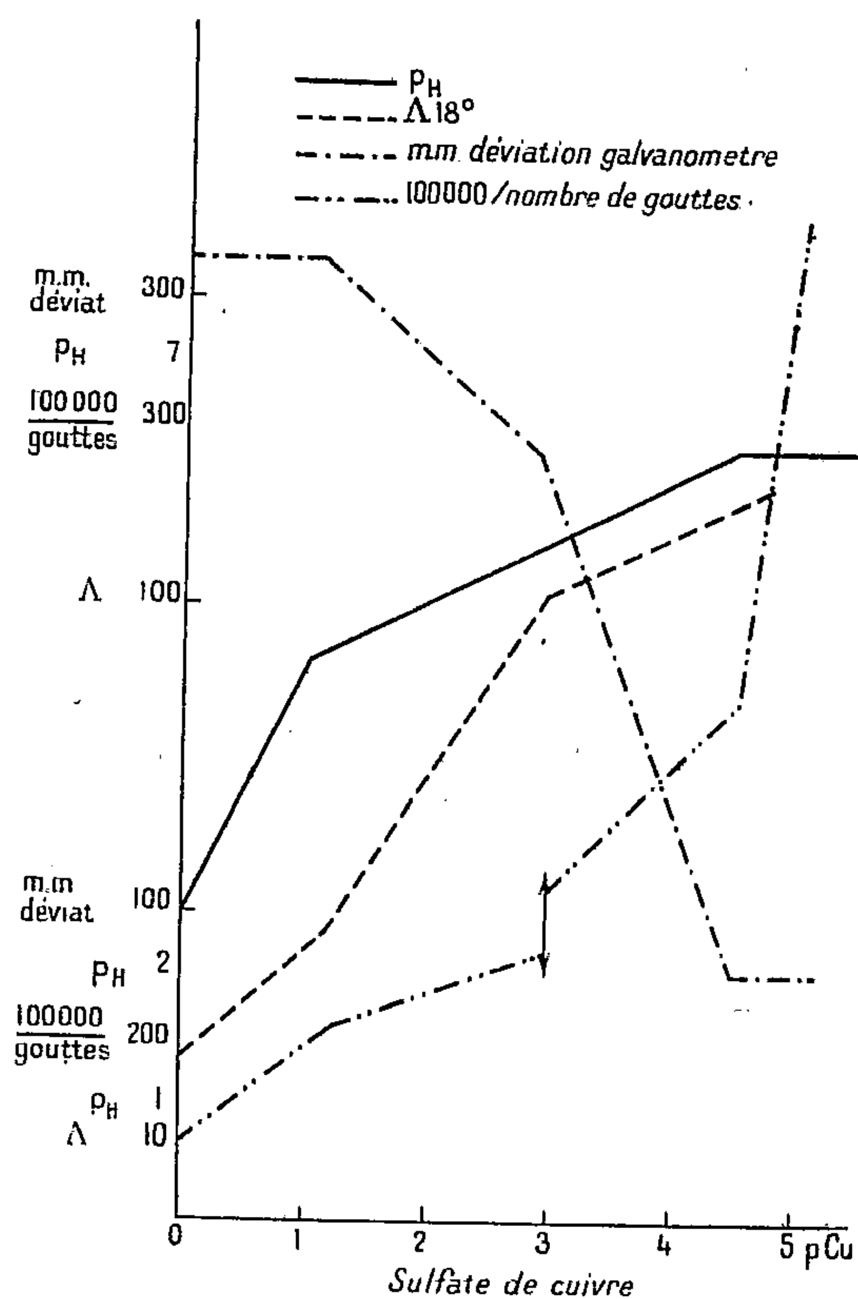
(*) Séance du 7 mai 1951.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 569.

1° de $p_{Cu} = 0$, $\Lambda = 25{,}5$ à $p_{Cu} = 1{,}1$, $\Lambda = 45$;
2° de $p_{Cu} = 1{,}1$, $\Lambda = 45$ à $p_{Cu} = 2{,}95$, $\Lambda = 100$;
3° de $p_{Cu} = 2{,}95$, $\Lambda = 100$ à $p_{Cu} = 4{,}75$, $\Lambda = 118$.

Il est remarquable que les discontinuités ainsi mises en évidence, se retrouvent au moyen des diverses méthodes.

Un premier point anguleux au voisinage de $p_{Cu} = 1{,}1$ apparaît sur les quatre courbes représentatives.




Une discontinuité de la tension superficielle, au voisinage de $p_{Cu} = 2{,}95$, correspond à des points anguleux sur les courbes des quantités d'électricité et des conductivités, sans se traduire par une anomalie de la courbe potentiométrique.

Enfin, un point anguleux au voisinage de $p_{Cu} = 4{,}5$ se retrouve sur les trois courbes représentatives du $p_H$, de la tension superficielle et des quantités d'électricité.

La convergence de ces résultats confirme les modifications profondes intervenant dans la nature des produits d'ionisation et d'hydrolyse salines, lorsque la dilution de la solution saline varie; une interprétation de ces

modifications avait été présentée à l'occasion de l'étude potentiométrique de l'hydrolyse du sulfate cuivrique.

De tels recoupements ne constituent pas une coïncidence accidentelle, particulière au sulfate cuivrique; nous les avons constatés dans l'étude de plusieurs autres sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des oxydes provenant de la décomposition des oxalates mixtes de fer et de cobalt.* Note de MM. **Jacques Robin** et **Jacques Bénard**, transmise par M. Paul Pascal.

L'oxalate ferreux et l'oxalate de cobalt dihydratés possèdent des structures cristallines identiques.

Lorsqu'on soumet l'oxalate de cobalt à une élévation de température progressive de 100° par heure au moyen de la thermobalance de Chévenard, on observe (*fig.* 1) :

1° à partir de 145° la perte de poids correspondant à la déshydratation;

2° à partir de 260° la décomposition presque instantanée de l'oxalate anhydre avec départ de $CO + CO_2$.

Lorsqu'on a opéré à l'air, on obtient finalement vers 300° l'oxyde $Co_3O_4$ qui possède la structure cubique des spinelles ($a = 8{,}09$ Å).

Dans le cas de l'oxalate de fer, la déshydratation qui s'amorce à 150°, est suivie presque immédiatement de la décomposition qui se trouve achevée vers 220°. Le produit obtenu à l'air est l'oxyde $Fe_2O_3\,\gamma$ qui possède également la structure spinelle ($a = 8{,}32$ Å).

Lorsqu'on verse une solution bouillante d'oxalate d'ammonium dans une solution contenant à la fois un sel de fer bivalent et un sel de cobalt, on obtient un précipité d'oxalate mixte, constitué par une phase unique dont la structure cristalline est identique à celle des oxalates simples et dans laquelle le rapport des ions $Fe^{2+}$ et $Co^{2+}$ est le même que dans la solution. Soumis à l'élévation de température dans les mêmes conditions, ce composé présente une courbe intermédiaire entre celles des oxalates simples, la température de début de décomposition étant fonction du rapport Fe/Co. On a reproduit en pointillé sur la figure 1 la courbe correspondant à l'oxalate mixte 50/50.

Lorsqu'on examine aux rayons X, avec un rayonnement rendu strictement chromatique par réflexion de $K\alpha$ du cobalt sur un cristal de quartz courbé, l'oxyde obtenu dans ces conditions, on constate que celui-ci est constitué par une phase unique quelle que soit la composition de l'oxalate initial (80/20; 50/50; 20/80). Cette phase possède la structure cristalline d'un spinelle et son paramètre cristallin varie d'une facon régulière en fonction de la composition depuis celui de $Fe_2O_3\gamma$ jusqu'à celui de $Co_3O_4$ (*fig.* 2).

L'existence d'une solution solide ininterrompue entre $Fe_2O_3\gamma$ et $Co_3O_4$

peut s'interpréter, du point de vue ionique, de la façon suivante. Nous admettrons avec Verwey et de Boer[1] que contrairement à l'oxyde $Fe_3O_4$ dans lequel chaque molécule comporte $2Fe^{3+}$ et $1Fe^{2+}$, chaque molécule d'oxyde $Co_3O_4$

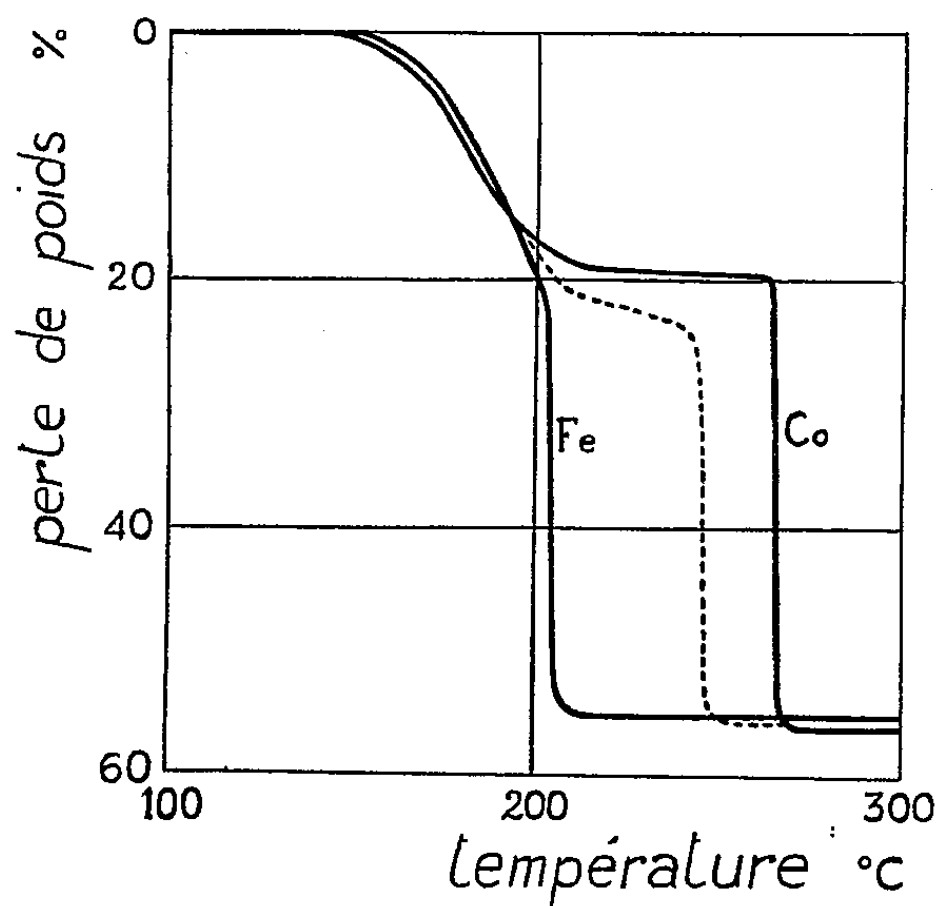



Fig. 1.

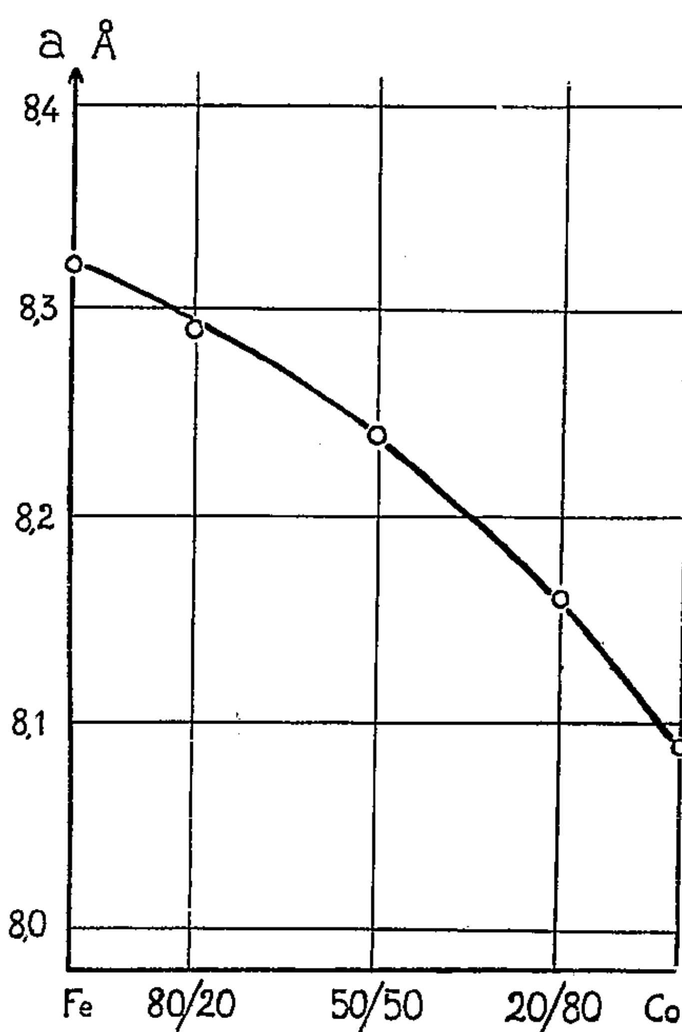



Fig. 2.

renferme $1Co^{4+}$ et $2Co^{2+}$. Lorsqu'on remplace dans le réseau cubique de $Fe_2O_3\gamma$ un certain nombre d'ions $Fe^{3+}$ par des ions cobalt, l'échange a lieu conformément à l'équilibre ionique

$$8Fe^{3+} \rightleftharpoons 6Co^{2+} + 3Co^{4+}.$$

Cet équilibre maintient pour toutes les compositions le rapport $Co^{2+}/Co^{4+} = 2$ qui est celui de ces cations dans $Co_3O_4$. On notera que le passage de $Fe_2O_3\gamma$ à $Co_3O_4$ s'accompagne d'un accroissement du nombre global des cations par rapport à celui des anions, sans modification apparente du réseau cristallin. Ce fait est conforme à la conception d'une structure de $Fe_2O_3\gamma$ déduite de celle d'un spinelle à réseau complet par soustraction d'un certain nombre de cations [2].

---

(1) *Rec. Trav. Chim. P. B.*, 55, 1936, p. 531.

(2) G. Haag, *Z. Physik. Chem.*, B 29, 1935, p. 95.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure cristalline des ferrites de lanthane et de praséodyme.* Note de M. **Georges Guiot-Guillain**, présentée par M. Louis Hackspill.

Résultats de l'étude aux rayons X des ferrites de lanthane et de praséodyme, constituant un premier groupe dans la série ferromagnétique des ferrites de terres rares.

Dans une précédente Note [1] nous avons indiqué la préparation d'un certain nombre de ferrites de formule générale $Fe_2O_3.M_2O_3$, où M est un élément des terres rares, et mis en évidence leurs propriétés ferromagnétiques. Il était intéressant de déterminer la structure cristalline de ces nouveaux composés.

L'analyse aux rayons X (méthode des poudres) effectuée sur les ferrites de lanthane, de praséodyme, de néodyme, de samarium, d'erbium et d'yttrium, ainsi que sur d'autres, actuellement à l'étude (ferrites de gadolinium, de dysprosium et d'ytterbium), nous a conduit à classer les produits étudiés en trois groupes, chacun correspondant à un type de diagramme bien déterminé.

Le premier groupe est formé des ferrites de lanthane et de praséodyme dont la structure cristalline apparaît comme la plus simple. Nous indiquons dans le tableau ci-après le résultat du dépouillement des clichés obtenus avec ces produits (rayonnement utilisé : Fe K$\alpha$).

| | $Fe_2O_3.La_2O_3$ | | $Fe_2O_3.Pr_2O_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Équidistances | | Équidistances | | |
| Intensités. | observées. | calculées. | observées. | calculées. | *hkl.* |
| Faible | 3,898 | 3,899 | 3,867 | 3,867 | 100 |
| Très forte | 2,748 | 2,756 | 2,746 | 2,734 | 110 |
| Faible | 2,251 | 2,249 | 2,238 | 2,231 | 111 |
| Forte | 1,942 | 1,949 | 1,940 | 1,934 | 200 |
| Faible | 1,746 | 1,743 | 1,744 | 1,729 | 210 |
| Très forte | 1,591 | 1,591 | 1,578 | 1,578 | 211 |
| Moyenne | 1,379 | 1,379 | 1,369 | 1,369 | 220 |
| Forte | 1,234 | 1,232 | 1,227 | 1,222 | 310 |
| Faible | 1,129 | 1,123 | 1,118 | 1,114 | 222 |
| Très forte | 1,046 | 1,041 | 1,038 | 1,032 | 321 |

Les équidistances sont celles d'un réseau de cubes simples de paramètre égal à 3,899 Å pour $Fe_2O_3.La_2O_3$ et à 3,867 Å pour $Fe_2O_3.Pr_2O_3$.

D'autre part, la mesure de densité, effectuée sur le ferrite de praséodyme, nous a donné des valeurs comprises entre 6,3 et 6,8; il en résulte qu'une maille

[1] H. Forestier et G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1844.

doit contenir $1/2(Fe_2O_3.Pr_2O_3)$, c'est-à-dire 1 mol $FePrO_3$; la densité théorique correspondante est 6,98.

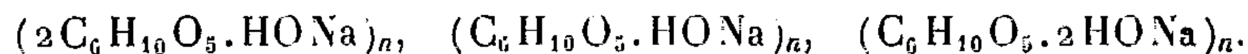
Les résultats ci-dessus conduisent à envisager pour les ferrites de lanthane et de praséodyme la structure cubique du type perovskite : l'ion $Fe^{+++}$ occupe le centre du cube, les ions $La^{+++}$ ou $Pr^{+++}$ étant situés aux sommets et les ions $O^{--}$ aux centres des faces.

On sait que la structure perovskite a été établie pour d'autres composés de même formule, tels que $AlLaO_3$ et $GaLaO_3$ (²); nous pouvons ajouter aux divers exemples de composés cristallisant avec cette structure, le chromite de praséodyme $CrPrO_3$ que nous avons préparé et dont le diagramme de poudre est le même que celui du ferrite. Nos résultats paraissent concorder aussi avec ceux indiqués par G. H. Jonker et J. H. van Santen dans un travail récent (³).

Rappelons que les ferrites de lanthane et de praséodyme étaient les seuls à présenter, de manière très marquée, le phénomène d'aimantation thermo-rémanente.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Combinaisons d'addition entre l'amidon et la soude*. Note (*) de Mme **Olga Yovanovitch**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'amidon de maïs forme avec la soude trois combinaisons moléculaires d'addition ayant pour formules :



$(2C_6H_{10}O_5.HONa)_n$, $(C_6H_{10}O_5.HONa)_n$, $(C_6H_{10}O_5.2HONa)_n$.

Parmi les combinaisons moléculaires d'addition des composés macromoléculaires, les alcali-celluloses ont fait l'objet du plus grand nombre de travaux. En appliquant une variante de la méthode des restes (¹) à l'étude du système cellulose-soude-eau, G. Champetier (²) a mis en évidence quatre produits d'addition de formules respectives

$(2C_6H_{10}O_5.HONa)_n$, $(3C_6H_{10}O_5.2HONa)_n$, $(4C_6H_{10}O_5.3HONa)_n$, $(C_6H_{10}O_5.HONa)_n$.

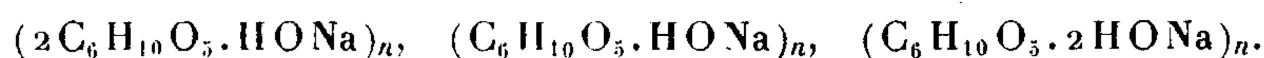
Il était intéressant de rechercher par la même méthode si l'amidon, polyholoside formé, comme la cellulose, par l'union de motifs glucose, donne des produits d'addition analogues avec la soude.

5 g d'amidon de maïs, préalablement lavés à l'eau distillée, puis à l'alcool

(²) *Strukturbericht*, 1, 1931, p. 334.
(³) *Physica*, 16, 1950, p. 337-349.

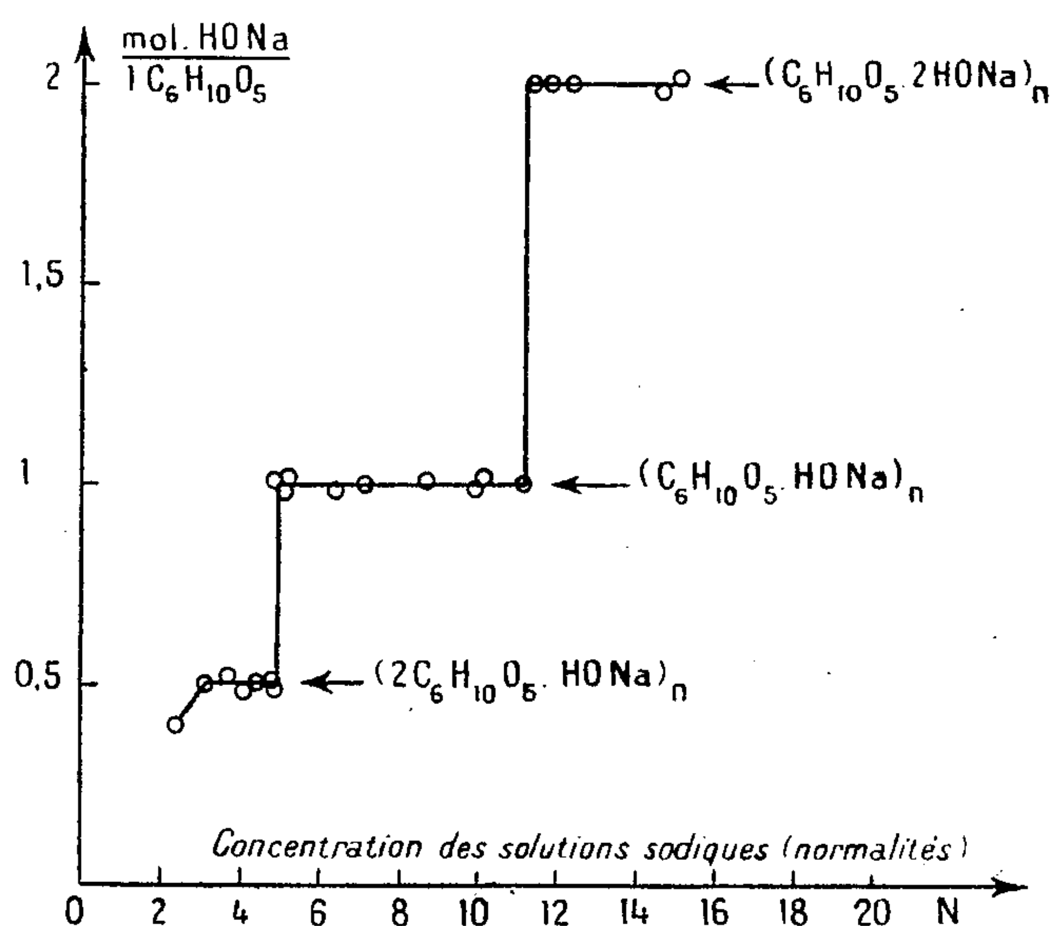
(*) Séance du 7 mai 1951.
(¹) Schreinemakers, *Z. Phys. Chem.*, 11, 1893, p. 81.
(²) *Ann. Chim.*, 20, 1933, p. 5; G. Champetier et J. Neel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 930.

et séchés à 105° ont été mis en contact, à 18-20°, avec 100 cm³ d'une solution de soude de concentration déterminée. Lorsque l'équilibre est atteint, le gel formé est essoré progressivement à la centrifugeuse en prélevant des prises d'essais de moins en moins imprégnées d'eaux-mères. Dans chacun de ces prélèvements, la soude est dosée par l'acide chlorhydrique normal; l'amidon est ensuite précipité et lavé à l'alcool éthylique absolu, séché à 105° et pesé. L'eau est déterminée par différence entre le poids de la prise d'essai et la somme des poids d'amidon et de soude. En rapportant les quantités de soude et d'eau contenues dans les divers prélèvements à un même poids d'amidon, la variation de l'une en fonction de l'autre est représentée par une droite. Les expériences répétées pour diverses concentrations de la solution de soude initiale permettent de tracer un ensemble de droites qui forment trois faisceaux convergents dont les points de concours correspondent à trois combinaisons d'addition de la soude et de l'amidon, exemptes d'eau, comme dans le cas de la cellulose, et ayant pour formules respectives :



$$(2C_6H_{10}O_5.HONa)_n, \quad (C_6H_{10}O_5.HONa)_n, \quad (C_6H_{10}O_5.2HONa)_n.$$

Sur le diagramme représentant la variation de la quantité de soude fixée, en fonction de la concentration des solutions sodiques, ces trois combinaisons d'addition se traduisent par des paliers de fixation constante de l'alcali




raccordés par des lignes verticales (*fig.*). Le passage d'un alcali-amidon au suivant s'effectue donc de façon discontinue et non pas progressivement par une fixation de soude topochimique et statistiquement croissante comme cela a lieu pour la cellulose. Ce n'est que pour les faibles concentrations (inférieures

à 3 N) que la fixation de la soude par l'amidon a le même caractère topochimique que pour la cellulose, mais il n'a pas été possible d'étudier la réaction pour les concentrations de soude inférieures à 2,5 N par suite de l'altération de l'amidon et de sa dispersion sous forme colloïdale dans la solution de soude.

Il est remarquable que l'on trouve pour l'amidon et pour la cellulose, deux composés d'addition avec la soude de mêmes formules, ce qui confirme les résultats obtenus pour la cellulose.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Application de la théorie de l'interaction ionique à l'établissement du diagramme quaternaire* $ClNa—ClK—ClO_4K—ClO_4Na—H_2O$ à 25°. Note de M. **Paul Hagenmuller**, transmise par M. Paul Pascal.

La réaction de double décomposition $ClNa + ClO_4K \rightleftharpoons ClK + ClO_4Na$ dans l'eau à 25° est étudiée par deux voies totalement indépendantes : *a*. analyse chimique des solutions saturées et phases solides; *b*. utilisation de relations entre coefficients d'activité et molalités déduites des systèmes ternaires correspondants. Les deux méthodes concordent pour l'ensemble du diagramme.

Le diagramme d'équilibre utilise la représentation de Le Chatelier. Il comporte quatre nappes de solubilité pour les phases solides respectives : $ClO_4K$, $ClK$, $ClNa$ et $ClO_4Na, H_2O$. La première est de beaucoup la plus étendue, la dernière la plus réduite. Le couple $ClNa—ClO_4K$ est stable. Les points de trois sels ont pour coordonnées :

| $ClO^{4-}$ ion-g. | $Na^+$ ion-g. | $H_2O$ $10^3$ g. | Phases solides. |
|---|---|---|---|
| 0,0003 | 0,705 | 0,1365 | $ClK—ClO_4K—ClNa$ |
| 0,965 | 0,997 | 0,058 | $ClO_4K—ClNa—ClO_4Na, H_2O$ |

L'établissement du diagramme repose sur la remarque que l'activité d'un sel S est constante en solution saturée. Si cette valeur est connue, ainsi que la loi de variation du coefficient d'activité de S, on peut évaluer la molalité de ce sel en fonction des concentrations des co-solutés. Lorsque S est un électrolyte fort, son coefficient $f_S$ s'exprime à l'aide des relations suivantes :

1° $$\log\frac{f_{S(0)}}{f_{R(0)}} = A\mu_T + A' + A''\mu_T^2, \qquad \text{où} \quad A, A', A'' \neq f(\mu_T),$$

$f_{S(0)}$ et $f_{R(0)}$ sont les coefficients d'activité de S et d'un électrolyte de référence R, à la même force ionique $\mu_T$ et en l'absence de tout co-soluté (¹). Les termes A' et $A''\mu_T^2$ sont négligeables aux molalités moyennes. L'électrolyte R choisi est

(¹) G. Åkerlöf, H. C. Thomas et J. W. Trabe, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 593; 59, 1937, p. 1855.

l'acide chlorhydrique, pour lequel $\log f_{\mathrm{HCl}(0)}$ est connu dans un très large domaine de concentrations.

2° $\log f_S = \log f_{S(0)} + B_C^S \mu_C$ pour une solution contenant un mélange d'électrolytes S et C à force ionique totale $\mu_T = \mu_S + \mu_C$ constante [2] [3]. $B_C^S$ est fonction linéaire de $\mu_C$ mais le terme en $\mu_C$ y est négligeable quand la concentration du co-soluté varie peu. Si S coexiste avec plusieurs électrolytes, les expressions $B_C^S\ \mu_C$ sont additives.

Les valeurs utiles de $\log f_{S(0)}/f_{\mathrm{HCl}(0)}$ et de $B_C^S$ relatives aux quatre sels envisagés sont calculées à partir des différents systèmes ternaires, soit graphiquement, soit par le procédé des moindres carrés. L'activité $a_S$ à saturation résulte de l'extrapolation de mesures antérieures.

| S. | $\log \frac{f_{S(0)}}{f_{\mathrm{HCl}(0)}}$. | $B^S_{\mathrm{ClO_4K}}$. | $B^S_{\mathrm{ClK}}$. | $B^S_{\mathrm{ClNa}}$. | $B^S_{\mathrm{ClO_4Na}}$. | $\log a_S$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $ClO_4K$.... | $-0{,}05-0{,}13\,m_T-0{,}0005\,m_T^2$ | – | $0{,}0034\,m_C$ $-0{,}060$ | $0{,}0034\,m_C$ $+0{,}0022$ | $0{,}0036\,m_C$ $-0{,}075$ | $-1{,}014$ |
| ClK....... | $-0{,}005-0{,}12\,m_T$ | – | – | $0{,}0095$ | – | $0{,}448$ |
| ClNa...... | $-0{,}004-0{,}0865\,m_T$ | $-0{,}07$ | $-0{,}027$ | – | $0{,}001\,m_C$ $-0{,}017$ | $0{,}777$ |
| $ClO^4Na$.... | – | $0{,}075$ | – | $0{,}060$ | – | $0{,}08$ |

$m_T$ est la solubilité totale, $m_C$ celle du co-soluté.

La ligne de double saturation $ClK - ClO_4K$, par exemple, est définie par le système des deux équations :

$$\left\{\begin{array}{l} \log f_{\mathrm{HCl}(0)} + 0{,}0034(m^2_{\mathrm{ClK}} + m^2_{\mathrm{ClNa}}) - 0{,}06\, m_{\mathrm{ClK}} \\ \quad + 0{,}0022\, m_{\mathrm{ClNa}} - 0{,}13\, m_T - 0{,}0005\, m_T^2 + 0{,}964 + \frac{1}{2}[\log(m_{\mathrm{ClK}} + m_{\mathrm{ClO_4K}}) + \log m_{\mathrm{ClO_4K}}] = 0, \\ \log f_{\mathrm{HCl}(0)} - 0{,}0095\, m_{\mathrm{ClNa}} - 0{,}12\, m_T \\ \quad + 0{,}443 + \frac{1}{2}[\log(m_{\mathrm{ClK}} + m_{\mathrm{ClNa}}) + \log(m_{\mathrm{ClK}} + m_{\mathrm{ClO_4K}})] = 0. \end{array}\right.$$

La méthode des approximations successives détermine d'une manière univoque les molalités des solutions bi-saturées du triangle figurant les mélanges $ClK$—$ClO_4K$—$ClNa$—$H_2O$. Les trois branches sont concourantes. Pour la portion de la ligne $ClO_4K$—$ClNa$ extérieure à ce triangle, l'équilibre donne par contre deux valeurs respectives de $m_{\mathrm{ClO_4Na}}$ et de $m_{\mathrm{ClNa}}$ si $m_{\mathrm{ClO_4K}} < 0{,}048$.

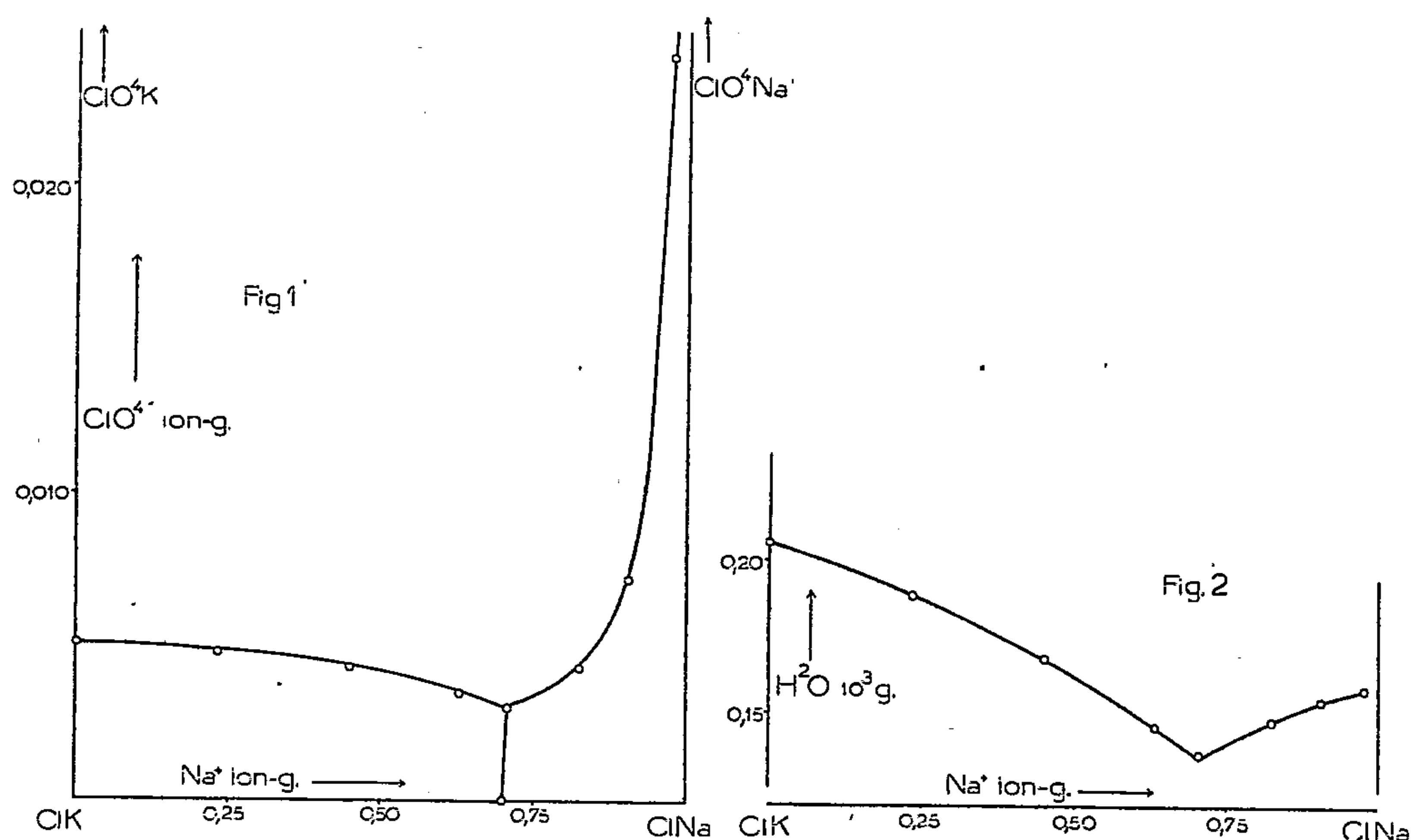
Les systèmes d'équations relatifs aux lignes de double saturation de $ClO_4Na$, $H_2O$ avec $ClNa$ ou $ClO_4K$ font intervenir l'activité de l'eau. Il est nécessaire d'utiliser les formes différentielles et d'éliminer le terme $da_{H_2O}/a_{H_2O}$ à l'aide de la relation de Gibbs-Duhem. Les branches sont construites de proche en proche par assimilation des différentielles à des accroissements finis.

---

(2) H. S. HARNED, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1865.
(3) E. GÜNTELBERG, *Studien over Elektrolyt-Aktiviteter*, København.

Nous avons déterminé par ailleurs le diagramme par des mesures de solubilité. Le dosage du potassium en présence d'un gros excès de perchlorate de sodium est effectué après extraction de ce dernier à l'alcool méthylique.

Les résultats s'accordent avec les précédents d'une manière très satisfaisante, comme le montrent les figures 1 et 2 relatives aux lignes d'équilibre qui déterminent le point de trois sels $ClK - ClO_4K - ClNa$; les points représentent les mesures de solubilité et les lignes résultent du calcul.




Ce travail est le premier exemple de l'établissement d'un diagramme complet d'ordre élevé à partir des seules données des systèmes ternaires correspondants par application de la théorie de l'interaction ionique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation des acétylures de lithium et de baryum, et leur transformation en carbures. Préparation du carbure de baryum.* Note (*) de MM. **Émile Masdupuy** et **Fernand Gallais**, présentée par M. Paul Lebeau.

Bien que certains auteurs aient mis en doute les affirmations de Moissan à ce sujet, l'action de $C_2H_2$ sur Li dissous dans $NH_3$ liquide conduit effectivement à l'acétylure ammoniacal. On obtient un résultat analogue avec le baryum. La décomposition spontanée de ces acétylures les transforme partiellement en carbures. Seul l'acétylure de baryum (dans le vide à 120°) permet d'obtenir le carbure presque pur.

*Acétylure et carbure de lithium.* — Moissan (¹) faisant agir l'acétylène sur le

(*) Séance du 30 avril 1951.

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, [3], **21**, 1899, p. 911.

lithium dissous dans l'ammoniac liquide obtint un composé cristallisé auquel il attribua la formule $C_2Li_2$, $C_2H_2$, 2 $NH_3$ et qu'il décrivit comme se dissociant à la température ordinaire, en donnant le carbure pur $C_2Li_2$. Cette dissociation complète ne put être reproduite par Antropoff et Müller [2] qui, même en utilisant l'action simultanée de la chaleur et du vide, n'aboutirent qu'à un mélange contenant environ 80 % de $C_2Li_2$ et 20 % $C_2HLi$. Plus récemment, K.N. et B.K. Campbell [3], utilisant la méthode de préparation de Moissan, obtinrent un produit correspondant à la formule $C_2Li_2$; 0,22 $C_2H_2$, contenant tout au plus des traces d'ammoniac, et qui, bien qu'une telle transformation paraisse difficilement concevable, aurait évolué spontanément, à la température ordinaire, vers le corps $C_2Li_2$, 0,33 $C_2H_2$, ou $C_2Li_2$, $C_2HLi$.

Nous avons obtenu nous-mêmes, après évaporation de l'ammoniac liquide et réchauffement du résidu jusqu'à la température ambiante en atmosphère d'ammoniac et d'acétylène, un produit blanc, bien cristallisé, décomposé par l'eau avec incandescence. Sa teneur en carbone était calculée à partir du volume d'acétylène dégagé sous l'action de l'alcool absolu, la solution obtenue simultanément servant au dosage du lithium et de l'azote. Les résultats extrêmes de nos analyses, pratiquées sur des échantillons provenant de préparations différentes, peuvent être traduits respectivement par les formules $C_2Li_2$; 0,49 $C_2H_2$; 0,76 $NH_3$ et $C_2Li_2$; 0,37 $C_2H_2$; 0,36 $NH_3$.

Il paraît certain cependant que, comme l'avait indiqué Moissan, la méthode de préparation utilisée conduit à $C_2HLi$ (abstraction faite de l'ammoniac combiné). Cet acétylure est exempt de carbure $C_2Li_2$, et il est stable aussi longtemps qu'il reste en solution, ainsi qu'il résulte de son action sur les halogénures alcooliques et les cétones [3]. Les substances que nous avons analysées sont le résultat de la décomposition spontanée qu'il subit au cours de son isolement, transformation qui s'accompagne d'un départ d'acétylène et d'ammoniac dont l'importance varie d'un essai à l'autre. Nous n'avons pu cependant, par aucun procédé, réaliser la transformation complète de l'acétylure en carbure. Dans les conditions les plus favorables (chauffage à 120° dans le vide de la trompe à vapeur de mercure), nous avons obtenu un produit contenant seulement 82 % de $C_2Li_2$, dans lequel il restait encore 17,6 % de $C_2HLi$, mélange très voisin par conséquent de ceux préparés par Antropoff et Müller.

*Acétylure et carbure de baryum.* — La seule indication bibliographique relative à l'acétylure de baryum consiste, à notre connaissance, en une remarque de K. N. et B. K. Campbell [3], d'après laquelle il se décomposerait à la manière qu'indiquent ces auteurs pour l'acétylure de lithium. Appliquant au baryum la méthode de préparation indiquée par Moissan pour d'autres

(2) *Z. anorg. allg. Chem.*, **204**, 1932, p. 305.
(3) *Proc. Indian Acad. Sci.*, **50**, 1940, p. 123.

métaux, nous avons obtenu un précipité blanc, assez épais, se décomposant avec perte de $C_2H_2$ au sein même de l'ammoniac liquide, pour peu que celui-ci s'appauvrisse en acétylène dissous. Aussi doit-on, pour l'isoler à $-33°,5$, maintenir le courant d'acétylène pendant tout le temps que dure la vaporisation de l'ammoniac.

Le produit sec, blanc, bien cristallisé, ainsi préparé, était amené progressivement à la température du laboratoire, en même temps qu'étaient déterminées les quantités d'acétylène et d'ammoniac libérées par la décomposition qui accompagne ce réchauffement. En vue de son analyse, le corps obtenu, extrêmement réactif, était traité comme l'acétylure de lithium, à cela près que sa décomposition par l'alcool absolu était effectuée en atmosphère d'azote.

Le résultat de ces analyses, joint aux mesures portant sur l'acétylène et l'ammoniac libérés au cours du réchauffement, permet d'obtenir la formule du corps isolé à $-33°,5$. Nous avons trouvé ainsi qu'à 1 mol-g de $C_2Ba$ (si nous conservons la formulation de Moissan) étaient combinés de 21 700 à 22 100 cm$^3$ de $C_2H_2$ et de 3,77 à 3,85 mol-g de $NH_3$. Au sein de l'ammoniac liquide prend donc naissance le composé $C_2Ba$, $C_2H_2$, $4NH_3$ ou mieux $(C_2H)_2Ba$, $4NH_3$, analogue à l'acétylure de calcium ammoniacal préparé par Moissan.

Quant à la composition du solide obtenu à la température ordinaire, elle varie, suivant les conditions expérimentales, dans d'assez larges limites. Les résultats extrêmes de nos analyses peuvent être représentés par les formules $0,57\,C_2Ba$; $0,43\,(C_2H)_2Ba$; $0,31\,NH_3$ ($\theta = 17°$ C) et $0,92\,C_2Ba$; $0,08(C_2H)_2Ba$; $0,26\,NH_3$ ($\theta = 27°$ C), les teneurs en $C_2Ba$ étant égales par conséquent à 51,3 et 88,8 %.

La dissociation de l'acétylure est naturellement favorisée par une élévation de température plus importante et par le vide. On obtient les meilleurs résultats à partir d'acétylure fraîchement préparé, que l'on chauffe à 120°, dans le vide, jusqu'à cessation de tout dégagement gazeux. La teneur en $C_2Ba$ du solide restant atteint alors 97 %; il reste encore un peu d'acétylure non décomposé et des traces d'ammoniac; on parvient cependant ainsi à un carbure de baryum plus pur, à notre connaissance, que par toute autre méthode de préparation.

Ce carbure, très divisé, est encore plus réactif que l'acétylure; il s'enflamme immédiatement au contact de l'eau; il se décompose avec incandescence lorsqu'on le traite par l'alcool absolu en présence d'air, et souvent aussi lorsqu'on le chauffe, en atmosphère d'hydrogène ou dans le vide, au-dessus de 150°. Le produit gris obtenu dans ce dernier cas (et qui contient du carbone libre) est très fortement pyrophorique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le caractère positif des halogènes.* Note (*)
de MM. **Henry Brusset** et **Tivadar Kikindai**, transmise par M. Paul Pascal.

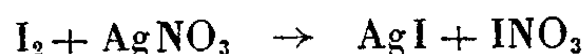
Nous montrons l'échange entre l'ion $H^+$ de l'Amberlite IR 100 H, et les ions $I^+$ ou $Br^+$ du nitrate d'iode et du nitrate de brome. Des solutions de nitrate d'iode et de nitrate de brome dans l'alcool absolu sont préparées, puis transformées en sulfates par des échangeurs de cations.

Dans une Note précédente ([1]), l'un de nous avait montré l'échange des ions positifs de l'iode et du brome avec l'ion $H^+$ d'un échangeur, l'Amberlite IR 100 H. Il opérait avec des solutions d'iode et de brome dans l'alcool absolu et avait soumis ces solutions à un échange cationique.

Pour la préparation du nitrate d'iode, nous avons opéré de la manière suivante :

On a déjà indiqué ([2]) que, dans le méthanol ou l'éthanol absolu, le nitrate d'argent et l'iode entrent en réaction en donnant l'iodure d'argent et le nitrate d'iode.

Partant de ce résultat, nous avons opéré avec des proportions stœchiométriques d'iode et de nitrate d'argent selon l'équation



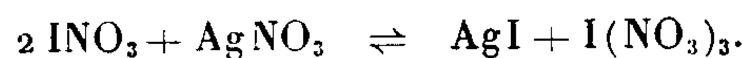
$$I_2 + AgNO_3 \rightarrow AgI + INO_3$$

Ces premiers essais sont restés sans résultat.

Nous avons pu obtenir une solution de nitrate d'iode pur en opérant de la façon suivante :

A une solution d'iode dans l'alcool absolu, nous ajoutons goutte à goutte une solution de nitrate d'argent (également dans l'alcool absolu) jusqu'à décoloration complète; nous filtrons alors l'iodure d'argent sur verre fritté.

Bientôt le filtrat devient trouble par une nouvelle précipitation d'iodure d'argent, qu'on peut expliquer par la destruction de l'équilibre :



$$2\,INO_3 + AgNO_3 \rightleftharpoons AgI + I(NO_3)_3.$$

Ainsi, par plusieurs filtrations, nous éliminons tout l'argent de la solution et nous obtenons une solution de nitrate d'iode et de trinitrate d'iode.

Sur deux prises d'essai, on détermine maintenant : 1° la quantité d'iode dans la solution; 2° l'équivalent d'oxydation d'iode et l'on en déduit la quantité d'iode trivalent.

---

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) Kikindai et Cassel, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1110.

(2) Usahakov et Tchistow, *J. Chim. Gén. Russe*, **1**, (63), 1931, p. 1258.

*a*. On réduit l'iode $I^+$ et $I^{+++}$ par l'acide sulfureux à l'état de $I^-$, l'excès de réducteur est ensuite oxydé par l'eau oxygénée et l'ammoniaque; on dose alors les iodures.

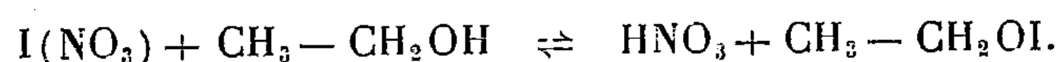
*b*. En ajoutant de l'iodure de potassium à la solution contenant les ions $I^+$ et $I^{+++}$, il y a libération d'iode suivant les équations :

$$I^+ + KI \rightarrow I_2 + K^+ \quad \text{et} \quad I^{+++} + 3KI \rightarrow 2I_2 + 3K^+;$$

on dose l'iode libéré.

On avait déjà remarqué (²) la possibilité de transformer l'iode trivalent en monovalent par action de l'iode moléculaire ($I^{+++} + I_2 \rightarrow 3I^+$); nous avons alors ajouté la solution d'iode $I^2$ exactement nécessaire à la transformation de l'iode $I^{+++}$, en iode $I^+$. Cette méthode nous a fourni des solutions diluées de nitrate d'iode; en prenant les précautions nécessaires, elles sont restées assez stables pour permettre des expériences sur ce sel. La préparation du nitrate de brome a été faite par la même méthode.

Nous avons remarqué que les solutions de nitrate d'iode et de nitrate de brome dans l'alcool absolu sont acides, résultat de l'alcoolyse :



$$I(NO_3) + CH_3-CH_2OH \rightleftharpoons HNO_3 + CH_3-CH_2OI.$$

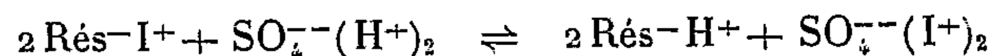
Avec les solutions de nitrate d'iode et de brome, nous allons montrer la possibilité d'échange entre les ions $H^+$ et les ions $I^+$ ou $Br^+$ sur une résine échangeuse d'anions, en travaillant à l'équilibre.

10 g d'Amberlite IR 100 H (Rés⁻ H⁺) échangent 0,0208 g d'ion $I^+$ provenant de 100 cm³ d'une solution dans l'alcool absolu contenant initialement 0,0223 g d'ion $I^+$ fournis par le nitrate d'iode $I(NO_3)$. La résine a été alors lavée à l'alcool absolu, puis traitée par une solution saturée d'iodure de potassium. La quantité d'iode récupérée à l'équilibre est 0,0157 g.

Dans les mêmes conditions, nous avons fixé 0,0043 g d'ion $Br^+$ à partir d'une solution qui en contenait initialement 0,0048 g. La quantité d'ion $Br^+$ récupérée à l'équilibre par une solution saturée d'iodure de potassium dans l'alcool absolu est de 0,0038 g.

Les solutions témoins conservées pendant toute la durée des échanges n'ont montré aucune altération. Il faut prendre soin dans toutes ces expériences de travailler en milieu rigoureusement anhydre.

D'autre part, nous avons pu transformer les nitrates d'iode et de brome en sulfates. Nous avons fixé les cations halogénés d'une solution alcoolique de nitrate sur des résines échangeuses de cations en état acide; après lavage de la résine à l'alcool absolu, nous l'avons régénérée par une solution d'acide sulfurique dilué dans l'alcool absolu. La solution recueillie contient les quantités de sulfates d'iode (ou de brome) que la réaction d'équilibre



$$2\,Rés^-I^+ + SO_4^{--}(H^+)_2 \rightleftharpoons 2\,Rés^-H^+ + SO_4^{--}(I^+)_2$$

permettait de prévoir.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'oxydation sélective des alliages fer-nickel par la diffraction des rayons* X. Note (*) de MM. **Jean Moreau** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait depuis longtemps (¹) que l'exposition d'un alliage fer-nickel à l'air aux températures élevées provoque une réaction d'oxydation sélective, la proportion de fer, élément le plus oxydable, s'accroissant dans l'oxyde en fonction du temps. Nous avons montré récemment (²) que l'analyse chimique du métal sous-jacent permettait de suivre l'évolution de cette réaction. Les renseignements fournis par cette méthode se rapportaient toutefois dans nos essais à des épaisseurs de métal relativement importantes (1/100ᵉ mm) et la nécessité est apparue de déterminer par un procédé plus sensible les variations de la composition dans des couches d'épaisseur nettement plus faible.

L'analyse aux rayons X par enregistrement des rayons en retour (rayonnement $K\alpha$ du cobalt) permet de mesurer avec une précision de $\pm$ 0,0003 Å le paramètre cristallin de la solution solide Fe-Ni à structure $\gamma$. On peut en déduire la composition à $\pm$ 1 % près. Le résultat obtenu se rapporte à une épaisseur de métal de l'ordre de quelques microns.

On a étudié par ce procédé la composition de la phase métallique qui se trouve au contact immédiat de l'oxyde, sur des alliages renfermant 5, 10, 20 et 30 % de nickel portés à différentes températures (850°, 950° et 1050°) pendant des temps croissants. La figure indique à titre d'exemple les résultats obtenus sur l'alliage à 30 % Ni. L'enrichissement en nickel, très rapide dans les premières heures, se ralentit progressivement par la suite. Il est d'autant mieux marqué que la température est plus élevée, et après 5 h d'exposition à 1050°, la surface de cet alliage renferme 95 % de nickel. Dans tous les cas, il semble qu'on tende vers le nickel pur.

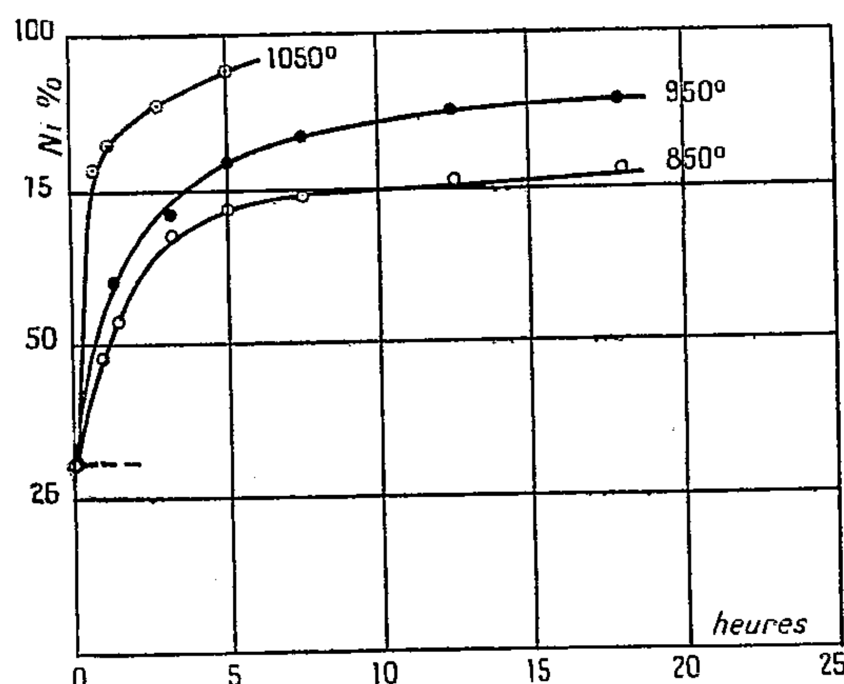
L'analyse chimique de la couche métallique superficielle donnait au début de l'oxydation des résultats identiques à ces derniers, mais elle révélait pour des durées plus grandes une diminution de la teneur en nickel, qui n'est pas confirmée par les rayons X. L'examen micrographique explique cette apparente contradiction. En effet, pour des durées d'oxydation prolongées, une interpénétration du métal et de l'oxyde se produit au voisinage de l'interface, de sorte que l'analyse chimique s'opère sur un milieu

(*) Séance du 30 avril 1951.

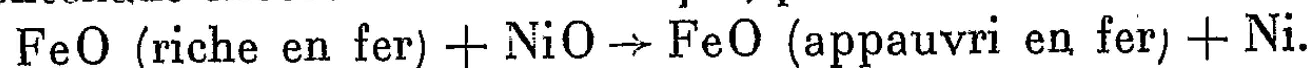
(¹) L. B. Pfeil, *J. Iron Steel Inst.*, **119**, 1929, p. 501; E. Scheil et K. Kiwit, *Ark. Eisenhüttenw.*, **9**, 1936, p. 405; P. Chevenard et X. Wache, *Rev. Métall.*, **45**, 1948, p. 121.

(²) *Rev. Métall.*, **47**, 1950, p. 317.

à deux phases dont la teneur globale en nickel se trouve abaissée par la présence d'un oxyde beaucoup plus riche en fer que le métal. Les rayons X indiquent au contraire pendant toute la durée de la réaction la composition véritable de la phase métallique.




Le fait que sur une grande profondeur la totalité du fer initialement contenu dans l'alliage se transforme en oxyde avant que le nickel ne commence à s'oxyder s'explique par l'impossibilité pour NiO de coexister avec FeO, aussi longtemps que ce dernier se trouve au contact d'un alliage contenant encore du fer métallique, par suite de la réaction :


FeO (riche en fer) + NiO → FeO (appauvri en fer) + Ni.

Grâce à son caractère non stœchiométrique ([3]), l'oxyde FeO joue donc le rôle de véhicule du fer dans ce processus d'oxydation sélective.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Préparation d'alliages* Ag-Mg *en couches minces par évaporation simultanée des constituants dans le vide.* Note de MM. **Stanislas Goldsztaub** et **Pierre Michel**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le système Ag-Mg a été étudié par analyse thermique ([1]), par conductibilité électrique ([2]) ainsi que par les rayons X ([3]), ([4]), ([5]). Dans tous les cas les alliages ont été obtenus par fusion des constituants. Nous avons essayé d'obtenir les mêmes alliages par vaporisation simultanée d'argent et de magné-

([3]) J. Bénard, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 16, 1949, p. D 110.

([1]) Zemczuzny, *Zeits. Allg. Ann. Chem.*, 49, 1906, p. 400.
([2]) Smirnow et Kurnakow, *Zeits. Allg. Ann. Chem.*, 72, 1911, p. 31.
([3]) Owen et Preston, *Phil. Mag.*, 7e série, 2, 1926, p. 1266.
([4]) Ageev et Kuznetsov, *Bull. Acad. Sc. U. R. S. S., Ser. Chim.*, 1937, p. 289.
([5]) Letner et Sidhu, *J. Appl. Phys.*, 18, 1947, p. 833.

sium dans un vide poussé. Pour cela les deux métaux étaient disposés, suivant la méthode habituelle, à l'intérieur d'hélices en fil de tungstène pour le magnésium et de molybdène pour l'argent. Un courant électrique chauffait à une température convenable les deux constituants. L'argent fondait en un globule avant de se vaporiser, tandis que le magnésium se sublimait.

Au-dessus de ces filaments placés dans le bas de la cloche à une distance de 7 cm l'un de l'autre, étaient disposées à des distances convenables des grilles de laiton recouvertes d'un film de collodion de quelques centièmes de microns d'épaisseur.

Les vapeurs métalliques se condensaient sur ces supports et les dépôts obtenus étaient étudiés par diffraction électronique. Suivant la proportion des constituants, le diagramme de diffraction présente les raies des différentes phases déjà mises en évidence par les rayons X à l'exception toutefois de la phase $\gamma$ dont le domaine est d'ailleurs restreint et qui, d'après Letner et Sidhu ([5]), présente aux rayons X un diagramme peu net.

Pour faire varier la proportion relative des constituants, il suffit de disposer plusieurs grilles sur une surface convenable entourant les deux filaments. On peut ainsi en une seule opération préparer différents alliages.

Le tableau suivant indique les raies obtenues ainsi que les distances réticulaires correspondantes.

I. *Argent* : cubes à faces centrées; $a = 4,08$.

| p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. | p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 111...... | 2,358 | 2,358 | TF | 422...... | 0,833 | 0,833 | f |
| 200...... | 2,046 | 2,042 | F | 511...... } 333...... } | 0,786 | 0,786 | f |
| 220...... | 1,448 | 1,442 | F | | | | |
| 311...... | 1,232 | 1,232 | F | 531...... } 600...... } 442...... } | 0,687 | 0,687 | m |
| 222...... | 1,197 | 1,197 | tf | | | | |
| 331...... | 0,941 | 0,938 | m | | | | |
| 420...... | 0,913 | 0,913 | m | | | | |

II. *Phase* $\beta$ : cubes centrés, $a = 3,30$. *Phase* $\alpha$ : cubes à faces centrées, $a = 4,15$.

| p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. | p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100* ..... | 3,303 | 3,300 | tf | 211* ..... | 1,353 | 1,349 | f |
| 111...... | 2,382 | 2,395 | TF | 311...... | 1,248 | 1,250 | m |
| 200...... | 2,067 | 2,072 | F | 420...... | 0,934 | 0,929 | m |
| 220...... | 1,472 | 1,468 | m | (*) Phase $\beta$. | | | |

III. *Phase* $\beta$ : cubes centré, $a = 3,34$.

| p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. | p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100...... | 3,355 | 3,340 | m | 220...... | 1,173 | 1,180 | f |
| 110...... | 2,392 | 2,362 | TF | 221...... } 300...... } | 1,106 | 1,112 | tf |
| 111...... | 1,920 | 1,929 | f | | | | |
| 200...... | 1,665 | 1,670 | m | 310...... | 1,058 | 1,056 | f |
| 210...... | 1,503 | 1,493 | m | 321...... | 0,894 | 0,893 | m |
| 211...... | 1,369 | 1,364 | F | | | | |

IV. *Phase* $\delta$ : hexagonal, $a = 3,20$; $c = 5,20$.

| p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. | p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100...... | 2,785 | 2,775 | F | 203...... | 1,087 | 1,085 | m |
| 002...... | 2,605 | 2,600 | m | 121...... | 1,028 | 1,029 | m |
| 101...... | 2,435 | 2,435 | TF | 114...... | 0,977 | 1,010 | f |
| 102...... | 1,899 | 1,898 | m | 204...... | 0,952 | 0,947 | tf |
| 110...... | 1,602 | 1,603 | F | 300...... | 0,928 | 0,926 | f |
| 103...... | 1,472 | 1,470 | m | 123...... | 0,902 | 0,900 | f |
| 200...... | 1,383 | 1,388 | f | 302...... | 0,873 | 0,873 | f |
| 112...... | 1,367 | 1,362 | m | 124...... | 0,818 | 0,814 | tf |
| 201...... | 1,346 | 1,339 | m | 220...... | 0,803 | 0,802 | tf |
| 202...... | 1,232 | 1,225 | f | 116...... | 0,764 | 0,763 | m |
| 104...... | 1,182 | 1,179 | f | | | | |

V. *Magnésium* : $a = 3,20$; $c = 5,20$.

| p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. | p. q. r. | *d* (mes.). | *d* (calc.). | Int. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100...... | 2,775 | 2,775 | F | 104...... | 1,178 | 1,179 | f |
| 002...... | 2,609 | 2,600 | m | 203...... | 1,088 | 1,085 | f |
| 101...... | 2,445 | 2,435 | TF | 121...... | 1,037 | 1,029 | f |
| 102...... | 1,902 | 1,898 | m | 114...... | 0,980 | 1,010 | f |
| 110...... | 1,614 | 1,603 | F | 204...... | 0,952 | 0,947 | tf |
| 103...... | 1,467 | 1,470 | m | 300...... | 0,926 | 0,926 | f |
| 200...... | 1,378 | 1,388 | f | 123...... | 0,900 | 0,900 | f |
| 201...... | 1,347 | 1,339 | m | 302...... | 0,870 | 0,873 | f |
| 202...... | 1,224 | 1,225 | f | 116...... | 0,766 | 0,763 | m |

Ces diagrammes montrent que les différents alliages se forment sur un support de collodion à la température ambiante à partir des vapeurs pures. Dans le cas de la phase $\beta$ on obtient spontanément une structure ordonnée correspondant au cube centré.

Les paramètres de la phase $\delta$ sont très voisins de ceux du magnésium pur, comme l'ont montré Aggev et Kuznetsov [4], mais la précision de nos mesures n'a pas permis de mettre en évidence cette différence.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de l'écrouissage sur le frottement intérieur du fer et de l'acier, chargés ou non en hydrogène.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Azou**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons précédemment montré [1] que, sous l'influence des déformations plastiques, l'hydrogène ségrège dans les défauts volumétriques existant, à des échelles diverses, dans le fer et l'acier extra-doux, ou lorsqu'il peut se recombiner en hydrogène moléculaire, il développe des contraintes triaxiales tendant à s'opposer aux déformations par glissements.

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 147.

Dans ces conditions, et en vue d'apporter une confirmation expérimentale nouvelle à ce mécanisme, il était intéressant de provoquer dans un métal préalablement chargé en hydrogène des déformations plastiques échelonnées et contrôlées et de rechercher l'influence de la ségrégation du gaz sur une propriété particulièrement sensible aux tensions internes, telle que la capacité d'amortissement aux vibrations.

Les études ont porté sur un acier extra-doux ($C = 0{,}08\ \%$) recuit et les mesures de frottement intérieur furent faites d'une part au pendule de Coulomb avec une amplitude angulaire initiale d'oscillation comptée à partir de la position d'équilibre de $\pm 0{,}25$, $\pm 0{,}5$ et $\pm 1{,}0/100$ de radian et, d'autre part, à l'élasticimètre Cabarat, qui met en jeu de très faibles déformations élastiques. Dans le premier cas, l'éprouvette en cours d'essai était saturée magnétiquement.

1. *Essais au pendule de Coulomb.* — Les résultats montrent (*fig.* 1) que le décrément logarithmique des oscillations (déterminé à l'amplitude de $\pm 0{,}25$ mm soit $\pm 0{,}12 . 10^{-2}$ radian), indépendant, dans les limites précisées

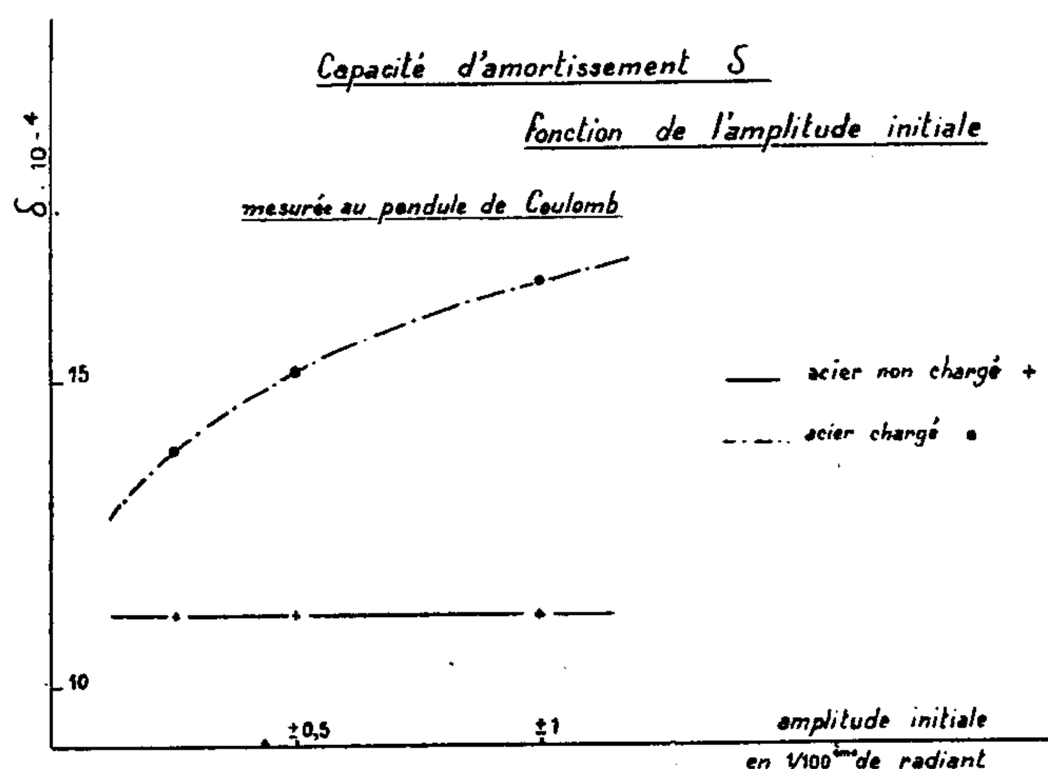



Fig. 1.

ci-dessus, de l'amplitude initiale des oscillations pour l'acier non chargé, varie avec ce facteur lorsque l'acier a été préalablement chargé en hydrogène (par attaque de 48 h dans une solution aqueuse $HCl$ 10 % + $Na_2S$ 0,01 %) : la capacité d'amortissement est alors d'autant plus élevée que l'amplitude initiale des oscillations et par suite le pourcentage de cristaux travaillant dans le domaine plastique sont plus forts. Ceci est d'ailleurs confirmé par le fait que, sur un acier initialement recuit, chargé ou non en hydrogène, un écrouissage par traction de 12 % accroît la différence, due à l'hydrogène, existant entre les décréments logarithmiques mesurés à l'amplitude de $\pm 0{,}12 . 10^{-2}$ radian, l'amplitude initiale étant de $\pm 0{,}25 . 10^{-2}$ radian (métal recuit non chargé :

11,5.$10^{-4}$, métal recuit chargé : 14.$10^{-4}$, métal non chargé et écroui de 12 % : 13,0.$10^{-4}$, métal chargé et écroui de 12 % : 18,6.$10^{-4}$).

2. *Essais à l'élasticimètre Cabarat.* — Dans ce cas, les éprouvettes prélevées dans le métal recuit furent soumises par traction à des écrouissages homogènes échelonnés de 0 à 18 %, les unes sans chargement en hydrogène, les autres après chargement préalable de 48 heures (HCl 10 % + $Na_2S$ 0,01 %). Les résultats (*fig.* 2) montrent que, pour les très faibles contraintes et les fréquences de vibration élevées mises en jeu dans la méthode utilisée, l'écrouissage, contrairement aux résultats obtenus avec le pendule de Coulomb, diminue légèrement le frottement intérieur de l'acier non chargé ; pour l'acier chargé, au contraire, le frottement intérieur, un peu supérieur à celui du métal non chargé jusque vers 10 % d'écrouissage, augmente très rapidement au delà.

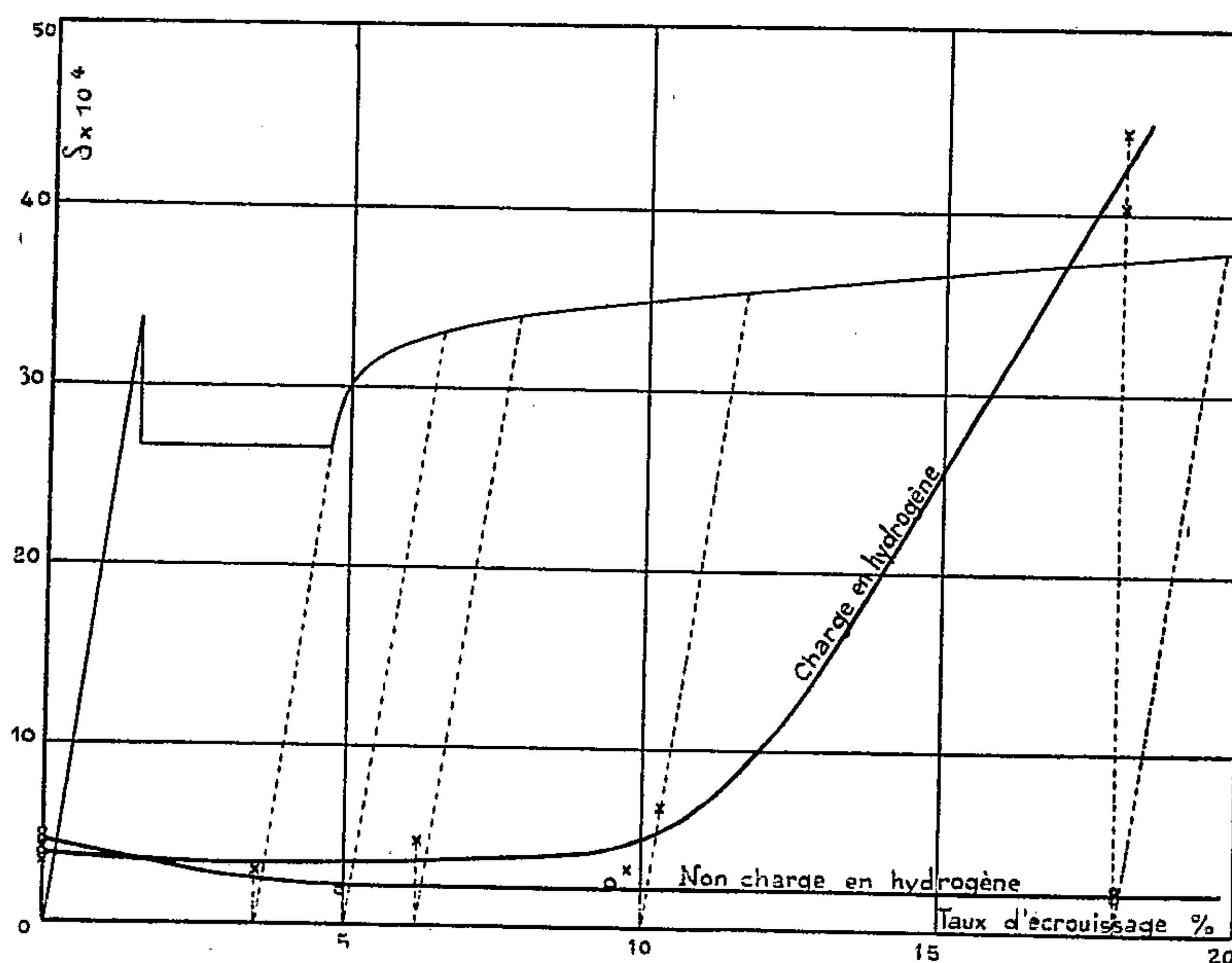



Fig. 2.

La sensibilité des phénomènes de frottement intérieur aux effets de tensions internes permet donc de mettre en évidence la nécessité de déformations plastiques, localisées (essais sur métal recuit au pendule de Coulomb) ou généralisées (essais sur métal écroui par traction homogène) et d'une certaine ampleur pour provoquer une action perceptible de l'hydrogène. La ségrégation de l'hydrogène, qui, sous l'effet de déformations plastiques d'amplitude et de durée suffisantes, passe du réseau dans les défauts de celui-ci, trouve ainsi une confirmation particulièrement nette puisque pour 18 % d'écrouissage, la capacité d'amortissement du métal chargé en ce gaz est environ 20 fois plus élevée que celle du métal non chargé.

Il est intéressant de souligner qu'après séjour de 2000 h à la température ambiante, la capacité d'amortissement redescend à sa valeur sur métal non chargé et écroui de 18 % par suite du départ de l'hydrogène ségrégé et de la disparition corrélative des tensions internes correspondantes.

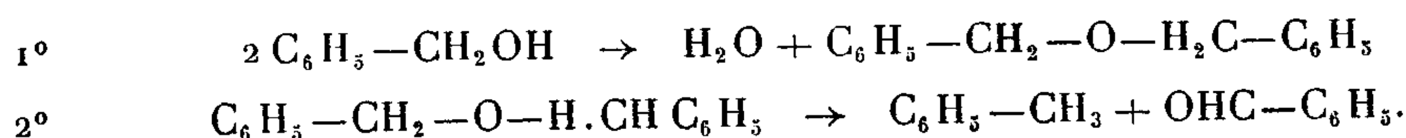
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action chimique des échangeurs de cations.* Note (*) de MM. **Pierre Mastagli**, **Geza Austerweil** et Mlle **Edith Dubois**, présentée par M. Marcel Délépine.

On connaît l'emploi des échangeurs de cations (1) comme agents d'estérification. Le traitement du mélange d'un acide organique et d'un alcool avec un échangeur de cations en phase acide, à l'aide d'un solvant favorisant l'élimination de l'eau, est en usage général depuis plusieurs années dans le laboratoire de l'un des auteurs.

Dans la présente Note on démontre que l'emploi des échangeurs de cations en phase acide n'est pas limité, comme déshydratant, à cette réaction, et il peut conduire non seulement à des esters, mais aussi à des éther-oxydes. Il a été possible d'obtenir des effets déshydratants bien caractéristiques sur des alcools, notamment les alcools de la série arylique et arylalcoylique, en chauffant ces corps, de préférence en solution dans un hydrocarbure avec une certaine quantité d'échangeurs de cations organiques, à l'état acide.

En général, il y a départ d'une molécule d'eau à partir de deux molécules d'alcool, avec formation d'un éther-oxyde; cette première réaction est suivie d'une deuxième réaction de coupure de l'éther-oxyde formé en aldéhyde ou acétone et hydrocarbure. Ces deux réactions se superposent d'autant plus complètement que l'acidité de l'échantillon est plus forte.

Le schéma de la réaction pour l'alcool benzylique, est représenté comme il suit :



$$1^\circ \quad 2\,C_6H_5{-}CH_2OH \rightarrow H_2O + C_6H_5{-}CH_2{-}O{-}H_2C{-}C_6H_5$$

$$2^\circ \quad C_6H_5{-}CH_2{-}O{-}H.CH\,C_6H_5 \rightarrow C_6H_5{-}CH_3 + OHC{-}C_6H_5.$$

La longueur de la chaîne latérale influe fortement sur la réaction; à partir de l'alcool benzylique, elle se fait avec un rendement de 30 % d'éther-oxyde, tandis qu'avec l'alcool phényléthylique normal, le rendement s'abaisse à 10 % pour devenir encore plus faible à partir de l'alcool phényléthylique secondaire. La réaction peut être considérée comme terminée, lorsqu'il n'y a plus de départ d'eau.

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) Jaeger et Seldin Cie USAP, **1**, 896-240; Diericks, Report 886, *Off. of. tech. Service Dep. of Washington*, 1945; Sussmann, *Snd. et Eng. Chemistry*, **38**, 1946, p. 1228-1230.

Si l'alcool benzylique donne, selon la formule ci-dessus, de l'éther-oxyde de benzyle, de l'aldéhyde benzoïque et du toluène, l'alcool phényléthylique normal donne l'éther phényléthylique, le phénylacétaldéhyde, l'éthylbenzène et beaucoup de résine. Avec l'alcool phényléthylique secondaire, on obtient l'éther-oxyde méthylbenzylique, du styrolène souillé d'acétophénone et une quantité encore plus importante de résine.

Comme on sait qu'il existe une zone de pression (²) à la surface de l'échangeur, de l'épaisseur de quelques molécules, toutes ces réactions subissent la loi de Le Chatelier, et celles qui sont accompagnées d'une diminution de volume sont favorisées; le liquide à proximité immédiate de l'échangeur le long de sa surface, est soumis à une compression que l'on peut assimiler à celle d'un « autoclave lamellaire ».

Dans notre cas, 2 mol-g d'aldéhyde benzoïque, représentant 204 $cm^3$ se transforment en 1 mol-g d'éther-oxyde benzylique, représentant 189,8 $cm^3$.

L'eau formée s'élimine du système à la température de la réaction. Il en est de même lors de la desmotropie de l'éther-oxyde de benzyle en aldéhyde benzoïque et toluène qui, lui, part à cette température. Tous ces corps, en absence de l'échangeur, sont parfaitement stables aux températures auxquelles on opère; leur transformation est donc due à la présence de l'éehangeur, lequel, de son côté, sort intact et inaltéré de la réaction. Voici un exemple de cette réaction :

Si l'on chauffe, à 150°, 130 g d'alcool benzylique avec 13 g d'échangeurs de cations (résine formol-phéno-sulfonique), pendant 4 h, on obtient 5,5 g d'eau, 30 g d'oxyde de benzyle et quelques gouttes d'aldéhyde benzoïque.

Nous répétons l'expérience à 275°-290°, pendant 4 h., 57 g d'alcool et 6 g d'échangeurs de cations donnent : 11 g de toluène, 14,5 g d'aldéhyde benzoïque et 2,5 g d'oxyde de benzyle. Le reste des produits est une résine assez importante que nous n'avons pas encore identifiée.

D'autre part, si nous chauffons 22,5 g d'éther-oxyde de benzyle avec 2 g d'échangeurs à 250-270°, pendant 3 h 30 mn, nous avons obtenu quelques gouttes d'eau, 5 g de toluène et 6 g d'aldéhyde benzoïque. Ce qui justifie notre deuxième équation.

En résumé, nous voyons que les échangeurs sont des catalyseurs de déshydratation totale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'action du chlorure de sulfuryle sur certains dérivés du cholestérol.* Note de Mlle **Madeleine Darmon**, présentée par M. Marcel Delépine.

Bien que théoriquement susceptibles d'exister sous quatre formes stéréo-isomères, les dichlorures décrits du cholestérol et de ses esters ne sont qu'au

(²) Austerweil, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 1125.

nombre de un ou deux dans chaque cas ([1]). C'est ainsi que l'on connaît deux dichlorocholestérols, et également, deux dichlorobenzoates, deux dichloro *p*-toluènesulfonates ([2]) et deux dichloroformiates de cholestéryle ([3]) préparés soit par action du chlore à froid ([4]), ([5]), soit par action du dichlorure d'iodobenzéne ([2]), ([3]). La dernière méthode, seule, est capable de fournir l'isomère à haut point de fusion qui possède d'après Barton et Miller ([5]) la configuration $5\alpha 6\alpha$. Il importe pour le succès de la préparation qu'il y ait absence totale d'eau.

Dans le double espoir d'obtenir les composés encore inconnus et d'établir une méthode pratique et fidèle de préparation, nous avons étudié l'action du chlorure de sulfuryle sur différents esters du cholestérol. Ce réactif réagit facilement, on le sait, sur les composés éthyléniques et fournit les dichlorures correspondants. Parmi les exemples connus, un seul cas, celui du stilbène a été signalé comme conduisant à deux dichlorures stéréoisomères ([6]).

La présente Note concerne les résultats obtenus avec le benzoate, le sulfite et le chlorure de cholestéryle. La réaction est menée en présence d'un excès de chlorure de sulfuryle, dans un solvant organique à chaud. Celui-ci était : 1° le chloroforme anesthésique pur renfermant 0,5 % d'alcool; 2° le même séparé de l'alcool par lavage à l'acide sulfurique et séché convenablement; 3° le benzène pur.

On chauffe 40 minutes à très douce ébullition : 1,6 g de benzoate de cholestéryle, 15 $cm^3$ du solvant choisi et 0,70 $cm^3$ de chlorure de sulfuryle; après évaporation partielle à froid et addition d'alcool méthylique, on sépare l'isomère à haut point de fusion par trituration à froid avec de l'éther de pétrole léger, dans lequel il est seul insoluble.

On prépare ainsi facilement les trois formes suivantes de dichlorobenzoates $C_{34}H_{50}O_2Cl_2$ :

| F. | | Solvant de la préparation. | Purification. | Cl % trouvé. |
|---|---|---|---|---|
| A. 238°-240° | $[\alpha]_D$ 17 ($CHCl_3$) = + 6°,8 | 2,3 | acétate d'éthyle $C_6H_6$ | 13,09 |
| B. 120°-121° (plaquettes) | $[\alpha]_D$ 17 ($CHCl_3$) = − 24°,8<br>$[\alpha]_D$ 25 ($C_6H_6$) = − 23°,1 | 2 | acétate d'éthylméthanol | 13,10 |
| C. 130°-131° (aiguilles) | $[\alpha]_D$ 25 ($CHCl_3$) = − 24°,4<br>$[\alpha]_D$ 25 ($C_6H_6$) = − 25°,4 | 1 | acétate d'éthylméthanol | 12,77 |
| | | | Calculé | 12,65 |

([1]) MADELEINE DARMON, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 56-58.
([2]) CARL JOHN BERG et EVERETT WALLIS, *J. Org. Chemistry*, 162, 1946, p. 683.
([3]) JEAN DESCOMBES et JEAN RABINOWITCH, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 583.
([4]) JEAN DOSCOMBES et JEAN RABINOWITCH, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 6, 1939, p. 1520.
([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 370.
([6]) M. S. KHARASCH et HERBERT C. BROWN, J. *Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 3432.

La presque concordance des pouvoirs rotatoires et le fait que l'on ne constate pas d'abaissement de point de fusion par leur mélange indiqueraient que B et C sont deux formes cristallines du dichlorobenzoate 5α6β. Elles présentent toutefois une remarquable stabilité, la transformation de l'une dans l'autre n'a été réussie ni par ensemencement, ni par action du chlorure de sulfuryle dans les conditions de leur formation, mais en changeant le solvant.

L'action du chlorure de sulfuryle sur le sulfite de cholestéryle fournit surtout des produits de décomposition non soufrés; on obtient cependant un dichlorosulfite $C_{54}H_{90}O_3SCl_4$ en opérant dans le benzène, et ce même composé se forme avec un rendement très faible dans le chloroforme 2.

La réaction est menée comme dans le cas du benzoate, mais en présence de carbonate de calcium. On lave à l'acétone chaud; la fraction insoluble est recristallisée dans le mélange benzène-acétone :

F 214°-215° $[\alpha]_D$ 18 ($CHCl_3$) = — 6°,79; S % trouvé 3,22; calculé 3,33; Cl % trouvé, 14,77; calculé 14,75.

Il se forme très probablement dans le chloroforme 2 un dichlorosulfite à bas point de fusion dont l'instabilité a jusqu'ici interdit l'isolement.

Enfin le chlorure de cholestéryle fournit dans tous les cas le seul trichlorocholestane connu : F 108°-109°; Cl % trouvé 22,59; calculé 22,44; $[\alpha]_D$ 18 ($CHCl_3$) = — 36°3 (purifié dans l'acétate d'éthylméthanol; aiguilles).

Le chlorure de sulfuryle se présente donc comme un agent favorable dans certains cas pour la formation des isomères 5α6α. Pour des raisons d'analogie et en comformité avec Barton et Miller nous attribuons au nouveau dichlorosulfite ci-dessus cette configuration probable 5α6α.

Les différences observées en relation avec le solvant sont évidemment dues à des divergences dans le mécanisme de chloruration. Nous avons vérifié l'effet de l'alcool (méthylique ou éthylique) ajouté au chloroforme 2 dans la proportion de 1 % pour l'obtention du dichlorobenzoate C. Cette présence favorise vraisemblablement un mécanisme ionique.

Nous poursuivons cette étude et nous nous proposons en particulier d'obtenir de façon analogue les dérivés bromés 5α6α encore inconnus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des diamidines aliphatiques symétriques à hétéroatome central.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **René Baronnet** et **Jean-Paul Marquiset**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'études pharmacodynamiques, nous nous sommes proposé de préparer des diamidines du type $X = [CH_2 - CH_2 - C(=NH) - NH_2]_2$ dans lesquelles X est un atome d'oxygène, de soufre, ou un groupement NH. A cet effet, nous avons essayé, avec plus ou moins de succès, l'une des techniques éprouvées pour l'obtention des amidines : nitrile → imino-ester → amidine.

1. L'accès aux dinitriles correspondants a été déjà indiqué par Bruson et Reiner [1].

L'oxydipropionitrile $O=(CH_2-CH_2-CN)_2$ résulte de la condensation à 40°, en milieu alcalin, de la cyanhydrine du glycol et du nitrile acrylique. En opérant sur le vingtième des quantités utilisées par ces auteurs, nous n'obtenons qu'un rendement de 40 %. Pour atteindre leur propre rendement (90 %), il faut opérer vers 70°; à cette température, la réaction, fortement exothermique, se déclenche brusquement.

Le thiodipropionitrile [2] $S=(CH_2-CH_2-CN)_2$ et l'aminodipropionitrile [3] $HN=(CH_2-CH_2-CN)_2$ se forment par action, respectivement à 40 et à 33° sur le même nitrile acrylique, d'une solution aqueuse de sulfure de sodium — tout se passe comme si le sulfure était hydrolysé — ou de l'ammoniaque concentrée. Quelles que soient les quantités mises en œuvre, nous avons toujours atteint les rendements indiqués par Bruson.

2. Saturée d'acide chlorhydrique anhydre, une solution de dinitrile dans l'alcool absolu donne à froid le dichlorhydrate de diimino-ester. Celui-ci traité vers 50° par une solution alcoolique d'ammoniac, est transformé selon Pinner [4] en dichlorhydrate de diamidine.

Toutefois ces réactions ne conduisent pas au résultat escompté dans le cas de l'aminodipropionitrile, mais elles réussissent parfaitement avec ses dérivés N-acylés, tels que le dérivé benzoylé $C_6H_5-CO-N=(CH_2-CH_2-CN)_2$ et le dérivé phénylsulfoné $C_6H_5-SO_2-N=(CH_2-CH_2-CN)_2$ : il est alors bon d'utiliser le moins possible d'alcool absolu dans la première transformation, car les chlorhydrates d'imino-esters de ces dérivés y sont très solubles.

A titre d'exemple, décrivons la préparation du dichlorhydrate et du picrate de l'oxydipropionamidine $O=(CH_2-CH_2-C(=NH)-NH_2)_2$.

Une solution de 12,4 g (1/10 de molécule) d'oxydipropionitrile dans 15 cm³ d'alcool absolu, refroidie dans la glace et le sel, est saturée d'acide chlorhydrique gazeux séché sur anhydride phosphorique. Après maintien durant quatre jours à la glacière, la masse du chlorhydrate d'imino-ester formé est essorée, lavée à l'éther anhydre pour éliminer l'excès d'acide et séchée dans le vide, sur potasse, pendant 24 h.

A la suspension de ce sel dans 20 cm³ d'alcool absolu, on ajoute une solution d'ammoniac à 10 % environ dans l'alcool absolu jusqu'à apparition de l'odeur ammoniacale. La solution est portée à 45° pendant 6 h; le chlorure d'ammonium qui précipite est séparé par filtration. L'évaporation du filtrat donne le chlorhydrate d'amidine souillé d'un peu de chlorure d'ammonium. La cristallisation fractionnée dans l'alcool à 96° permet d'isoler 19 g de

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 23.

(2) Gershbein et Hurd, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 242; Bruson, *Organic Reactions*, V, p. 96.

(3) Wiedemann et Montgomery, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 994; Bruson, *Organic Reactions*, V, p. 113,

(4) *Die Imidoaether und ihre derivate*, Berlin, 1892.

*dichlorhydrate d'oxydipropionamidine* (rendement 85 %) en poudre cristalline blanche, à saveur amère, fusible à 205° (bloc). N % trouvé 24,10; calculé 24,24 pour $C_6H_{16}ON_4Cl_2$.

Le *picrate* précipite en mélangeant des solutions alcooliques de dichlorhydrate et d'acide picrique. Lavé à l'éther et séché, il fond à 210° (déc.). N % trouvé 22,22; calculé 22,55 pour $C_{18}H_{20}O_{15}N_{10}$.

En outre de ces deux dérivés, les nouveaux composés suivants ont été isolés au cours de ce travail :

| Substances. | F (Bloc). | N trouvé (%). | N calculé (%). |
|---|---|---|---|
| Thiodipropionamidine : | | | |
| Dichlorhydrate $C_6H_{16}SN_4Cl_2$ .................... | 162° | 22,77 | 22,67 |
| Picrate $C_{18}H_{20}SO_{14}N_{10}$ ........................ | 236° | 22,04 | 22,15 |
| Benzamido dipropionitrile $C_{13}H_{13}ON_3$ ............ | 113° | 18,62 | 18,50 |
| Benzamido dipropionamidine : | | | |
| Dichlorhydrate $C_{13}H_{21}ON_5Cl_2$ .................. | 165° (déc.) | 21,18 | 20,95 |
| Picrate $C_{25}H_{25}O_{15}N_{11}$ .......................... | 195° (déc.) | 20,90 | 21,30 |
| Benzène sulfonamidodipropionitrile $C_{12}H_{13}O_2N_3S$ ... | 90° | 15,72 | 15,94 |
| Benzène sulfonamidodipropionamidine : | | | |
| Dichlorhydrate $C_{12}H_{21}O_2N_5SCl_2$ ................ | 132° | 18,80 | 18,91 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le benzo-1.2 rubrène ou tétraphényl-9.10.11.12 benzo-1.2 naphtacène.* Note (*) de M. **Daniel Bertin**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On a réalisé par une voie non rubrénique la synthèse du benzo-1.2 rubrène en vue de confirmer, par comparaison des spectres, la structure de l'un des trois isomères qui avaient été obtenus antérieurement par réaction rubrénique, ce qui fixe, du même coup, la constitution des trois corps.

Il avait été obtenu par une réaction rubrénique trois rubrènes isomères ([1]) dont la théorie de Ch. Dufraisse relative à cette réaction prévoyait l'existence ([2]).

En vertu de cette théorie les trois isomères doivent avoir les structures du diphényl-9.12 di-α-naphtyl-10.11 naphtacène, I, du triphényl-9.11.12 α-naphtyl-10 benzo-1.2 naphtacène, II, et du tétraphényl-9.10.11.12 dibenzo-1.2.5.6 naphtacène, III. L'attribution de ces formules aux différents isomères avait été faite d'après leur spectre, compte tenu de l'effet hypsochrome des annellations angulaires. Je me suis attaché à justifier cette répartition, j'ai d'abord apporté une première confirmation dans une Note antérieure ([3]), en

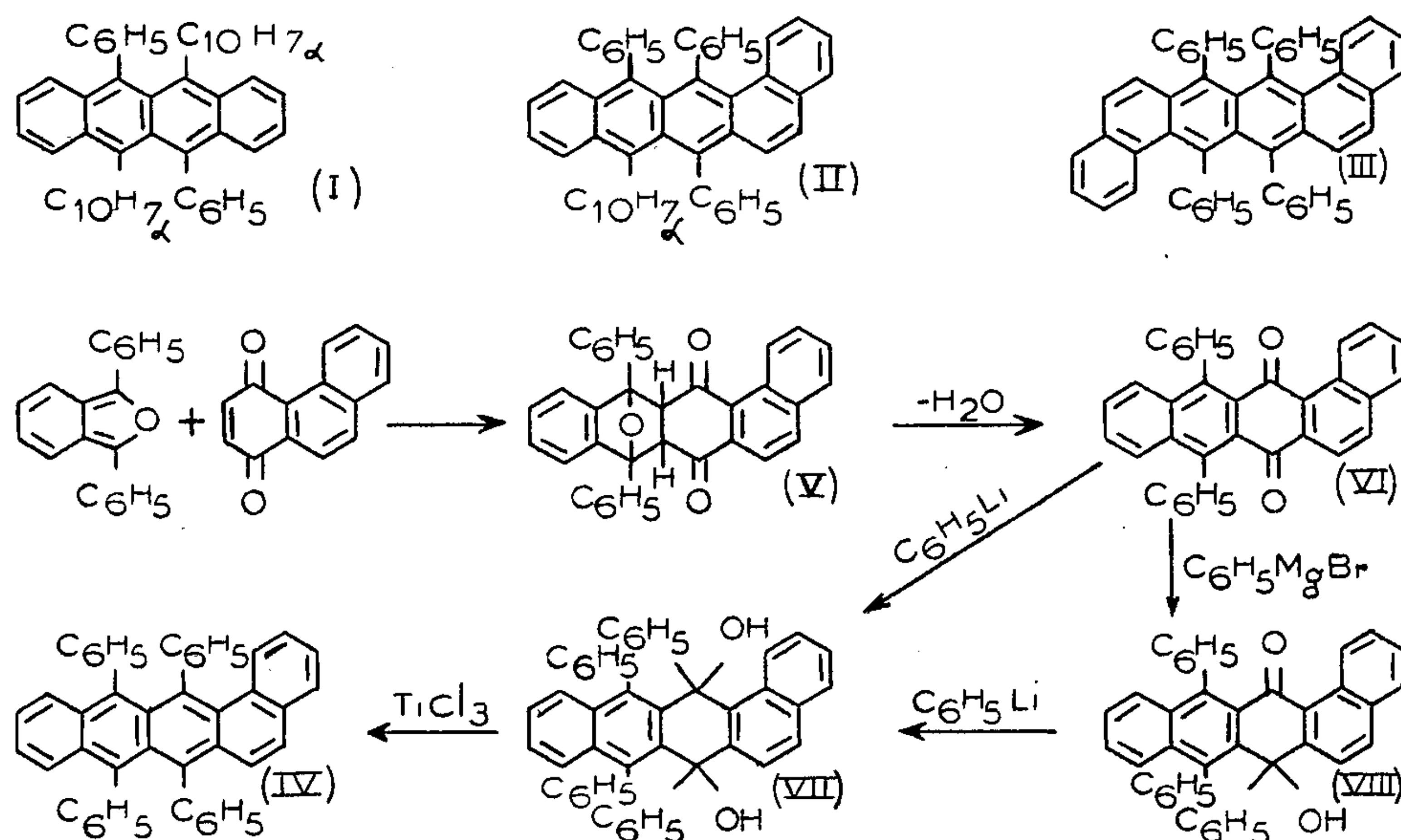
(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) Ch. Dufraisse, J. Robin et D. Bertin, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 5.

([2]) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1356.

préparant le composé I, par une réaction rubrénique ne pouvant donner que celui-ci.




Ce précédent travail concernait la structure naphtacénique simple. J'ai tenu à poursuivre la démonstration en créant par une voie non rubrénique, c'est-à-dire totalement indépendante de tout ce qui a été fait jusqu'à présent sur ces produits, l'une des structures angulaires. Je me suis contenté, pour cette fois-ci, d'une preuve par déduction des données spectrales en préparant le tétraphényl-9.10.11.12 benzo-1.2 naphtacène IV, composé plus simple à obtenir que II, car il a quatre substituants identiques alors que pour II, il faut introduire un substituant différent des trois autres. Les composés II et IV ne se différencient que par la substitution d'un naphtyle à un phényle, substitution qui, au point de vue spectral, n'apporte pas de variations dans la position des maxima d'absorption, comme il a été constaté pour les spectres du tétraphényl-9.10.11.12 naphtacène et du diphényl-9.12 di-α-naphtyl-10.11 naphtacène. Comme le spectre de IV ($\lambda_{max}$ 5 020-4 700-4 440 Å) se révèle être identique à celui de l'un des isomères auquel avait été attribuée la formule II ($\lambda_{max}$ 5 020-4 690-4 420 Å), cela me permet d'apporter déjà une seconde confirmation fort démonstrative à la distribution des formules I, II, III qui avait été donnée antérieurement aux trois isomères.

La méthode employée pour la synthèse de IV est la suivante : on fait d'abord une synthèse diénique entre deux réactifs connus, le diphénylisobenzofuranne et la phénanthrènequinone-1.4 ([1]); on obtient ainsi le diphé-

---

([1]) L. F. Fieser, *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 2469.

nyl-9.10 époxy-9.10 tétrahydro-9.9'.10.10' benzo-1.2 naphtacènequinone-11.12($C_{34}H_{22}O_3$) ($F_{inst}$ 162-164°), V. L'adduct est déshydraté, à froid, par l'acide acétique saturé d'acide bromhydrique gazeux, en diphényl-9.10 benzo-1.2 naphtacènequinone-11.12($C_{34}H_{20}O_2$) ($F_{inst}$ 192-193°), VI. Cette quinone, traitée à froid, en solution benzénique par le phényllithium donne un diquinol, le tétraphényl-9.10.11.12 dihydroxy-11.12 dihydro-11.12 benzo-1.2 naphtacène ($C_{46}H_{32}O_2$) ($F_{inst}$ 290-291°), VII; alors que, traitée dans les mêmes conditions par le bromure de phénylmagnésium, elle conduit à un monoquinol ($F_{inst}$ 264-265°); cette monocondensation est vraisemblablement due à l'encombrement stérique du benzo angulaire, le reste — OMgBr étant de beaucoup plus encombrant que le reste — OLi, c'est pourquoi je lui ai attribué la formule ($C_{40}H_{26}O_2$), VIII. Le composé VIII traité par le phényllithium redonne le diquinol, VII. Ce diquinol est réduit immédiatement à froid en milieu acétique et avec de bons rendements, par le trichlorure de titane en quantité calculée, en tétraphényl-9.10.11.12 benzo-1.2 naphtacène ($C_{46}H_{30}$) ($F_{inst}$ 301-302°), IV.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence d'une raie intense à* 32 Å *environ dans le diagramme de rayons* X *de plaquettes de montmorillonite orientée*. Note de MM. CHARLES ALEXANIAN et RAYMOND WEY, présentée par M. Charles Mauguin.

Par lessivages acides et centrifugations successives, on transforme la montmorillonite de Camp Berteaux (Maroc) en montmorillonite H. En dialysant le produit acide, on obtient une suspension bien dispersée. L'évaporation à 70° C de cette suspension sur une lame de verre donne les plaquettes étudiées.

Ces plaquettes ont été examinées au moyen de deux dispositifs de diffraction de rayons X :

1° Le spectrographe Seemann à couteau de 114,6 mm de diamètre, ce qui correspond à 1 mm : degré sur le film. La plaquette étudiée oscille de 14°,5 à partir d'une position où elle fait un angle d'un demi-degré avec le faisceau incident. Le limitateur est une fente de 0,5 mm axé sur l'espacement entre plaquette et couteau. On obtient ainsi un spectre d'un seul côté de la tache centrale linéaire, fine et exempte de tout voile.

2° Le spectrographe Muller : la préparation oscille de ± 7°,5 autour d'un axe contenu dans son plan. Elle est placée sur un banc d'optique à égale distance (64 mm) d'un limitateur à fente de 0,3 mm et d'un film plan.

On étalonne le spectrographe avec un mica muscovite (Ruby des Indes, $d_{002} = 9{,}93$ Å) [1].

---

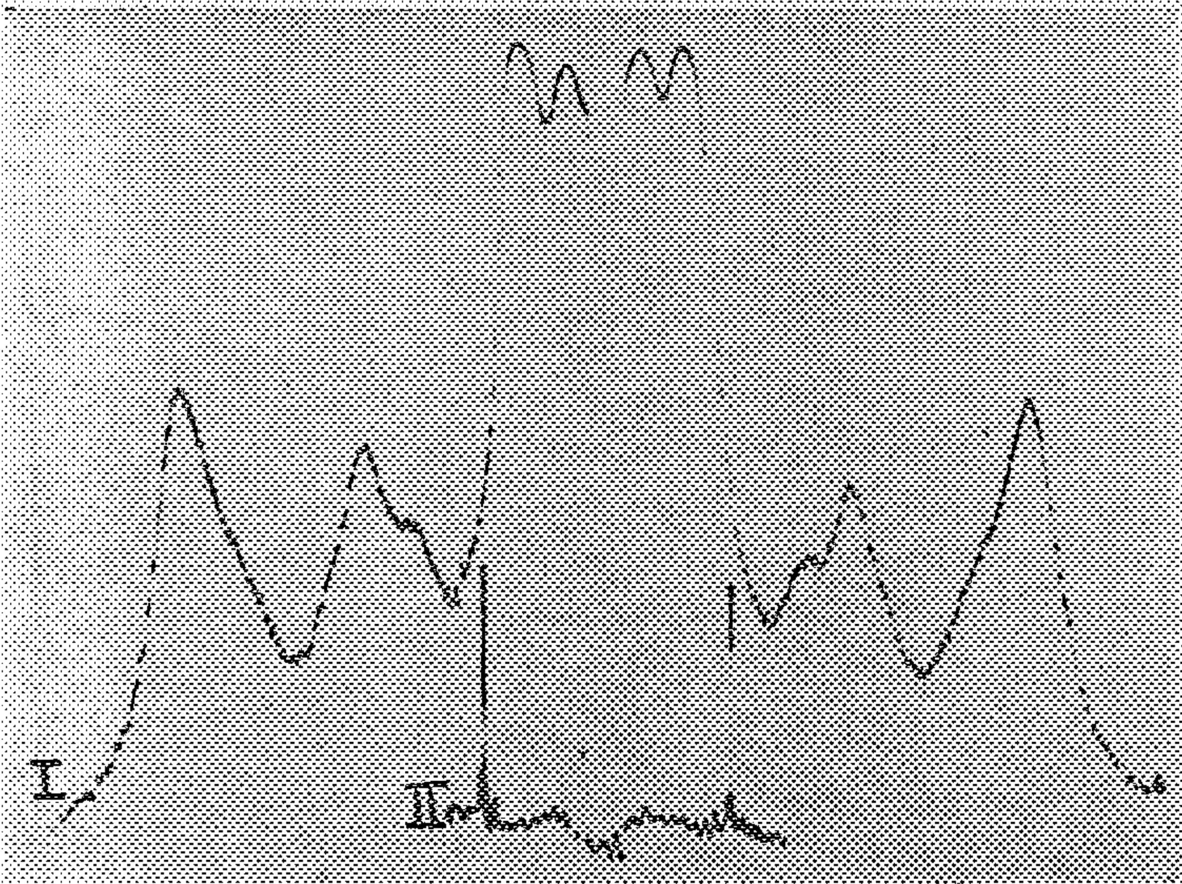
[1] LARSSON, *Uppsala Univ. Årsskrift*, 1929; *Mat. och Natury*, 1; *Loc. cit.*, *Struktur Berichte*, 11, p. 546.

Rayonnement employé : $K\alpha$ du Cu.

Les enregistrements microphotométriques des clichés de rayons X ont donné les valeurs suivantes pour les équidistances réticulaires.

| *Spectrographe « Seemann ».* | | | *Spectrographe « Muller ».* | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de la raie. | Å. | Intensité. | N° de la raie. | Å. | Intensité. |
| 1......... | 31,8 | F | 1......... | 32,15 | F |
| 2......... | 14,7 | TF | 2......... | 14,8 | TF |
| | | | 3......... | 6,18 | *tf* |
| 4......... | 5,26 | F | 4......... | 5,15 | *f* |
| 5......... | 4,48 | *f* | | | |
| 6......... | 3,82 | *f* | | | |
| 7......... | 3,47 | *f* | | | |
| 8......... | 3,13 | F | 8......... | 3,15 | F |

On constate la présence d'une raie intense à 32 Å. Les mesures effectuées sur chaque cliché étaient faites avec une précision de 1 %, cependant nous avons




Enregistrement d'un cliché obtenu par le spectrographe Muller.
I, montmorillonite H; II, muscovite (raies 002).

pu observer certaines fluctuations de la position et de l'intensité de cette raie pour des plaquettes préparées à partir de suspensions de concentrations différentes.

GÉOLOGIE. — *Affleurements nouveaux du conglomérat de Holz dans le domaine de l'anticlinal de Sarrebruck.* Note (*) de MM. **Nicolas Theobald, Karl Britz** et **Dieter Jung**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le conglomérat de Holz placé à la limite du Westphalien et du Stéphanien, utilisé comme horizon repère, joue un rôle important dans les études tectoniques du bassin houiller sarrois. De récentes observations ont permis de préciser les affleurements du conglomérat de Holz et de découvrir un certain nombre de gisements nouveaux. Dans la présente Note il sera fait état des découvertes permettant de préciser la tectonique de l'anticlinal de Sarrebruck.

1. *Région Est de Wiebelskirchen.* — Le conglomérat de Holz est exploité 100 m à l'Ouest de la cote 295 au lieudit « Im Allenfeld », plongeant de 10° vers le Nord-Nord-Ouest. Une faille SE-NW sépare le compartiment « Im Allenfeld » de celui d'« In der Vogelsbach », où le conglomérat de Holz affleure dans le talus bordant la rivière Oster.

2. *Région Est de Landsweiler.* — Le conglomérat de Holz affleure à la sortie Est de Landsweiler dans la tranchée de la voie ferrée à l'Ouest du pont de la route allant à la fosse Kohlwald. Il plonge de 10 à 15° vers le Nord-Nord-Ouest. Il est limité par une faille WSW-ENE. Le conglomérat de Holz se suit en direction Est vers la cote 282,8. Il est exploité vers l'altitude 300 à 200 m au Nord-Est du pont.

Une faille de direction NNW-SSE sépare le conglomérat de Holz de ce compartiment d'un autre compartiment situé au Nord-Est où le conglomérat de Holz affleure vers l'altitude 320, sur le rebord au Nord de la route allant à la fosse Kohlwald.

Plus près de Landsweiler, le conglomérat de Holz forme le soubassement du terrain de sports Bruchenkopf. A l'angle Sud-Ouest de la butte il accuse un pendage de 15-20° vers le Nord-Nord-Est. Mais au Sud-Est de la piscine le pendage est de quelques degrés seulement. Une faille SE-NW passant le long du bord Ouest du terrain de sports doit séparer les deux compartiments. Une autre faille NS passe vers l'extrémité de la tranchée du chemin de fer, où le conglomérat de Holz butte contre le Westphalien.

3. *Merchweiler.* — A l'Est de Merchweiler, le conglomérat de Holz affleure en plusieurs points, depuis le lieudit Scheidt (cote 355) par la cote 358,4 jusqu'à la cote 367, plongeant de 22° vers le Nord-Nord-Ouest. De là il se poursuit jusqu'au contact de la faille Fischbach à la sortie Sud de Merchweiler. Le conglomérat figuré sur la feuille au 1/25 000 d'Illingen vers la cote 388 est en réalité le conglomérat d'Eilert.

---

(*) Séance du 23 avril 1951.

4. *Secteur de Holz.* — Le conglomérat de Holz est bien développé de Göttelborn à Güchenbach en passant par la localité type de Holz. La feuille 1/25 000 signale par erreur le conglomérat au Wackenhubel au Sud-Est de Holz. Il s'agit en réalité du conglomérat d'Eilert. Ce conglomérat est en effet interstratifié dans le Westphalien que l'on peut observer au toit du conglomérat dans les anciens abris à 50 m au Nord-Est du Rosenhaus.

5. *Riegelsberg.* — A l'Est du Lampennest le conglomérat de Holz est découpé par plusieurs failles.

Au centre de Riegelsberg il affleure à l'altitude 334 au lieudit « In der Bockweid » et se suit vers l'angle Sud-Est du terrain de sports où il disparaît sous la couverture triasique.

Le conglomérat d'Eilert apparaît près de la brasserie de Riegelsberg, à l'endroit où la carte géologique au 1/25 000 (Saarbrücken) figure le conglomérat de Holz.

6. *De Ritterstrasse à Völklingen.* — Le conglomérat de Holz affleure le long de la route suivant le flanc Sud-Est du Hohberg de Ritterstrasse à Obervölklingen. A partir de la cote 297,2 il se suit en direction Sud-Ouest sur une distance de 300 m environ. Il disparaît sous le grès du Trias inférieur. Son pendage vers le Sud-Ouest est très accusé. Il réapparaît sur le flanc Ouest du Hohberg dans le Kollertal où il couvre de larges espaces depuis le bois de Phuhlbusch au Nord jusqu'à la cote 239,8 à 1 km au Sud-Est du puits Anna. Il descend vers la Wackenmühle et jusqu'au niveau du ruisseau. Il apparaît sur la rive droite du ruisseau et se suit vers le Sud jusqu'à l'usine des eaux de Völklingen où il disparaît contre une faille E-W séparant la butte 239,8 portant le conglomérat de Holz et la butte 228,8 portant le grès vosgien. La faille de la Sarre passe à environ 100 m plus au Sud.

GÉOLOGIE. — *Sur certaines anomalies granulométriques apparentes des roches argileuses et leur interprétation géologique.* Note (*) de MM. **André Rivière**, **Claude Sallé** et M^lle **Solange Vernhet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

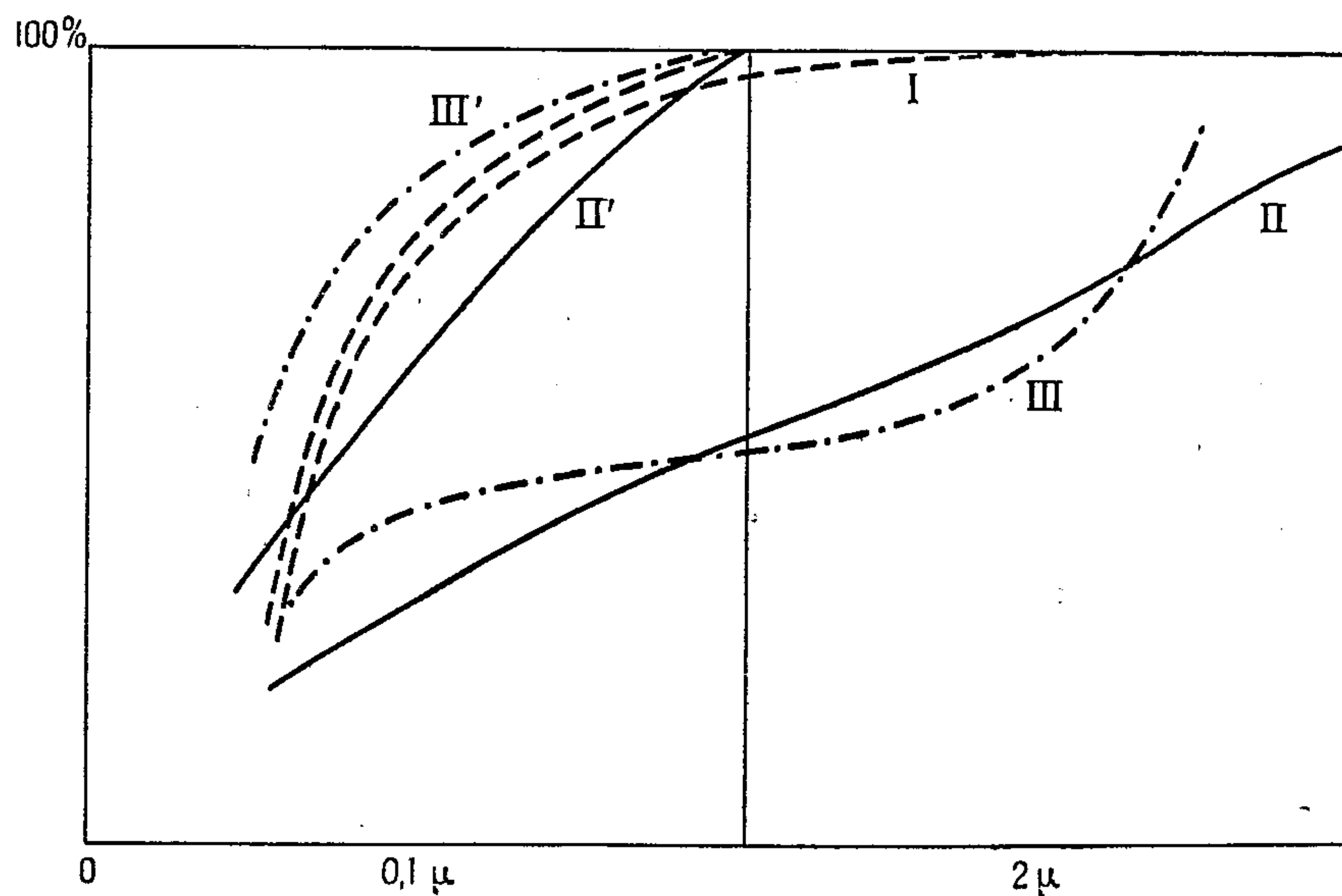
La fraction fine des roches argileuses à granulométrie hétérogène est souvent beaucoup plus riche en ultra-fins que la fraction correspondante des argiles les plus pures appartenant aux mêmes ensembles géologiques. Cette anomalie apparente s'explique facilement par la différence des modes de dépôt. Conséquences géologiques.

Au cours d'études granulométriques ayant porté sur des centaines de sédiments argileux, nous avons constaté que les échantillons comportant une fraction granulométrique grossière et moyenne importante (sable et silt) présentent presque toujours une fraction précolloïdale et colloïdale

---

(*) Séance du 7 mai 1951.

beaucoup plus fine que celle de la fraction correspondante des roches argileuses les mieux lévigées naturellement du même ensemble géologique (*fig.* 1, courbes granulométriques cumulatives totales I et III, courbes granulométriques des seules fractions fines I′ et III′, coordonnées semi-logarithmiques). Les courbes de type III indiquent une absence de clas-




sement qui ne peut guère s'expliquer autrement qu'en admettant qu'elles correspondent à des sédiments dont la formation résulte d'un déséquilibre entre la charge transportée par le milieu formateur et la compétence résultant de sa turbulence et qu'elle se fait par un mécanisme statistique d'échange. Au contraire, les courbes du type I témoignent d'un classement très marqué, permettant de supposer que le dépôt du sédiment est en grande partie conditionné par des phénomènes de décantation en eaux non turbulentes. On comprend que, dans ces conditions, le plus lent déplacement des eaux ait pour conséquence un entraînement différentiel des particules les plus fines, entraînement différentiel qui n'a pas lieu lorsque la sédimentation résulte d'un échange statistique comme dans le premier cas (eaux turbulentes). L'appauvrissement relatif en ultra-fins des sédiments argileux, naturellement les mieux lévigés, est ainsi facilement expliquée. Les cas envisagés ici sont d'ailleurs des cas extrêmes et beaucoup de sédiments naturels ont une composition granulométrique intermédiaire (courbes du type II) dont l'interprétation, à la lumière des notions qui viennent d'être exposées, ne présentera aucune difficulté. On comprendra ainsi facilement pourquoi, dans certaines circonstances, les dépôts centraux des bassins de sédimentation peuvent à l'occasion, et surtout lorsque la fraction « argileuse » du sédiment est seule considérée, présenter une granu-

lométrie en apparence moins fine que celle des sédiments de bordure déposés principalement en régime turbulent, par rupture d'équilibre entre la charge et la capacité de transport du milieu formateur. La diminution de la proportion des ultra-fins dans ces sédiments n'impliquera donc pas nécessairement des phénomènes de néogenèse ou d'accroissement des particules (ceux-ci restant d'ailleurs toujours possibles, mais devant être justifiés par d'autres arguments).

On remarquera enfin que la présence d'argiles dont la granulométrie se rapproche du type I implique un milieu dans lequel la suspension argileuse était au moins partiellement défloculée, c'est-à-dire, dans le cas le plus général, un milieu pauvre en ions bivalents ou un milieu dans lequel la floculation se trouvait plus ou moins paralysée par la présence d'un colloïde naturel protecteur (par exemple par des matières humiques). Cette interprétation est souvent confirmée par la pureté et le pH acide des argiles ainsi déposées.

GÉOLOGIE. — *Position du falun de Saubrigues (Landes) dans l'échelle stratigraphique.* Note (*) de MM. **Michel Vigneaux** et **André Magne**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une étude approfondie des faunes malacologique et bryozoologique de Saubrigues nous a récemment permis de reconnaître leurs affinités avec le Burdigalien, tel que nous le connaissons à Saint-Paul-lès-Dax (Landes) et à Léognan (Gironde), avec cependant un certain nombre de formes particulières dues à des conditions bathymétriques différentes (1); seule une preuve stratigraphique nous manquait pour classer définitivement ce gisement. Preuve que nous possédons aujourd'hui, grâce au sondage exécuté en 1938 à Morcenx [coupe publiée par F. Daguin (2)].

A la profondeur de 90 m jusqu'à 112 m, nous avons pu déterminer une faune typiquement helvétienne (sur 52 espèces qui toutes existent dans l'Helvétien d'Aquitaine, 32 sont cantonnées dans cet étage), au-dessous de laquelle (à partir de 120 m), apparaissent les fossiles burdigaliens; ces derniers sont accompagnés de formes connues seulement à Saubrigues et en proportion de plus en plus grande à mesure que l'on descend dans le sondage, pour atteindre leur maximum entre 160 et 195 m (de 120 à 160 m, 8 espèces ne sont connues qu'à Saubrigues et 58% y existent; par contre de 160 à 195 m, 21 sont spéciales à ce gisement et le pourcentage de celles s'y rencontrant passe à 80 %); plus bas les espèces de Saubrigues

(*) Séance du 7 mai 1951.
(1) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1948 p. 293.
(2) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 44, n° 212, 1943, p. 241-252.

disparaissent et nous n'avons plus qu'une faune burdigalienne type jusqu'à la fin du sondage, soit 236 m.

L'étude stratigraphique de ce sondage permet donc de reconnaître que la faune de Saubrigues, étant située au-dessous de formations helvétiennes indiscutables, et au milieu d'horizons typiquement burdigaliens, ne peut être classée dans le Tortonien comme le faisaient les anciens auteurs; de plus la présence parmi elles d'un certain nombre de formes rencontrées seulement dans le gisement de Léognan (type du Burdigalien) ne permet pas d'en faire un étage particulier; il s'agit, ainsi que nous l'avons précédemment admis, d'un faciès plus profond que le Burdigalien classique.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique des régions de Mananara et Marotandrano (Côte Nord-Est de Madagascar).* Note (*) de M. **Jean Aurouze**, transmise par M. Henri Besairie.

Le lever de reconnaissance au 1/200 000, effectué au cours de la campagne 1950 du Bureau géologique de Madagascar, de la région comprise entre le méridien du lac Alaotra et la côte Est de l'Ile, entre les parallèles de la pointe à Larrée et de l'entrée de la baie d'Antongil, permet de donner des renseignements géologiques sur cette partie de l'Ile, couverte en majeure partie par la forêt dense, très mal connue jusqu'ici.

On distingue d'Est en Ouest les unités géologiques suivantes :

1° Sur la côte, le massif granitique d'Antongil;

2° Plus à l'Ouest un ensemble de migmatites;

3° Dans la région Ouest de nos levers, un ensemble leptynitique.

*Le massif d'Antongil*, qui constitue tout le pourtour de la baie s'étend le long de la côte, avec une largeur atteignant 50 km; il comprend des granites monzonitiques et akéritiques, généralement porphyroïdes, à épidote secondaire fréquente, souvent fortement écrasés. Le massif contient de très nombreux septa minces de roches épi et méso-métamorphiques : chloritoschistes, amphibolites à trémolite-actinote (localisées dans une zone allongée Nord-Est-Sud-Ouest, à l'Ouest de la basse Mananara), micaschistes, amphibolites à hornblende, quartzites passant à des leptynites schisteuses et à des gneiss à amphibole; l'épidote est abondante; le disthène, bien développé dans les chloritoschistes et micaschistes, paraît correspondre à des phénomènes de contact. De nombreux dykes de diorites et gabbros à facies diabasique traversent le massif ainsi que les migmatites situées plus à l'Ouest.

Les *migmatites* sont de deux types. Des embréchites, généralement lit par lit à biotite et hornblende, contenant encore des bancs amphiboliques intacts, forment toute la région centrale de la zone étudiée; vers le Sud-Ouest elles

(*) Séance du 2 avril 1951.

passent presque sans transition au granite migmatitique de la Lomakana, monzonitique et porphyroïde, sans épidote. La couverture latéritique cache leur contact avec les migmatites schisteuses de Marotandrano, intermédiaires entre diadysites et embréchites, constituées par l'alternance de lits aplitiques ou ortholeptynitiques et de lits micacés, amphiboliques ou pyroxéniques légèrement imbibés. Dans la même région on trouve des bancs interstratifiés de cipolins, parapyroxénites et grenatites; des filons granitiques occupent les fractures principales.

Les *leptynites* qui forment à l'Ouest les chaînes du Beanana et leurs annexes sont certainement également d'origine migmatitique, mais il est généralement impossible de séparer l'apport de la trame dans ces roches essentiellement quartzo-feldspathiques. Localement, mais fréquemment, la présence de minéraux ferromagnésiens (principalement l'hypersthène) donne à ces roches le facies malgachitique.

La *tectonique* est simple au Nord; la direction de schistosité cristallophyllienne y est subméridienne avec des pendages faibles à l'Est, devenant plus forts vers Marotandrano; un large bombement anticlinal au centre, correspond aux affleurements de granite migmatiques; vers l'Ouest les pendages sont uniformément Ouest. Au Sud de la Somianina, les directions deviennent nettement Est-Ouest dans les embréchites; les pendages sont forts et de sens variables. A l'Ouest, les leptynites, normalement intercalées dans les migmatites schisteuses, plongent comme elles régulièrement vers l'Ouest.

Des failles nombreuses Nord-Sud existent dans les leptynites, et un important système de décrochements, de direction Nord-Ouest-Sud-Est a fortement décalé leur partie Nord (Massif de Mangeny), par rapport aux chaînes du Beanana. Le massif d'Antongil présente une série de fractures Nord-Nord-Est, souvent soulignées par des dykes doléritiques.

L'étude des stades d'érosion montre que la région, après avoir basculé vers l'Ouest, s'est redressée jusqu'aujourd'hui, ce mouvement étant accompagné d'une surrection d'ensemble.

En ce qui concerne la *géologie appliquée*, la région n'a guère fourni d'indications intéressantes ; le graphite, présent dans les leptynites et les embréchites serait digne d'une prospection attentive ; les ressources hydrauliques sont importantes, mais non utilisables actuellement.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la genèse des kaolins de Plémet* (*Côtes du Nord*). Note de M. **Jean Nicolas**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Une étude générale des kaolins français, entreprise depuis plusieurs années, m'a donné l'occasion d'observer particulièrement, parmi les gîtes situés autour de Plémet, un gisement actuellement exploité. Il est situé au voisinage du hameau du Patoger; il est orienté NNE-SSW.

A la suite des mouvements tectoniques accusés par le granite à mica noir, des aplites se sont mises en place. Puis, se frayant un chemin à travers les fissures existantes, des fluides d'origine profonde, issus du magma, ont transformé sur leur passage, non seulement le granite à mica noir, mais aussi l'aplite. La manifestation de ces phénomènes tardifs se traduit, en plus de la kaolinisation, par la présence d'un réseau de filonnets de quartz associé à des veines de pyrite et de marcassite.

L'examen pétrographique du granite révèle l'existence dans la roche d'un broyage suivi d'une recristallisation. De gros éléments ovoïdes, entourés des produits de trituration de leurs bords, sont cimentés par une fine mosaïque quartzeuse. Les feldspaths sont l'orthose, le microcline et l'oligoclase à 20 % d'anorthite environ. Les paramètres magmatiques sont les suivants : 1, 3, (2) 3, 2 (3) ortho/plag = 0,9, ce qui nous permet de rapporter la roche au magma monzonitique.

L'examen de l'aplite ne révèle, au contraire, aucune trace d'écrasement. On remarque, en outre, la présence d'un quartz automorphe, l'existence d'orthose à inclusions pœcilitiques de quartz et d'oligoclase à 20 % d'anorthite environ. On ne trouve aucune trace de mica. Les paramètres magmaiques sont les suivants : 1, 3, 1 (2), 4', 4 (5) ortho/plag = 0,17 ce qui nous conduit à classer la roche dans la catégorie des granites akéritiques. Par endroits, cette aplite passe à une roche dans laquelle la taille des grains atteint celle d'un granite normal.

L'étude microscopique des roches kaolinisées met en évidence les phénomènes suivants : 1° dans le granite à biotite : *a.* corrosion des quartz et formation, à la place de ceux-ci, de kaolinite; *b.* Formation au détriment des feldspaths de deux sortes de phyllites, l'une étant de la kaolinite typique disposée en vermicules ou allongée suivant *p*, l'autre de même forme mais de réfringence et de biréfringence nettement plus élevées, sans atteindre cependant celles d'une vraie séricite. Il s'agit vraisemblablement ici des hydromicas, décrits par Galpin [1], terme intermédiaire beaucoup moins riche en potasse et plus riche en eau qu'une séricite. Ces deux types de phyllites ont une extinction droite et un signe d'allongement positif. On constate également la disparition totale de la biotite. 2° Dans l'aplite : *a.* corrosion intense des quartz dont la plupart ont disparu. On ne retrouve plus aucune trace discernable de feldspath, la seule phyllite visible est une kaolinite peu biréfringente, très souvent en cristaux enroulés sur eux-mêmes; on ne distingue pas d'hydromicas; *b.* l'apparition en grande quantité de cristaux disséminés de marcassite et de rutile. L'analyse chimique souligne cette apparition de marcassite (5 %) et de rutile (5 %)

---

(1) *Trans. Ann. Céram. Soc.*, **14**, 1912, p. 307.

inexistants dans l'aplite saine, alors que, dans la roche résultant de l'altération du granite à biotite, on ne retrouve ni l'un ni l'autre. C'est d'ailleurs uniquement dans l'aplite altérée qu'on retrouve la marcassite en gros amas diffus, quelquefois associée à un quartz laiteux; elle est très fraîche et l'étude des sections polies révèle la présence d'une association pyrite-marcassite.

L'étude des filonnets quartzeux par les méthodes de G. Deicha ([2]) a permis de mettre en évidence, par écrasement, la présence de gaz sous pression. L'examen de frottis, à des grossissements variant de 1000 à 2 000, a révélé l'existence de trois types d'inclusions : *a*. les premières à gros libelles probablement constitués par du gaz sous pression; *b*. les secondes, à gros libelles également, sont des inclusions purement aqueuses; *c*. les troisièmes à libelles plus petits, sont d'origine nettement secondaire. Elles sont également aqueuses et sont alignées dans les fissures. Nous retrouvons ces inclusions secondaires dans les quartz des roches kaolinisées. C'est donc l'exemple du passage, dans un même filon, de l'activité pneumatolytique à l'activité hydrothermale. Les inclusions alignées correspondent à une phase hydrothermale ultérieure de plus basse température. En appliquant les méthodes d'Ingerson ([3]), il est possible de se faire une idée de la température des solutions aqueuses : 300 à 350° environ pour les inclusions à gros libelles (type *b*) et 150° à 200° environ pour les inclusions alignées (type *c*).

La localisation restreinte du gîte, l'existence tout autour de roches très saines, parfois légèrement arénisées en surface, mais non kaolinisées, la présence de l'aplite nous permettent de penser que la kaolinisation est en relation avec des phénomènes d'origine profonde. La seule présence de marcassite-pyrite fraîche dans la zone de kaolinisation la plus intense, nous empêche de faire intervenir toute action des eaux de surface. La présence simultanée d'hydromica et de kaolinite dans le granite à biotite nous permet d'évoquer des variations dans le pH des solutions. La formation d'hydromica correspond vraisemblablement à une solution de pH alcalin ou voisin de la neutralité, et de température assez élevée, supérieure à 350° d'après Gruner ([4]); celle de kaolinite et de marcassite à une solution nettement acide et de température inférieure à 350°. La formation de marcassite au lieu de pyrite étant une fonction linéaire de l'acidité finale de la solution; et, pour une solution de pH donné, le dépôt de pyrite croissant avec la température (Allen) ([5]).

---

([2]) *Cahiers géol. de Thoiry*, n° 2, 1950.

([3]) *Amer. Mineral.*, **32**, 1947, p. 375.

([4]) *Econom. Géol.*, **39**, 1944, p. 578.

([5]) Allen, Grenshaw, Johnston, *Ann. Journ. Sc.*, **33**, 1912, p. 169.

Nous pouvons noter que les observations de terrain et les études en laboratoire (en particulier sur les quartz) nous permettent des recoupements intéressants avec les données expérimentales fournies par l'étude de l'altération des feldspaths par voie aqueuse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le comportement possible de la chlorophylle dans la photosynthèse*. Note de M. **Eugène Roux**, présentée par M. Albert Demolon.

Cette Note a pour but de dégager certaines relations susceptibles d'exister entre la synthèse de la chlorophylle, d'une part, et le phénomène de photosynthèse proprement dit d'autre part.

Depuis les travaux de Kostytschew (1), on sait que le quotient $CO_2$ absorbé/$CO_2$ dégagé dans la photosynthèse varie avec le temps, pour des plantes qui, après avoir été longtemps placées à l'obscurité, sont exposées à la lumière solaire : au début de l'éclairement, ce quotient est très supérieur à l'unité, 1/3 du $CO_2$ absorbé étant fixé sans dégagement correspondant d'$O_2$.

Ensuite, d'après Spœhr (2), pendant un temps relativement court, il y a légèrement plus d'$O_2$ libéré que de $CO_2$ fixé, puis le quotient $CO_2$ absorbé/$CO_2$ dégagé augmente lentement pour devenir finalemeut égal à l'unité.

Afin de bien mettre en évidence les phénomènes liés à l'absorption de $CO_2$ et au dégagement de l'$O_2$ lors de la photosynthèse, les expériences suivantes ont été faites :

Des feuilles étiolées de maïs ont été exposées à la lumière verte 5500 Å ou à la lumière ultra-violette 3500-4000 Å. On sait que dans ces conditions la photosynthèse ne se fait pas. On a constaté alors un verdissement de la feuille et une absorption concomitante de $CO_2$. En l'absence de $CO_2$ dans 'atmosphère où se développe la plante, le verdissement est beaucoup plus lent et est sans doute conditionné par le $CO_2$ respiratoire : c'est donc que 'absorption de $CO_2$ est liée à la synthèse de la chlorophylle.

D'autre part, si l'on place des chlorelles dans un milieu peu riche en $O_2$, on constate, en lumière rouge et en lumière bleue, un dégagement d'$O_2$ qui est lié à une diminution de la teneur de la culture en chlorophylle.

Il semble donc bien que dans la plante verte normale, il y ait à la fois synthèse et destruction de la chlorophylle; la résultante de ces deux processus, qui sont certainement liés par un équilibre physico chimique, constitue la photosynthèse.

---

(1) *Studien über Photosynthese. Das Verhältnis* $CO_2/O_2$ *bei der Kohlensaure assimilation* (*Ber. bot. Ges.*, 39, 1921, 319-328). *Bot. Abstr.* 12, 1921, p. 744.

(2) *Photosynthesis Chemical Catalog Company Inc.*, New-York, 1926, p. 393.

La synthèse de la chlorophylle, liée à l'absorption de $CO_2$, se fait grâce à l'énergie électro magnétique apportée par les rayons lumineux dont la longueur d'onde est comprise entre 3200 et 6800 Å. Elle nécessite aussi la présence de glucides, d'$O_2$ et de certaines formes d'azote.

La destruction de la chlorophylle est favorisée par les seules radiations bleues et rouges du spectre visible; elle a pour conséquence la libération d'$O_2$, la formation de glucides et probablement aussi de certains composés azotés.

Ces observations autorisent à penser que la chlorophylle participe au métabolisme général de la plante verte.

AGRONOMIE. — *Action du froid, de la prégermination et des hormones sur le développement de tubercules de semence de pommes de terre.* Note (*) de MM. **Albert Guillaume** et **Abdel Rowehy**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans nos recherches, nous sommes partis de l'hypothèse émise par R. David (1943) : sous l'influence du froid (chambre froide), il se produit dans les tubercules une accumulation de sucres qui disparaît lors de la prégermination : ces sucres doivent alors être utilisés pour la formation de bourgeons et peut-être d'*hormones* de tubérisation qui agiraient favorablement dans la suite.

La macération des tubercules a été effectuée dans des solutions : d'hormones végétales, exemple acide naphtalène acétique à différentes doses : A à 0,13 %; B à 0,21 %; C à 0,45 %; d'hormones animales, solution aqueuse de thyroxine à 2 ‰ mg; de vitamine A (carotène) en solution huileuse.

Des lots d'une dizaine de kilogrammes de tubercules (plants sélectionnés, variété Bintje), préalablement soumis, soit à la chambre froide (3 mois) et à la prégermination (1 mois) : + F + L (lot 1), soit seulement à l'une ou à l'autre : + F (lot 2); + L (lot 3) et un lot témoin sortant de la cave : — F — L (lot 4), ont été plantés en plein champ, ainsi que d'autres lots semblables, mais hormonés.

*Teneurs en sucres dans les tubercules non hormonés.* — Après 3 mois en chambre froide, la teneur en sucre total qui, au départ, était de 0,28 %, a atteint 1,51 g — après prégermination 0,60 (0,92 dans les germes, 0,28 dans le tubercule (lot 1 et 2) — 0,36 germes, contre 0,10 tubercules (lot 3). A la sortie de la cave pour la plantation (6 avril) 0,208 % (graphique n° 1).

*Développement de la plante provenant de tubercules hormonés et non hormonés.* — Germination : lot C, soumis à l'action de l'hormone végétale; avance de 4-5 jours.

(*) Séance du 30 avril 1951.

Vigueur de la plante : tubercules soumis à la chambre froide : vigueur plus grande, développement plus rapide, maturité plus précoce, d'une semaine, floraison en avance.

1. *Récolte provenant de tubercules non hormonés* (graphique n° 2). — Le traitement : + F + L a donné le poids moyen de tubercules par pied le plus élevé : (621 contre 460), un nombre de tubercules par pied plus élevé d'un quart; la prégermination sans action du froid : + L, un accroissement de rendement de 27 % par rapport au lot non traité : (584 contre 460), l'action du froid seul, un excédent de 8 % : 497 contre 460.

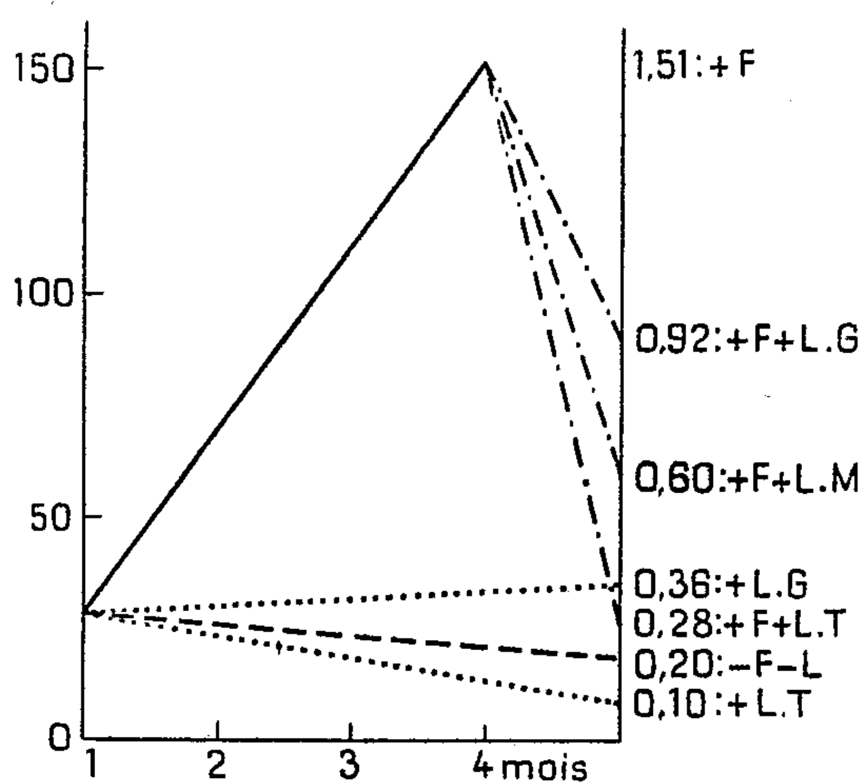



Fig. 1.

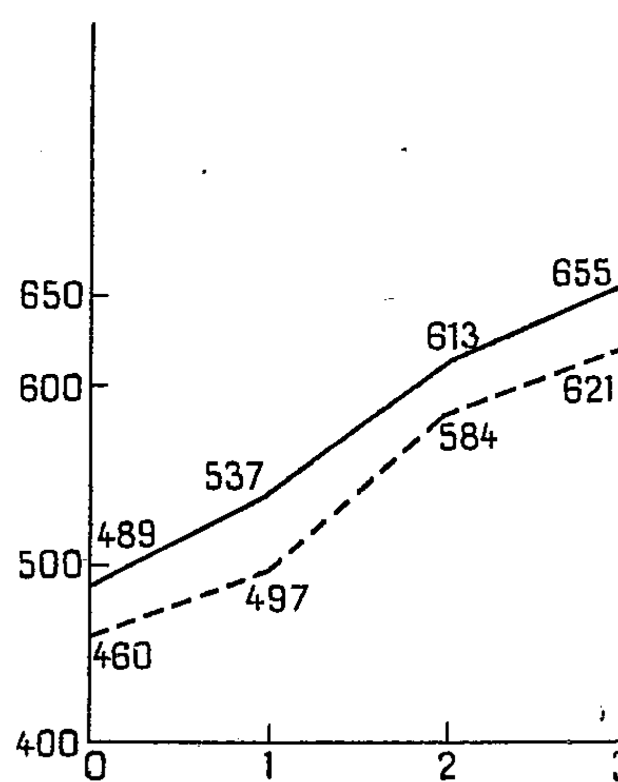



Fig. 2.

Fig. 1. — *Variations de teneur en sucre au cours du traitement.*
Chambre froide ———— Prégermination ............
Chambre froide et prégermination — • — • — • — Lot non traité ---------

Fig. 2. — *Variations de rendement* (poids moyen de tubercules par pied) *au cours des traitements.*
*Hormonés* ———— *Non hormonés* ---------
0 = — F — L; 1 = + F; 2 = + L; 3 = + F + L.

La prégermination l'emporte donc sur l'action du froid, mais l'association des deux donne une augmentation totale de rendement par pied de 35 %, fait déjà signalé par M. Piettre, R. David, A. Gerber.

2. *Récolte provenant de tubercules hormonés* (graphique n° 2). — Les lots traités à l'hormone végétale C donnent un excédent de rendement de 6 %. Il résulte des essais faits par nous en 1949-1950 qu'en chambre froide à + 3° les tubercules conservés pendant plusieurs mois perdent peu de leur poids, la teneur en matières sucrées s'élève progressivement. S'il y a prégermination après activation, les sucres se concentrent dans les germes.

L'activation par le froid, la prégermination, l'hormonisation (hormone végétale, lot C) donnent une germination plus avancée, une plante plus vigoureuse, une évolution plus rapide, d'où une récolte plus précoce.

L'association : activation en chambre froide + 3°, prégermination donne un rendement en tubercules plus élevé de 35 %, ce qui confirme les résultats déjà obtenus. L'action de l'hormone végétale seule, constitue un fait nouveau, elle est assez faible; associée aux deux autres actions, elle conduit à une augmentation globale de production très appréciable (41 %).

BIOLOGIE. — *Influence de la thyroxine sur la vitellogénèse de la phase de grand accroissement des follicules*. Note de M. **Jean Clavert**, transmise par M. Robert Courrier.

De profondes modifications sanguines s'opèrent chez les Oiseaux pendant la période de ponte. On observe en effet un accroissement considérable et rapide du taux sanguin des lipides, des protéines totales, des phosphoprotéines, du calcium, du phosphore. Nous avons considéré que ces hyperlipémies, hyperprotéinémies, hypercalcémies et hyperphosphorémies représentaient des « réserves avancées » immédiatement utilisables.

L'injection d'hormone femelle permet la réalisation de modifications absolument superposables.

Fleischmann et Fried (1945), puis Riddle, Hollander, Mc Donald, Lahr et Smith, 1945, Common, Bolton et Rutledge, 1948, ont montré que les actions hyperlipémiantes, hyperprotéinémiantes, hypercalcémiantes et hyperphosphorémiantes de la folliculine sont partiellement ou totalement supprimées par l'injection simultanée de thyroxine. La thyroxine supprime donc les réserves sanguines de lipides, de protéines, de calcium et de phosphore. Dans ces conditions, comment s'opère la phase de grand accroissement des follicules?

Les injections de gonadotrophine sérique déterminent chez les oiseaux, la croissance rapide de nombreux follicules (Olson et Bullis, 1942, Philips 1943). Nous avons donc injecté cinq Pigeonnes de 600 U. I : jour de gonadotrophine sérique (Roussel) pendant 4 à 5 jours. Trois ont reçu en outre 1 mg de thyroxine par jour (dose qui neutralise à peu près complètement l'effet de la folliculine sur le sang). Voici les résultats obtenus :

| N° Pigeon. | Traitement. | Poids de l'oviducte (g). | Poids de l'ovaire (g). | Protéines sériques (g:l). |
|---|---|---|---|---|
| 473. | 600 U. I. gonadotrophine par jour, pendant 5 jours | 10,060 | 5,400 | 44,4 |
| 475. | Id. | 13,600 | 5,800 | 46,2 |
| 474. | 600 U. I. gonadotrophine + 1 mg thyroxine : jour pendant 5 jours. | 12,850 | 0,850 | 26,8 |
| 476. | Id | 10,500 | 0,770 | 20,4 |
| 477. | 600 U. I. gonadotrophine + 1 mg thyroxine : jour pendant 4 jours. | 6,100 | 0,650 | 25,6 |

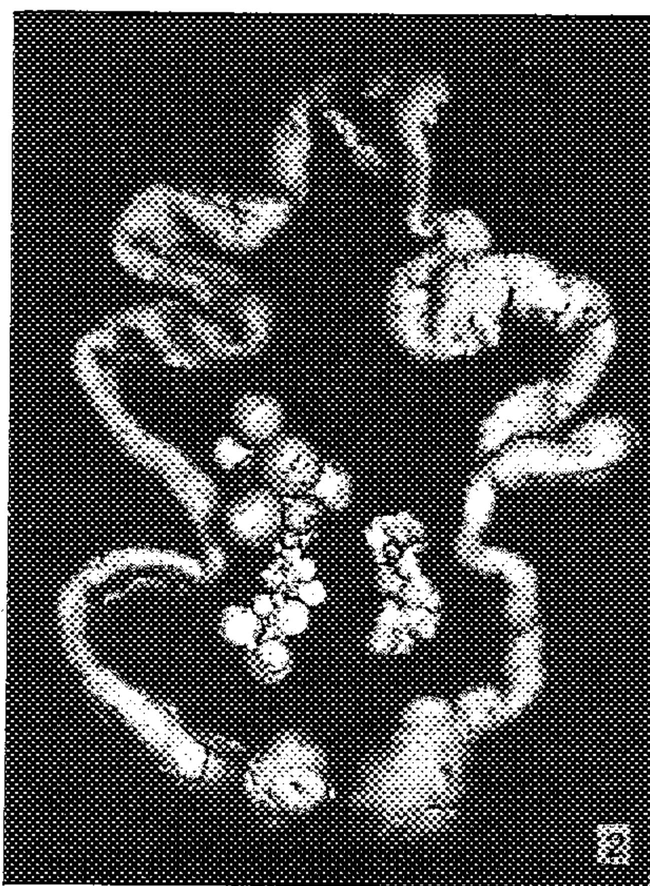
De l'examen de ce tableau, il ressort que :

1° Chez les témoins, les injections de gonadotrophine sérique déterminent la croissance rapide (phase de grand accroissement) de plusieurs follicules (sept dans un cas, quatre dans l'autre).

2° *L'injection simultanée de thyroxine* empêche la croissance des follicules; aucun ne dépasse la taille de 4 mm, considérée chez le Pigeon comme la taille au delà de laquelle le follicule est en phase de grand accroissement.

3° *Les oviductes* des animaux injectés ou non de thyroxine ont répondu de façon à peu près similaire aux injections de gonadotrophine. On peut en déduire que la sécrétion d'hormone femelle par l'ovaire, stimulée par la gonadotrophine, n'est pas modifiée par la thyroxine.

4° *Les protéines sanguines* chez les animaux injectés simultanément de tyroxine et de gonadotrophine sont restées au voisinage de la normale qui est de 23 à 25 g/l chez les Pigeons, tandis qu'elles ont fortement augmenté chez les témoins.




1. Ovaire et oviducte du Pigeon P 473, injecté de 600 u. i. de gonadotrophine sérique (Roussel) par jour pendant 5 jours. — 2. Ovaire et oviducte du Pigeon P 474, injecté de 600 u. i. de gonadotrophine sérique, plus 1 mg de thyroxine par jour pendant 5 jours. Dans ce cas, l'oviducte s'est développé exactement comme celui du témoin P 473, mais les follicules ne présentent aucun accroissement notable. (Gross. 0,8.)

Ces résultats sont en accord avec les constatations de Asmundson et Pinsky (1935), qui ont déjà signalé que la poudre de tyroxine donnée aux poules diminue le volume des œufs. La tyroxine ne réduit pas le fonctionnement ovarien, comme l'atteste la croissance normale de l'oviducte, mais elle supprime les modifications sanguines. Il semble qu'en l'absence de ces réserves

sanguines, la vitellogenèse de la phase de grand accroissement des follicules ne soit plus capable de s'effectuer.

*Résumé.* — Les injections de gonadotrophine sérique déterminent chez la Pigeonne la phase de grand accroissement de nombreux follicules. Des injections simultanées de doses adéquates de thyroxine s'opposent au développement de ces follicules. Or, comme l'ont montré plusieurs auteurs, la tyroxine, sans toucher la fonction ovarienne, empêche les importantes modifications sanguines qui accompagnent l'entrée en activité de l'ovaire. *La suppression de ces modifications sanguines paraît être la cause de cette absence de phase de grand accroissement des follicules*, chez les animaux injectés de gonadotrophine et de thyroxine.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Action de la température initiale d'incubation sur la diapause embryonnaire du Criquet migrateur des Landes.* Note (*) de M. **Jean-René Le Berre**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Afin d'élever au laboratoire le Criquet migrateur des Landes (*Locusta migratoria* sub. sp. *gallica* Rem.) nous avons été amené à étudier spécialement le problème de la diapause embryonnaire caractéristique de cette sous-espèce.

La coexistence possible, dans la Gironde, d'une forme à diapause (1) et d'une forme sans diapause (2), nous a obligé de suivre la descendance de la population de Criquets, récoltés à Andernos (Gironde) en août 1948, pendant plusieurs générations successives, en vue d'obtenir un matériel biologique aussi homogène que possible.

Au cours de ces élevages, nous avons pu observer que la facilité avec laquelle la diapause embryonnaire était éliminée, dépendait, entre autres facteurs, de la température qui avait agi sur les œufs, immédiatement après la ponte (3). Une série d'expériences a donc été entreprise pour préciser ce phénomène. Environ 2 000 œufs ont été utilisés, constituant une partie de la cinquième génération de trois lignées strictement à diapause (chaque expérience a, de ce fait, été effectuée sur trois lots séparés.

Quelques conclusions peuvent, dès maintenant, être formulées, à la suite des résultats obtenus dont nous rapportons ci-dessous l'essentiel.

1° Tandis que le développement embryonnaire de la forme sans diapause s'effectue en 13 jours à 33° C, 23 jours à 25° C, 40 jours à 20° C et 140 jours à 16° C, les groupes d'œufs utilisés dans les expériences que nous relatons

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) G. Remaudière, *Rev. Path. vég. et entom. agr. France*, 23, 1948, p. 25-34.

(2) Roehrich, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1116.

(3) *Diplôme d'études supérieures*, Fac. des Sc., Paris.

ne donnent aucune éclosion après 150 jours d'incubation à ces mêmes températures ([4]). L'étude de ces œufs à la loupe binoculaire, débarrassés de leur chorion, selon la technique d'E. Slifer ([5]), montre les embryons bloqués au stade précédant immédiatement la blastocinèse. Cette première constatation prouve que les œufs de la cinquième génération appartenant aux trois lignées isolées sont, dans leur totalité, caractérisés par la présence d'une diapause conditionnée par des facteurs internes.

2° Les œufs à diapause ayant été soumis immédiatement après la ponte, à une incubation préliminaire d'une durée de 60 jours à 25° C (exp. A); 21° C (exp. B); 17° C (exp. C); 12° C (exp. D); 8° C (exp. E), sont ensuite placés directement à 33° C, après étude du stade embryonnaire atteint dans chacun de ces cinq cas.

En D et E, les températures étant inférieures au zéro de développement (voisin de 14° C), aucune embryogenèse ne s'amorce. A 33° C, les œufs meurent très rapidement, sans commencer leur embryogenèse.

En A, B et C, les embryons sont tous au même stade H et 8 de Steele ([6]). Exposés ensuite à 33° C, les éclosions débutent au 9e jour en B et au 12e jour en C, et se poursuivent respectivement jusqu'aux 11e et 13e jours, dates auxquelles tous les œufs sont éclos. Les groupes d'œufs de l'expérience A montrent les premières éclosions au 14e jour et les émergences se continuent pendant deux à trois mois jusqu'à l'éclosion de tous les œufs.

3° Des lots d'œufs, après avoir été exposés pendant 60 jours à 17° C sont placés, partie à 25° C, partie à 21° C. Dans le premier cas, les éclosions ont lieu entre le 18e et le 20e jour et dans le second cas, entre le 40e et le 50e jour d'incubation. De même, les œufs qui avaient subi un début d'incubation de 60 jours à 21° C éclosent en totalité aux 18e et 19e jours d'incubation à 25° C.

*Ces résultats expérimentaux montrent que l'élimination de la diapause est nettement fonction de la température initiale d'incubation, et que l'état de repos, lorsqu'il s'est installé, est étroitement lié aux conditions actuelles du milieu ambiant.*

Il semble qu'une première exposition de 60 jours à 21° C et 17° C ait amené les embryons à un stade morphologique et physiologique tel qu'une simple élévation de quelques degrés de la température d'incubation détermine une reprise en masse de l'embryogenèse. L'état de diapause se trouve alors virtuellement éliminé, mais une légère réactivation, par l'élévation de la température d'incubation, paraît nécessaire à la reprise du dévelop-

---

(4) Nous devons cependant signaler quelques naissances, toujours rares, à 25° C à partir du 120e jour d'incubation.

(5) *J. Exp. Zool.*, **102**, 1946, p. 333-356.

(6) *Trans. R. Soc. of South Australia*, **65**, (2), 1941.

pement. Nous avons, en effet, précisé qu'après un séjour de 150 jours à 17° C et 21° C, les embryons sont toujours en diapause.

Les périodes de 10 jours à 33° C, 18 jours à 25° C, 40 jours à 21° C, qui succèdent à l'incubation initiale de 60 jours à 16° C ou 21° C indiquent que, la diapause étant éliminée, l'embryogenèse s'effectue alors en obéissant, en première approximation, à la loi de Van t'Hoff et Arrhénius.

Cependant, la reprise de l'organogenèse se manifeste par ailleurs, de façon variable suivant les traitements qui ont été imposés aux œufs à diapause immédiatement après la ponte et durant la phase de repos. Un délai de plus ou moins longue durée peut, en effet, exister entre le moment où l'œuf, après avoir été l'objet d'un traitement donné, est placé en incubation à 33° C, et le moment où se situe la reprise d'activité de l'embryon.

Ainsi, la diapause embryonnaire obligatoire qui s'établit indépendamment des conditions du milieu ambiant, n'en est pas moins contrôlée par ces mêmes conditions. La reprise du développement peut s'effectuer en dehors de tout traitement brutal (choc thermique plus ou moins violent et prolongé, ou xylol) lorsque les œufs à diapause ont été soumis dès la ponte, à des températures d'incubation relativement voisines du zéro de développement embryonnaire.

HISTOCHIMIE. — *Analyses quantitatives de la tyrosine et du soufre dans les tissus dentaires.* Note (*) de M. **Charles Bennejeant**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente ([1]), fut signalée l'existence de tyrosine et d'acides aminés sulfurés dans l'ivoire des Vertébrés. Mais d'autres tissus dentaires en renferment : le cément, la gelée de l'émail et l'émail néoformé où la teneur organique est voisine de 30 %. Cette dernière teneur varie parallèlement à celle de la tyrosine. Aussi au bout d'un temps assez court, l'émail ne se colore plus par le réactif de Millon, les traces de tyrosine échappant à l'analyse. C'est ainsi que P. Pincus (1938) ayant signalé la présence de tyrosine sur des coques d'émail adulte, insuffisamment débarrasées de leur ivoire, Wellings (*R. S. M.*, 1940) affirma qu'elle était une impureté et O. Kanner (1939), par examen polarographique, montra qu'il en était de même des acides aminés sulfurés.

La teneur en tyrosine et en acides aminés sulfurés dans les divers tissus dentaires est-elle suffisante pour justifier celle de kératines (eukératines à 5 % S, pseudo-kératines à 1-3 % S)? C'est la raison pour laquelle nous avons

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 189.

confié au Laboratoire de Microanalyse organique du C. N. R. S., que dirige M. E. Kahane, leur analyse quantitative.

*Tyrosine*. — La méthode employée fut celle de Folin et Marenzi, adaptée à de faibles quantités de tyrosine et à un matériel riche en matières minérales. Pour vérifier que cette méthode était applicable aux tissus dentaires, on fit une série d'expériences sur la durée d'hydrolyse (totale en 25 h), les pertes éventuelles en tyrosine et les valeurs à blanc, susceptibles de se produire.

Comme le rapport centésimal en tyrosine fut calculé sur la teneur en matière organique du tissu, ce tissu, broyé au mortier, fut séché à l'étuve à 105° jusqu'à l'obtention d'un poids constant, puis incinéré jusqu'à poids constant. Voici les résultats obtenus :

| Désignation. | Mat. organique du tissu sec (%) (Moy. des essais). | Tyrosine dans la mat. organique (%). | % global dans le tissu. |
|---|---|---|---|
| *Bos taurus* (L.), 4e mois { Gelée de l'émail M<sup></sup>1 | 95 | 2,07 | 1,97 |
| *Bos taurus* (L.), 4e mois { Émail néoformé M1 | 29,7 | 3,00 | 0,902 |
| *Sparus*. Vaso-dentine | 29,5 | 1,03 | 0,30 |
| *Cervus elaphus* (L.), 6e mois | 29,0 | 2,6 | 0,76 |
| *Sus domesticus* (L.), un an, ivoire | 32,85 | 1,30 | 0,63 |
| *Felis leo* (L.), adulte, ivoire | 27,45 | 0,69 | 0,15 |
| Cément humain adulte | 32,9 | 1,56 | 0,61 |
| Ivoire » » | 25,45 | 1,49 | 0,32 |
| Émail » » | 3,74 | Traces indosables | |

Bödecker (1905-1941) ayant décrit une circulation lymphatique dans l'émail adulte, M. Karshan (1930), estimant à 2,5 % la tyrosine de la lymphe, avait calculé que cet équivalent en tyrosine devait correspondre à 0,001 de lymphe pour 500 mg d'émail. O. Kanner (1939) constata que cette estimation ne correspondait pas aux faits, puisqu'au polarographe, on peut déceler 0,0001 % et qu'au-dessous de cette teneur, elle est indosable.

La tyrosine de la matière organique de l'ivoire, si médiocre que soit sa teneur, donne par son altération dans la carie dentaire des dérivés indoliques colorés (Reiss 1938, Deakins 1941), qui permettent de saisir l'oxydo-réduction se produisant : 1° Le début de la carie est le résultat d'une oxydation en milieu alcalin, qui aboutit à une orthoquinone; 2° cette orthoquinone acceptrice d'hydrogène, le reçoit dans sa chaîne latérale, qui s'accole en position méta pour donner un noyau indolique. L'hydrogène provient d'une fermentation glucidique en anaérobiose, secondaire, contemporaine de la cavitation, et acidogène.

*Soufre*. — Une analyse rapide ayant montré que la teneur en soufre n'atteignait pas 5 %, on eut recours aux microdosages par la méthode de Bürger-Zimmermann. Le tissu dentaire, attaqué en tube scellé par du

potassium, donne un sulfure. On distille l'hydrogène sulfuré en milieu acide dans l'acétate de cadmium et l'on titre iodométriquement. Voici les résultats :

| Désignation. | Matière organique du tissu (%). | Soufre dans la matière organique (%). | % global dans le tissu. |
|---|---|---|---|
| *Bos taurus*, 4ᵉ mois. Gelée de l'émail M[1] | 95 | 0,76 | 0,725 |
| *Bos taurus*, 4ᵉ mois. Émail néoformé M[1] | 29,7 | 0,49 | 0,145 |
| *Sus domesticus*, 1 an. Ivoire | 32,85 | 0,44 | 0,145 |
| Cément humain adulte | 32,9 | 0,33 | 0,11 |
| Ivoire » | 25,45 | 0,45 | 0,115 |
| Émail » | 3,74 | Traces indosables | |

La teneur en soufre est trop faible pour qu'une eukératine soit l'unique constituant de la matière organique. En admettant les teneurs en soufre : cystéine 26,45 % ; cystine 26,67 % ; méthionine 21,02 % ; homocystine 23,88 %, en tablant sur 5 % de cystine, nous pourrions admettre 10 % de la matière organique dans l'émail néoformé et 8 % dans l'ivoire humain. Cela nous entraînerait à envisager son existence dans tous les tissus dentaires et non pas dans l'émail seul, comme le laissent croire les conceptions histologiques actuelles.

Dans l'éventualité d'une pseudokératine (cystéine-méthionine 50 % = 25 % S): ivoire humain adulte 1,8 d'acide aminé sulfuré pour 25,45 de matière organique; cément humain adulte 1,32 % dans 32,9 de matière organique; ivoire de *Sus domesticus* 1,76 % pour 32,85 de matière organique; émail néoformé de *Bos taurus* 1,96 % pour 29,7 de matière organique; gelée de l'émail 2,85 % pour 95.

O. Kanner en comparant au polarographe les produits d'hydrolyse d'un cheveu humain et ceux de l'émail adulte a décelé la cystine du cheveu, mais n'a évidemment pas pu en déceler avec l'émail adulte, il aurait fallu des produits d'hydrolyse d'émail néoformé ou d'ivoire. La nature de ces acides aminés sulfurés n'est donc pas résolue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du cobalt sur la ribonucléase*. Note de MM. **Yoshiaki Miura** et **Yasuyoshi Nakamura**, présentée par M. Maurice Javillier.

Récemment, Lévy, Skutch et Shade [1] ont observé un phénomène paradoxal : le chlorure de cobalt inhiberait la croissance de certaines bactéries tout en provoquant chez elles une accumulation d'acides nucléiques. D'après Caspersson [2] et Brachet [3], les organismes accu-

(1) *Arch. Biochem.*, **24**, 1949, p. 199 et 206.

(2) T. Caspersson et J. Schulz, *Nature*, **142**, 1938, p. 294; **143**, 1939, p. 602.

(3) *Embryologie chimique*, Paris, 1945.

mulent généralement l'acide ribonucléique au moment où les cellules synthétisent leurs protéines. Chez les microbes l'accumulation d'acide ribonucléique se produit pendant la période de latence (Boivin) (⁴). On peut alors imaginer que le cobalt porte son action sur le catabolisme de l'acide ribonucléique. C'est ce que nous montrons ici.

Des Staphylocoques (*St. aureus* 209 P) et des colibacilles (*Esch. coli comm.*), cultivés en bouillon et, au bout d'un certain temps, recueillis par centrifugation (température 2° C), sont lavés deux fois à l'eau froide. La suspension bactérienne est utilisée pour le dosage des acides nucléiques selon Schneider ([5]).

De la ribonucléase pancréatique cristallisée [préparée selon Kunitz ([6])] est utilisée pour la détermination des effets inhibiteurs (selon Klein) ([7]).

*Variations du taux des acides nucléiques dans le métabolisme bactérien normal.* 1° Il y a accumulation d'acide ribonucléique à la fin de la période de latence, puis diminution subite avant le commencement de la période de multiplication exponentielle.

2° Le taux d'accumulation d'acide ribonucléique est plus grand chez les Coli que chez les Staphylocoques.

*Effet du cobalt* ($Cl_2Co$ à la dilution $10^{-3}$M). — A la phase du taux maximum en acide ribonucléique, celui-ci augmente continuellement et dépasse la valeur maxima des témoins sans cobalt. Nous nous trouvons alors devant deux hypothèses : ou le cobalt excite l'activité cellulaire de synthèse de l'acide ribonucléique, ou le cobalt inhibe la ribonucléase. Or, dans l'étude de l'action de l'acide usnique ([8]), nous avons observé une accumulation élevée et tardive de l'acide ribonucléique dans le milieu contenant l'antibiotique. Ici nous avons mis du cobalt et il se produit ce fait curieux que le taux maximum de l'acide ribonucléique ne change plus, même après 24 h. Comment expliquer ce phénomène ? La seconde hypothèse paraît la plus vraisemblable. Dans les milieux normaux, la décomposition de l'acide ribonucléique dépasse la synthèse. Dans les milieux à antibiotique, la décomposition de l'acide ribonucléique commence juste quand la synthèse finit dans les corps bactériens. Quant au cobalt, il arrête la décomposition de l'acide ribonucléique sans rien changer au taux déjà accumulé.

Pour justifier l'hypothèse nous avons essayé l'action inhibitrice du cobalt sur la ribonucléase cristallisée. Nous avons aussi expérimenté avec :

---

([4]) A. Boivin, R. Tulasne, R. Vendrely et R. Minck, *Arch. Sc. physiol.*, **1**, 1947, p. 307.
([5]) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 293.
([6]) *J. Gener. Physiol.*, **24**, 1940, p. 15.
([7]) *Z. Physiol. Ch.*, **218**, 1933, p. 164.
([8]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1710.

chlorure de mercure, sulfates de manganèse, nickel, fer, acide usnique, dihydrostreptomycine.

Les chlorures de cobalt et surtout de mercure (concentration 0,006 M) arrêtent nettement l'action de la ribonucléase. La dihydrostreptomycine et l'acide usnique (concentration $10^{-3}$ M) ont peu d'action inhibitrice. Les sels de manganèse, fer, nickel n'ont aucun effet ([9]).

Puisque l'activité de la ribonucléase est bloquée par le cobalt, l'acide ribonucléique accumulé pendant la phase de latence ne saurait être utilisé pour la synthèse des protéines et les bactéries ne sauraient se multiplier dans le milieu.

Le blocage de l'enzyme par le chlorure mercurique laisse à penser que la protéine de la ribonucléase renferme des groupements — SH.

Notre conclusion essentielle est que *le chlorure de cobalt se comporte comme inhibiteur de la ribonucléase.* Celle-ci étant un enzyme important pour la synthèse des protéines microbiennes, les microbes ne se développent pas en sa présence, même lorsque le taux de l'acide nucléique augmente.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identification chromatographique et chimique d'une substance fluorescente du sang et du tube de Malpighi de la larve de* Bombyx mori *atteinte de grasserie.* Note de M^me^ **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons montré antérieurement la grande variété des acides aminés et des substances fluorescentes du sang et des tubes de Malpighi de la larve de *Bombyx mori* atteinte de grasserie ([1]).

Outre les substances classiques identifiées précédemment par la méthode chromatographique (acide ptéroylglutamique, fluorescyanine, flavone, flavine) ces larves malades contiennent une substance d'une intense fluorescence jaune, plus abondante dans le sang que dans le tube de Malpighi.

Cet élément nouveau paraît spécifique de la « maladie à polyèdres ». Nous ne l'avons en effet jamais retrouvé dans aucun des autres cas pathologiques étudiés : flacheries, maladies dite du *ver court*, etc.

Cette substance ainsi décelée par la chromatographie de partage se sépare aisément et de façon constante avec les rf suivants : 0,20 dans le phénol ammoniacal; 0,17 dans le mélange de Partridge; 0,08 dans le mélange alcool benzylique-alcool butylique.

La fluorescence qu'elle manifeste paraît avoir des caractères communs

---

([9]) Les justifications expérimentales relatives à cette Note et à la précédente (**232**, 1951, p. 1710) paraîtront dans un autre périodique français.

([1]) Drilhon, Busnel et Vago, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 360.

avec celle de la soie. Dès 1925 Policard et Paillot (²) avaient montré que les vers à soie deviennent fluorescents vers le 5ᵉ jour du 5ᵉ âge.

Cette fluorescence est localisée à la partie distale de l'appareil séricigène. Quand l'animal a filé la première couche du cocon, le réservoir montre alors une intense fluorescence.

En effet, la chromatographie d'extraits alcooliques de cocons de vers à soie de différentes races montrait l'existence d'une même substance intensément fluorescente en jaune plus abondante dans les cocons verts que dans les cocons blancs, eux-mêmes plus riches que les cocons jaunes. Les chromatogrammes ainsi obtenus présentent les taches suivantes, dans le phénol ammoniacal :

1° une intense fluorescence jaune à rf 0,20;

2° une fluorescence violette due à une ptérine du type fluorescyanine avec un rf 0,50;

3° une tache vert vif due aux flavones du type bombychlorine avec un rf 0,42.

Les travaux de Manunta (³) et Manunta et Jucci (⁴) ont décrit de nombreux pigments de la soie (caroténoïdes, xanthophylles, lutéine, violaxanthine, taraxanthine) pigments qui viennent par la voie parentérale jusqu'aux glandes séricigènes. Mais tous ces corps n'ont ni les mêmes caractères chimiques, ni les mêmes fluorescences, ni les mêmes coefficients de partage dans les différents solvants que le pigment jaune que nous décrivons ici.

Les glucosides des flavones abondants chez les végétaux et de couleur naturellement jaune, se retrouvent dans la soie avec une belle fluorescence verte et par chromatographie avec un rf 0,42.

Donc les principales propriétés physiques du pigment étudié sont les suivantes :

c'est une substance de nature non lipidique (la fluorescence persiste intensément après un traitement à l'éther, éther de pétrole ou benzène);

insoluble dans l'alcool méthylique, la pyridine;

partiellement soluble dans l'eau chaude, la fluorescence ne s'intensifie pas en présence d'ammoniaque;

les solutions sulfuriques et chlorhydriques concentrées atténuent la fluorescence sans la détruire complètement; celle-ci n'est pas influençable par les variations de pH de 4 à 12.

Toutes ces propriétés et les caractères de ce pigment nous permettent de l'attribuer à une tétraoxyflavone. Certains flavonols en présence de

---

(²) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 378.
(³) *Arch. Zool.*, **23**, 1936, Turin, p. 191.
(⁴) *Arch. Zool.*, **23**, 1936, Turin, p. 279.

soie ou de papier filtre donnent lieu à une intense fluorescence jaune qui possède les mêmes caractères que celle décrite ci-dessus [5].

La maladie à polyèdres amène donc dans le sang et les tubes de Malpighi des insectes une partie importante d'un constituant de la soie. Cette seule présence par sa toxicité constitue une entrave suffisante à l'accomplissement de la métamorphose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique de l'asiaticoside et notamment de l'acide asiatique* (IV) [1]. *Sur la nature des* OH *de la fonction glycol*-1.2. Note de M^me **Judith Polonsky**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Description de la préparation et de l'oxydation chromique du monoacétylasiatate de méthyle, ayant la fonction glycol-1.2 libre. La méthylation de l'acide asiatique par le diazométhane ou le sulfate de méthyle donne en plus de l'asiatate de méthyle un monoester-monoéther méthylique F 257°.

L'acide asiatique $C_{30}H_{48}O_5$ [2], aglycone de l'asiaticoside [2], [3] possède une double liaison inerte, trois hydroxyles, dont deux sont en position 1-2 et un carboxyle [1], [2], [4], [5].

La présente Note concerne la nature des OH de la fonction glycol-1.2.

1. *Monoacétate.* — Nous avons d'abord cherché à bloquer le troisième OH de l'acide asiatique sous forme d'acétate, tout en laissant libres les OH de la fonction glycol-1.2.

Le monoacétate cherché est obtenu, soit par acétylation partielle de l'asiatate de méthyle (chauffage de l'ester avec $CH_3CO_2H—HCl$), soit par saponification partielle du triacétyl-asiatate de méthyle (action de $CH_3OH—HCl$). Les deux méthodes fournissent un mélange de produits plus ou moins acétylés, dont on sépare le monoacétate par chromatographie.

*Exemple.* — Chromatographie de 3,4 g de substance (provenant d'une saponification partielle) sur 100 g d'alumine (activité I), éluats de 300 cm³.

Les fractions 8 et 9 constituent le monoacétyl-asiatate de méthyle cherché (I). Recristallisé dans le dioxane aqueux, il se présente sous forme de

---

(5) A. J. Woivod, *Nature*, 166, 1950, p. 272.

(1) III^e Communication, *voir* J. Polonsky, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1784.

(2) P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Nature*, 163, 1949, p. 258; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 46.

(3) M. Frerejacques, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1510.

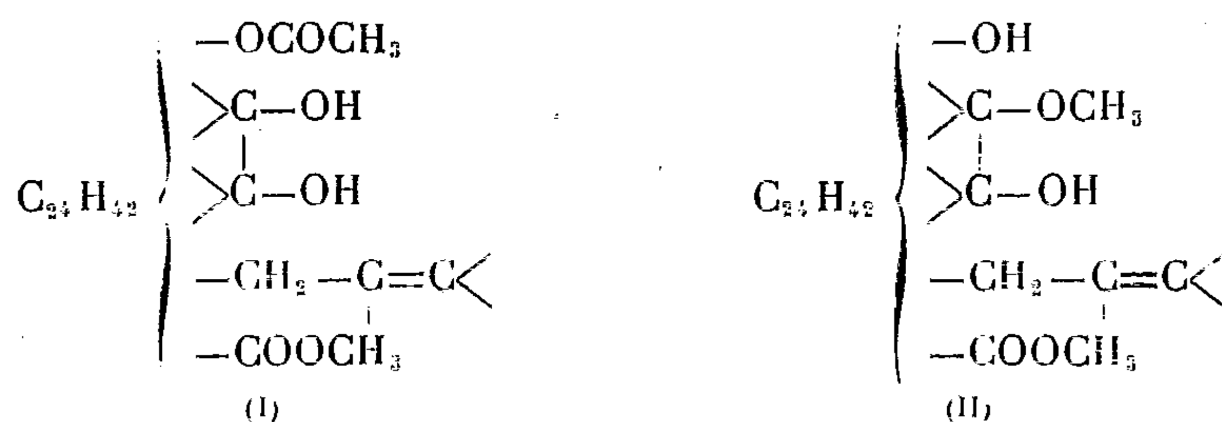
(4) J. Polonsky, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1450.

(5) J. Polonsky, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 485.

prismes F 122°-127° ([6]), retenant fortement le solvant de cristallisation. Il nécessite pour sa saponification un équivalent de KOH (la fonction $-COOCH_3$ n'est pas saponifiable dans les conditions habituelles) et possède la fonction glycol 1,2 libre (scission par l'acide périodique). $[\alpha_D] = +32°,4$ [$CHCl_3$; $c = 1,08$].

| | (mg). | |
|---|---|---|
| 1. Benzène | traces | |
| 2. Benzène-éther (9 : 1) | 46 | |
| 3. » » (3 : 1) | 258 | Triacétyl-asiatate de méthyle ([4]) |
| 4. » » (1 : 1) | 120 | |
| 5. » » (1 : 3) | 96 | Diacétyl-asiatate de méthyle ([4]) |
| 6. Éther | 90 | |
| 7. » | 32 | |
| 8. Éther-méthanol (19 : 1) | 496 | Monoacétyl-asiatate de méthyle |
| 9. » » (9 : 1) | 225 | |
| 10. » » (4 : 1) | 65 | |
| 11. » » (1 : 1) | 1352 | Asiatate de méthyle |
| 12. » » (1 : 3) | 465 | |
| 13. » » (1 : 9) | 91 | |
| | 3336 | |

$C_{33}H_{52}O_6$, calculé %, C 72,75; H 9,62; 2H mobiles 0,38; trouvé %, C 72,40; H 9,51; H mobile 0,40.




Ce monoacétate (I) oxydé à froid, en solution benzène-acétique, par l'acide chromique (correspondant à 2,2 atomes d'O) fournit 80 % de produit neutre que nous avons chromatographié sur $Al_2O_3$; (activité II). Des mélanges benzène-éther éluent une substance qui, cristallisée dans le dioxane, fond à 100°-105°. Cette substance donne une coloration rouge brunâtre avec le $Cl_3Fe$ alcoolique et présente en solution éthanolique une bande d'absorption dans l'U. V. à 272 m$\mu$ ($\log \varepsilon = 3,6$). Nous sommes donc en présence d'un

---

([6]) Tous les points de fusion de ce travail ont été pris sous le microscope avec l'appareil de Kofler et sont corrigés. Toutes les analyses de la présente Note ont été effectuées sur des substances distillées dans un tube à boule sous 0,05 mm. Nous avons vérifié que la distillation n'avait pas altéré les substances.

énol; $C_{33}H_{48}O_6$, calculé %, C 73,30; H 8,95; 1 H mobile 0,19; trouvé %, C 73,47; H 9,27; H mobile 0,18. Le spectre d'absorption I.R. de l'asiatate de méthyle présente une forte bande à 2,97 μ, caractéristique de l'hydroxyle; celui du produit d'oxydation ci-dessus n'en présente pas à cette longueur d'onde ([7]). L'eau oxygénée alcaline le transforme en un produit acide qui est encore à l'étude.

Les données ci-dessus semblent prouver que le produit d'oxydation du monoacétate (I) est constitué par une α-dicétone énolisable et, par conséquent, que la fonction glycol 1,2 est bisecondaire, la présence d'un OH primaire étant exclue ([4]).

2. *Éther monométhylique de l'asiatate de méthyle* (II). — Lorsqu'on estérifie l'acide asiatique par le diazométhane ou le sulfate de méthyle, il se forme toujours, à côté du produit principal, l'asiatate de méthyle, F 220°, une autre substance bien cristallisée, F 252°-257°, qui a été considérée tout d'abord comme un ester diméthylique correspondant à une impureté de l'acide asiatique ([2]). Or, ce même produit se forme aussi en faisant agir les mêmes agents méthylants sur l'asiatate de méthyle purifié par chromatographie. Le produit obtenu n'a plus de fonction glycol libre (prouvé par action de $IO_4H$).

$C_{32}H_{52}O_5$, calculé %, C 74,37; H 10,14; 2 $OCH_3$ 12,28; 2 H mobiles 0,40; trouvé %, C 74,62; H 10,05; $OCH_3$ 12,30; H mobile 0,41.

Il s'agit donc, en réalité, de l'éther monométhylique de l'asiatate de méthyle (II). La méthylation par le diazométhane d'un OH alcoolique peut être obtenue si cet OH subit une action « acidifiante » de la part d'un autre groupement fonctionnel ([8]). Dans le cas de l'asiatate de méthyle cette action peut être due à la présence du groupement $—COOCH_3$.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Procédé de purification de la tuberculine.* Note de MM. **Jean Bretey** et **André Lamensans**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La formation d'un précipité d'acide salicylique au sein des milieux de cultures du bacille tuberculeux permet d'isoler la totalité des substances tuberculiniques présentes. Après de nombreux lavages par des solvants organiques différents on obtient une tuberculine purifiée d'une très haute activité dont les réactions sur l'animal tuberculeux sont absolument comparables à celles de la vieille tuberculine.

Il est bien établi actuellement que la partie active de la tuberculine est constituée par les substances protidiques. Aussi, tant pour éviter les

---

([7]) Le spectre I. R. de l'asiatate de méthyle a été mesuré grâce à l'amabilité du Dr B. Lythgoe, Cambridge, et nous devons celui du produit d'oxydation de la substance (I) à Mlle A. Cheutin, Paris.

([8]) O. Th. Schmidt et H. Zeiser, *Ber.*, 67, 1934, p. 2120.

réactions non spécifiques au cours de l'usage clinique, que pour obtenir un étalon de référence immuable, a-t-on cherché à obtenir ces substances sous la forme la plus pure possible.

Les travaux de Long et Seibert [1] ont permis d'isoler, sous le nom de tuberculine PPD un produit de haute activité, mais la technique mise en œuvre est compliquée, longue, difficile à mener stérilement sans adjonction d'antiseptiques et les lots présentent des caractères chimiques et une activité biologique qui varient dans des proportions très notables.

Nous avons cherché un procédé simple et rapide permettant d'extraire pratiquement des cultures de bacilles tuberculeux la totalité des substances douées de propriétés tuberculiniques.

Celles-ci sont extraites à partir de cultures âgées de 8 semaines sur milieu de Sauton et stérilisées soit par chauffage à 110°, soit par passage sur filtre bactériologique. La formation dans les filtrats mêmes, amenés à pH 4,4 d'un précipité d'acide salicylique entraîne la totalité des substances actives.

Ce précipité salicylique est isolé par filtration, séché, puis dissous dans l'acétone dans laquelle les substances tuberculiniques sont insolubles. Celles-ci sont recueillies par centrifugation, soumises à de nombreux lavages par l'acétone anhydre et séchées sous vide.

La poudre ainsi obtenue est dissoute dans l'eau distillée à neutralité et la tuberculine est précipitée par l'alcool à 95°. Après de nombreux lavages par l'alcool, puis par l'acétone anhydre, le précipité est séché sous vide. Il constitue une poudre blanche qui est la tuberculine purifiée (tuberculine IP 48).

Plus de 90 échantillons de cette tuberculine ont été préparés à partir des cultures de dix souches différentes bovines et humaines, virulentes ou non. L'analyse chimique a montré que ces échantillons ont des taux d'azote très voisins, se situant entre 8,5 et 9,5 %.

Du point de vue biologique, cette tuberculine donne sur l'animal tuberculeux des réactions absolument comparables à celles de la vieille tuberculine et elle est d'une très haute activité puisque l'unité internationale correspond sensiblement à un poids de 0,000 020 mg. Elle ne possède pas plus que la vieille tuberculine de pouvoir sensibilisant.

De même que la teneur en azote dans les divers échantillons s'est révélée d'une constance remarquable, l'activité biologique correspondante de ceux-ci est extrêmement régulière, malgré la provenance très diverse des souches.

Un très grand nombre de réactions faites chez l'Homme dans un but diagnostique ont confirmé les résultats obtenus sur l'animal de labora-

---

[1] *Am. Rev. of Tuberc.*, 59, 1949, p. 86 et publications antérieures.

toire, tant en ce qui concerne la spécificité que l'activité, l'absence de pouvoir sensibilisant et les caractères classiques des réactions qu'elle provoque. Aucune autre tuberculine purifiée actuellement préparée ne nous a donné à ces divers points de vue de résultats aussi satisfaisants.

La séance est levée à 15 h 50 m.

R. C.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 2 avril 1951.)

Note présentée le 28 mars 1951, de M. *Dov Tamari*, Représentations isomorphes par des systèmes de relations. Systèmes associatifs :

Page 1334, *remplacer* l'avant-dernière ligne de la Note par la ligne suivante :
5° $(Z_{\mathfrak{S}}, \widetilde{\mathfrak{A}}_{\mathfrak{S}} \rightarrow 1 \notin \mathfrak{S}) \rightleftharpoons (Z, \widetilde{\mathfrak{A}})_{\mathfrak{S}}$ n'admet pas $1 \rightleftharpoons (Z, \widetilde{\mathfrak{A}})_{\tilde{\mathfrak{S}}'}$; 6° $(Z, \tilde{S})_{\tilde{\mathfrak{S}}'}$;

(*Comptes rendus* du 16 avril 1951.)

Note présentée le même jour, de MM. *Charles Mentzer*, *Darius Molho* et *Paul Vercier*, Sur un nouveau mode de condensation d'esters β-cétoniques et de phénols en chromones :

Page 1489, 20e ligne, *au lieu de* dihydroxy-2.4-*n*-butyrophénone, *lire* dihydroxy-2.4-*n*-valérophénone.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1951 (*suite et fin*).

*Immunité antidiphtérique et dystrophies irréversibles par carence*, par GEORGES MOURIQUAND, P. SEDALLIAN et A. COEUR, in *Revue d'immunologie*, n° 2, 1936. Paris, Masson; 1 fasc. 24cm.

*Le rein dans les avitaminoses et les dystrophies par carence*, par GEORGES MOURIQUAND, in *Congrès de l'insuffisance rénale*. Deuxième session, Évian, 1938; 1 fasc. 24cm.

*Ostéopathie par avitaminose C chronique et syndrome, rhumatisme ankylosant (nouvelles recherches biocliniques)*, par GEORGES MOURIQUAND, in *Livro de homenagen* aos professores Alvaro e Miguel Ozorio de Almeida. Rio de Janeiro, 1939; 1 fasc. 27cm.

*Remarques biologiques sur les bases de la thérapeutique de certaines carences phosphorées*, par GEORGES MOURIQUAND et A. LEULIER. Paris, G. Douin, 1940, 1 fasc. 22cm.

*Revue du rhumatisme*. N° 3, 1940 : *Carence alimentaire et rhumatisme chronique (en particulier dans l'avitaminose C)*, par GEORGES MOURIQUAND. Paris, L'Expansion scientifique française, 1940; 1 fasc. 23cm,5.

*Mongolisme et indice chronologique vestibulaire (action de la thyroxine et de l'aneurine)*, par GEORGES MOURIQUAND, in *Livre jubilaire du professeur Rohmer*. Paris, G. Douin, 1948; 1 fasc. 24cm,5.

*La chloromycétine dans le traitement de la fièvre typhoïde de l'enfant*, par GEORGES MOURIQUAND, N. BOULEZ et Mme MILOCTINOWITCH, in *L'Union médicale du Canada*, T. LXXIX, 1950; 1 feuillet 26cm,5.

*Vitamines et Stomatologie*, par GEORGES MOURIQUAND; 1 fasc. 24cm.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 54. *Cumacées*, par LOUIS FAGE. Paris, Lechevalier, 1951; 1 fasc. 25cm,5.

Union internationale pour la protection de la nature. *Procès-verbaux et comptes rendus de la deuxième assemblée générale de l'Institution*, tenue à Bruxelles, du 18 au 23 octobre 1950. Bruxelles, 1951; 1 fasc. 24cm.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. *Problèmes concrets d'analyse fonctionnelle*, par PAUL LÉVY. Seconde édition des Leçons d'analyse fonctionnelle, avec un *Complément sur les fonctionnelles analytiques*, par F. PELLEGRINO. Paris, Gauthier-Villars, 1951; 1 vol. 25cm.

Institut international de chimie Solvay. Huitième conseil de chimie. *Le mécanisme de l'oxydation. Rapports et discussions*, publiés par les SECRÉTAIRES DU CONSEIL, sous les auspices du COMITÉ SCIENTIFIQUE DE L'INSTITUT. Bruxelles, R. Stoops, 1950; 1 vol. 24cm,5.

*Annales de l'Institut Pasteur.* T. LXXIX, n° 5, publiées par la Direction de l'Intitut Pasteur. Secrétaire général : P. LÉPINE. *Volume jubilaire de Jules Bordet.* Paris, Masson, 1950; 1 vol. 25cm.

*Matricele asociate sistemelor de ecuatii cu derivate partiale*, par GR. C. MOISIL. Editura Academiei republicii populare romane, 1950; 1 fasc. 24cm.

Les savants et le monde. *Savants et découvertes*, par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Albin Michel, 1951 ; 1 vol. 20cm,5.

*Acta chirurgica scandinavica. Supplementum.* 157. *Étude sur l'importance clinique des diverticules du duodénum*, par NILS ANDOLF. Stockholm, 1951; 1 fasc. 24cm,5.

*On astronomic, photogrammetric and trigonometric refraction*, by AXEL LEIJONHUFVUD. Stockholm, 1950; 1 fasc. 24cm.

*Acta orthopaedica scandinava. Supplementum* n° VII. *Effects of exercise on adult articular cartilage an experimental study on guinea-pigs with relevance to the continuous regeneration of adult cartilage*, by JOSEF SÄÄF. Copenhagen, Ejnar Munksgaard, 1950; 1 fasc. 23cm,5.

*Symbolae botanicae upsalienses.* XI:1. *Studies in growth and cellulolytic enzymes of tricholoma with special reference to mycorrhiza formation,* by BIRGITTA NORKRANS. Uppsala, Lundequistska Bokhandeln, 1950; 1 fasc. 25cm,5.

*Nova acta regiae societatis scientiarum upsaliensis* ser. IV. Vol. XV, n° 1. *Some new aspects of the polymolybdates*, by INGVAR LINDQVIST. Uppsala, Norblads Bokhandel, 1950; 1 fasc. 28cm,5.

*Conseil international de documentation du bâtiment. Première assemblée générale.* Paris, 1950 ; 1 fasc. 27cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MAI 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOGÉNIE. — *La loi de récapitulation génétique et la recherche du passé, dans l'ontogenèse, par la voie des mutations provoquées.* Note (*) de M. **PAUL WINTREBERT.**

La loi de récapitulation génétique complète la loi biogénétique fondamentale, strictement morphologique. Les mutations homéotiques ne sont pas dues à des gènes nouveaux, mais à la perte de gènes anciens, entraînant une rétrogression de la récapitulation. Cette rétrogression s'exprime à la fois par une suppression d'organes et par la résurrection, à leur place, d'organes ancestraux. L'effacement du présent découvre le passé.

Les mutants homéotiques offrent le maximum de transformations rétrogrades ([1]), compatibles avec la vie, que la violence des agents physiques peut infliger à la Drosophile. Les généticiens, convaincus d'avoir saisi le mécanisme normal de l'évolution, attribuent ces transformations à la naissance de gènes nouveaux. J'estime, au contraire, qu'elles sont dues à une perte de gènes, qu'elles sont héréditaires par défaut et non par acquisition, qu'elles tiennent à une rétrogradation de l'évolution, opérée le long des chaînes de mutations et reproduite dans l'ontogenèse. La loi de récapitulation génétique doit, en effet, se substituer aujourd'hui à la loi biogénétique fondamentale; elle la complète et la généralise. En portant le débat du niveau morphologique au plan chimique, elle remonte de l'effet à la cause. Elle se fonde sur un processus ontogénétique essentiel, le fonctionnement inducteur des gènes et s'étend ainsi à tous les organismes. Elle relie, entre elles, les rares édifications ancestrales, dressées sur le parcours du développement, par une suite ininterrompue de mutations passagères et clandestines, trop vite effectuées pour avoir le temps d'organiser une ébauche, mais que l'expérience décèle.

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) P. WINTREBERT, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 808.

1. *Les fondements expérimentaux de la récapitulation génétique.* — 1° G. W. Beadle et ses collaborateurs (²) démontrent, chez *Neurospora*, que chacune des étapes de synthèse d'acides aminés, tels que l'arginine, est l'œuvre d'un gène spécial, *que la suppression de celui-ci entraîne l'inertie de tous les gènes normaux qui fonctionnent après lui* et que, dans la chaîne des inductions, on peut remplacer le gène déficient par l'acide aminé qu'il produit.

2° L. Cuénot et L. Mercier (³) découvrent, chez la Drosophile, que la surface alaire et les muscles moteurs de l'aile présentent des *variations régressives indépendantes.* On peut en inférer qu'un organe est construit par un buisson de chaînes génétiques tissulaires isolées, dont les édifications sont ensuite coordonnées physiologiquement.

3° La preuve formelle de la récapitulation est fournie par le mutant homéotique *Tetraptera* [B. L. Astauroff (⁴)], dont l'aile postérieure, disparue depuis l'avènement des Diptères au Trias supérieur, *ressuscite à la place du balancier.*

4° En embryogénie récapitulative, *plus le gène est ancien, plus son action est précoce.* Les mutants homéotiques se conforment à cette règle. Chez eux, les disques germinaux, n'ayant plus à subir les transformations des gènes lésés, devancent le moment de leur croissance. Ainsi, chez *Aristapedia,* E. I. Balkashina (⁵) trouve que la segmentation du disque antennaire commence deux jours à deux jours et demi plus tôt que chez la mouche normale.

5° La rétrogression d'une forme actuelle est d'autant plus forte que le gène lésé, plus ancien, annihile après lui un plus grand nombre de mutations. C'est ce qu'observe C. H. Waddington (⁶) chez *Aristapedia Bridges,* où l'extrémité de l'antenne ne devient un tarse que si tout le reste de l'arista a été changé.

2. *Principes de développement liés à la récapitulation.* — 1° *Les gènes ne sont rien sans le protoplasme.* Le moment d'action de chacun d'eux survient quand, dans le déroulement récapitulatif des mutations, sa nucléoprotéine rencontre le protoplasme de son temps, responsable de l'hormone nouvelle que, par voie chimique, elle a fixée au patrimoine (⁷). Ils n'induisent le protoplasme qu'à temps donné, avec son accord, sur son invitation. C'est donc, en fin de compte, le protoplasme, intermé-

(²) *Chem. Rev.*, **37**, 1945, p. 1-96.
(³) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 433 et **176**, 1923, p. 1112.
(⁴) *Arch. f. Entw. Mech.*, **115**, 1929, p. 424-447.
(⁵) *Arch. f. Entw. Mech.*, **115**, 1929, p. 448-463.
(⁶) *Growth supplement*, **1**, 1939, p. 37-44.
(⁷) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 326.

diaire obligatoire entre les gènes, qui réalise la récapitulation, mais aussi, sans eux, il est impuissant : le développement s'arrête.

2° *L'ordre de succession des inductions dans l'ontogenèse est de nécessité chimique*; il est strict, rigoureux, quasi automatique, épigénétique en soi et non par occasion. Il tient aux combinaisons chimiques qui lient entre elles les mutations. Dans le champ des réalisations physiologiques du développement, cet enchaînement, prescrit au préalable par l'évolution, et de répétition conforme dans l'ontogenèse, est une obligation formelle. Si, en effet, dans l'évolution, la naissance du gène est suscitée par une variation physiologique opportune, ni son enregistrement au patrimoine chez le parent, ni l'enclenchement de son induction au protoplasme chez le descendant, ne requièrent une initiative du vivant. La récapitulation génétique prend ainsi cette allure inflexible, ce caractère de fatalité, de succession ordonnée *sine qua non*, qui crée l'illusion d'une préformation, d'une finalité intentionnelle.

3° Dans le déroulement ontogénétique des discontinuités mutationnelles, l'enchaînement génétique, par sa constance, garantit la continuité de la vie *et, par sa rigueur inflexible, établit l'unité du développement.* Il fait de l'œuf un tout coordonné, un système d'édifications et de fonctions mouvantes, issues les unes des autres, dans un ordre immuable.

4° Chaque mutation vient à son heure, mais peut être réduite à l'essentiel : *une transformation chimique inapparente.* Dès lors, plus la chaîne des mutations clandestines s'allonge, plus le développement inapparent se prolonge. *C'est le secret de la fœtalisation.* L'Homme, très évolué et riche de mutations clandestines, se trouve ainsi retardé dans l'acquisition de sa forme définitive.

3. *La rétrogradation génétique des mutants homéotiques.* — Le caractère rétrospectif et l'intérêt phylogénétique de ces mutants sont incontestés ([8]). Pourtant, les généticiens restent fidèles au gène nouveau. A propos de mutations légères, provoquées par des radiations ionisantes et rebelles à toute réversion, L. J. Stadler et H. Roman ([9]), chez le maïs et G. Lefevre Jr, chez *Drosophila Melanogaster* ([10]), concluent à une destruction de gènes. Mais, chez les homéotiques, il s'agit toujours d'acquisition. Balkashina, Waddington, bravant la loi d'irréversibilité, accordent au « gène *Aristapedia* » le pouvoir de produire un tarse. R. Goldschmidt ([11]) trouve un biais; pour lui, le gène *Aristapedia* n'est pas un gène de qualité, mais de quantité, d'accélération, d'anticipation de croissance, qui murit

---

([8]) C. A. Villee, *Amer. Nat.*, **76**, 1942, p. 494-506.

([9]) *Genetics*, **28**, 1943, p. 91 et **33**, 1948, p. 273-303.

([10]) *Amer. Nat.*, **84**, 1950, p. 341-367.

([11]) *Physiological Genetics*, 1938, New-York.

le disque antennaire assez tôt pour le rendre sensible à l'évocateur précoce du tarse. Il n'en associe pas moins, par cet anachronisme, deux gènes d'époques très différentes et l'ordonnance de la récapitulation s'en trouve abolie. La thèse de Goldschmidt s'apparente à celle de Garstang et de G. R. de Beer [12] sur la pœdomorphose. Toutes deux font évoluer les gènes dans le temps, sans souci des mutations qui arrêtent ou transforment leur induction. Goldschmidt, en particulier, n'explique pas comment l'activation anticipée d'un gène ancien, par le nouveau, peut empêcher le reste de la chaîne génétique, à laquelle il appartient, de fonctionner. La preuve d'une nouveauté n'est d'ailleurs pas donnée; elle résiderait, par exemple, dans la formation d'un balancier réel à la place de l'aile antérieure, chez *Tetraltera* (R. Goldschmidt, 1940 [13]; C. A. Villée, 1942 [14]); mais il s'agit d'une simple apparence, d'un moignon d'aile et non d'un organe sensoriel.

*Conclusion.* — L'ontogenèse est une récapitulation génétique de la phylogenèse, opérée par le protoplasme, suivant l'ordre exigé par les liaisons chimiques des mutations évolutives. — Les « mutants homéotiques » sont le fait d'une rétrogradation génétique localisée, réalisant, soit un mélange d'ancien et d'actuel, soit une forme ancestrale dégagée, totalement affranchie de mutations ultérieures. — Le passé, resté vivant, se dissimule derrière l' « arrêt de développement ». — La notion d'évolution rétrograde implique l'obligation de rechercher, chez tous les êtres, la part des mutilations génétiques, provoquées directement par les agents physiques, et celle des véritables mutations, suscitées par l'invention du vivant.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Influence de l'hormone corticotrope hypophysaire* (ACTH) *sur la dissémination dans l'organisme des particules introduites dans le péritoine.* Note de MM. **Albert Policard** et **Herbert Tuchmann-Duplessis.**

Sous l'influence de l'ACTH, la dissémination dans l'organisme de fines particules de silice injectées dans la cavité péritonéale est accrue. Ce phénomène est explicable par l'absence de fibrose aux points de fixation intra-péritonéaux des particules et par l'abaissement du pouvoir d'arrêt des ganglions médiastinaux.

I. L'injection dans le péritoine de rats normaux d'une suspension de fines particules de silice non cristallisée (silice fondue; fréquence de taille : $> 3\,\mu$, 10 %; $1 - 3\,\mu$, 47 %; $< 1\,\mu$, 43 %) entraîne régulièrement une série de phénomènes dont on retiendra ici les suivants, constatables après un délai de 30 jours :

1° Formation de gros nodules renfermant les plus volumineuses des

(12) *C. R. XIIIe Congrès Intern. Zool.*, 1949, p. 57.
(13) *The material basis of evolution*, 1940, New Haven, Yale University Press.
(14) *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 49, 1942, p. 125-184.

particules (plus de 8 μ) et, sur l'épiploon surtout, de très petits nodules de type miliaire renfermant surtout des particules de moins de 5 μ.

2° Présence de nombreuses particules dans les ganglions lymphatiques juxta-trachéaux qu'elles ont atteintes par la voie des lymphatiques transdiaphragmatiques et médiastinaux.

3° Passage relativement rare de quelques particules dans le foie, où elles provoquent la formation de très petits granulomes mesurant en général une cinquantaine de microns. Les particules rencontrées à ce niveau sont toujours très petites.

4° D'une façon encore plus exceptionnelle, passage dans la rate de particules très petites, de l'ordre de 1 μ et moins, et localisées dans de petites masses granulomateuses de 25 à 50 μ logées dans le tissu lymphoïde des corpuscules de Malpighi.

II. Si, en plus de l'introduction intrapéritonéale de la suspension de silice, les animaux reçoivent pendant 20 à 30 jours une injection quotidienne de 0,6 mg d'hormone hypophysaire corticotrope, en deux injections sous-cutanées faites à 6 heures d'intervalle, les réactions observées sont modifiées d'une façon caractéristique. Ces doses ont provoqué une augmentation pondérale des surrénales de 40 %.

1° Les nodules péritonéaux, gros ou miliaires, sont très peu fibreux. Les particules siègent dans un milieu œdémateux pauvre en fibroblastes et en fibrilles collagènes.

2° Les ganglions médiastinaux sont bourrés de particules de silice logées dans des formations d'aspect plasmodial et fort abondantes. Ces formations sont de taille considérable, atteignant parfois 80 et 100 μ. Les ganglions apparaissent par ailleurs comme vidés de leurs éléments lymphoïdes.

3° Le foie renferme constamment de nombreux granulomes de 55 à 80 μ de diamètre, très riches en particules, surtout de grande taille. La différence avec les animaux normaux est ici très nette. Par contre, le diamètre des granulomes ne diffère pas sensiblement de celui des témoins. Le tableau ci-dessous donne une idée de ces différences.

| Foie. | Témoins. | | Animaux à hormone corticotrope. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre moyen de granulomes par champ.... | 3 | 2,5 | 17 | 19 | 6 | 12 | 11 | 11 | 9 |
| Dimension moyenne des granulomes en μ... | 63 | 56 | 56 | 56 | 55 | 54 | 63 | 81 | 81 |
| Nombre de particules de plus de 8 μ pour 20 granulomes........................ | 2 | 3 | 14 | 20 | 13 | 4 | 19 | 20 | 21 |

4. En ce qui concerne la rate, les effets de l'ACTH sont encore plus nets. Chez l'animal normal, le passage des particules dans cet organe est exceptionnel dans les conditions de l'expérience, et ne se constate que pour des particules de moins de 2 μ. Avec l'ACTH, on observe constamment de nombreux granulomes spléniques avec particules volumineuses et abondantes.

III. On peut tirer de ces observations les conclusions suivantes :

1. L'hormone corticotrope hypophysaire ralentit considérablement la formation du tissu fibreux réactionnel autour des particules, fait confirmant les données antérieures de Freeman et coll., de Clark et coll. etc. ([1]).

2. L'ACTH favorise la dissémination des particules dans l'organisme. Celles-ci semblent ne plus être arrêtées par les ganglions médiastinaux. Elles passent dans la circulation sanguine et vont se fixer dans la rate et dans le foie. De plus, des particules beaucoup plus volumineuses sont capables de se déplacer : dans la rate le diamètre de certaines dépasse 15 μ.

Le mécanisme de cette augmentation de la capacité de dissémination dans l'organisme est assez malaisé à comprendre. On doit s'en tenir à des hypothèses. Le ralentissement certain de la formation du tissu fibreux sous l'influence de l'ACTH diminue le blocage des particules dans les nodules péritonéaux. N'étant plus fixées dans ceux-ci, les particules peuvent plus facilement être entraînées par les courants de la lymphe ou phagocytées par les histiocytes migrateurs. Les ganglions lymphatiques, vidés de leurs éléments cellulaires sous l'influence de l'hormone, n'arrêtent plus aussi bien les particules. Celles-ci passent en plus grand nombre dans la circulation sanguine et, par là, dans la rate et le foie.

Ces facteurs histophysiologiques simples : absence de fixation locale des particules et diminution du pouvoir d'arrêt des ganglions médiastinaux, sont suffisants pour expliquer les faits exposés ci-dessus sans faire intervenir une activité antihyaluronique de l'ACTH (qui se manifeste surtout au niveau du tissu conjonctif sous-cutané) ou un accroissement encore non démontré du pouvoir phagocytaire des histiocytes.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Hyacinthe Vincent* décédé.

Le nombre des votants étant 68, le scrutin donne les résultats suivants :

| | Nombre de suffrages. | |
|---|---|---|
| | 1er tour | 2e tour |
| M. Georges Guillain | 31 | 37 |
| M. Robert Debré | 23 | 29 |
| M. Maurice Lœper | 12 | 2 |
| M. Alphonse Baudouin | 2 | – |

([1]) S. Freeman, J. Fershing, C. C. Wang et L. C. Smith, *Clinical ACTH* Conference, Philadelphia, 1950, p. 509; W. S. Clark, M. W. Ropes et W. Bauer, *Ibid.*, p. 337.

M. **Georges Guillain**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

## DÉSIGNATIONS.

Par la majorité des suffrages, M. **Émile Borel** est désigné à nouveau pour représenter l'Académie dans la **Commission Nationale pour l'Éducation, la Science et la Culture** (**UNESCO**).

## CORRESPONDANCE.

L'**Université libre de Bruxelles** adresse à l'Académie ses condoléances à l'occasion du décès de M. *Aimé Cotton*.

M. **Guido Castelnuovo**, Président de l'**Académie des « Lincei »**, adresse, au nom de cette Compagnie et au sien, des condoléances à l'occasion du décès de M. *Élie Cartan*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Champs thermiques et flux calorifiques*. Ire Partie. *Étude graphique des régimes permanent et variable*, par Marcel Véron.

2° Aus dem eidgenössischen Veterinäramt. *Vorträge gehalten an den Fortbildungskursen für amtliche Tierärzte im Jahre* 1942, 1943-1944, 1945-1949, 1949-1950. Sammelband 1 à 4.

3° *Anleitung zu biostatistischen Untersuchungen*, von Franz Alfred Schilder und Maria Schilder.

4° *Körpergrösse und Organzahl der Organismen*, von Franz Alfred Schilder.

5° Gouvernement chérifien. Direction de la production industrielle et des mines. Service géologique. *Terrains sédimentaires. Roches éruptives*, 500 000e. *Feuille Hammada du Guir*. Carte dressée par M. Georges Choubert, d'après les travaux de divers collaborateurs.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les sous-groupes de rang un des groupes de Lie clos.* Note (*) de M. **Jean de Siebenthal**, présentée par M. Gaston Julia.

1. *Problème.* — Soit G un groupe de Lie clos et connexe; les sous-groupes commutatifs maximums T de G (ou toroïdes maximums) recouvrent G, sont conjugués deux à deux, et la dimension de l'un d'eux est le rang $l$ de G. Dans l'étude systématique des sous-groupes $G_1$ de G, les cas où $G_1$ est commutatif ou bien de rang maximum $l$ sont élucidés (E. Cartan), ([1]). La présente Note résume la précédente ([2]) et, par les théorèmes 1 et 2 ci-dessous, permet de déterminer tous les sous-groupes $g$ simples de *rang un* de G.

Les sous-groupes de rang $l$ étant connus, la détermination des $g \subset G$ se ramène à celle des $g \underset{H}{\subset} G$, *qui ne sont pas contenus dans un sous-groupe* G′ *propre de rang $l$,* ou, ce qui est équivalent, *dont le centralisateur dans* G *se réduit au centre de* G. Si $g_1, g_2, \ldots$ sont tous les $g \underset{H}{\subset} G'$, et si G′ décrit l'ensemble des sous-groupes de rang $l$ de G, alors les $g_i$ décrivent l'ensemble des $g \subset G$.

2. *Résultats.* — Un élément $x \in G$ est dit régulier ou singulier suivant qu'il appartient à un seul ou à plusieurs toroïdes maximums; le sous-groupe $g$ est dit de même régulier ou singulier suivant qu'il contient ou non un élément $x$ régulier dans G.

Théorème 1. — *Tout groupe de Lie clos non commutatif contient un $g \underset{H}{\subset} G$ régulier* (*sous-groupe principal*) ([2]).

Deux sous-groupes principaux étant conjugués, il y a ainsi dans tout G une classe de $g \underset{H}{\subset} G$ réguliers et une seule; par contre, les $g \underset{H}{\subset} G$ singuliers ne se présentent qu'exceptionnellement :

Théorème 2. — *Les sous-groupes $g \underset{H}{\subset} G$ singuliers n'existent pas dans les groupes simples clos $A_l$, $B_l$, $C_l$, $F_4$, $G_2$; le groupe $D_l$ en contient $(l-2)/2$ ou $(l-3)/2$ classes suivant la parité de $l$; $E_6$ en contient une classe, $E_7$ deux, et $E_8$ également deux* (*sous-groupes exceptionnels de rang un*).

3. *Méthode.* — Un toroïde maximum $t$ de $g$ est contenu dans un toroïde maximum T de G, dont le recouvrement universel $R^l$ contient le diagramme de G; la droite $(d, \rho) \subset R^l$ qui appartient au recouvrement de $t$ et qui est issue

---

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) A. Borel et J. de Siebenthal, *Comment. Math. Helv.*, 23, 1949, p. 200-221.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 910.

de l'origine, *représente* $g$, $\rho$ étant le paramètre angulaire de $g$. La relation $g \underset{\mathrm{H}}{\subset} \mathrm{G}$ entraîne d'abord que $(d, \rho)$ est une diagonale (1) $\varphi_{i_1} = \varphi_{i_2} = \ldots = \varphi_{i_k} = \rho$; $\varphi_j = 0$ si $j \notin (i_1, i_2, \ldots, i_k)$, les formes $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$ étant les paramètres angulaires fondamentaux de G. Ensuite, $g \underset{\mathrm{H}}{\subset} \mathrm{G}$ entraîne que $g$ n'est pas contenu dans un sous-groupe propre de rang $l$ de G *à centre continu*; la condition nécessaire et suffisante pour qu'il en soit ainsi est $\Phi = l + 2r - p = 0$, $r$ et $p$ étant les entiers définis précédemment ([3]). Les droites de $\mathrm{R}^l$ intéressantes sont dans l'ensemble des diagonales qui vérifient $\Phi = 0$ et sont relativement peu nombreuses. Je définis alors parmi ces droites celles du type principal ou exceptionnel, et prouve qu'elles représentent un $g \underset{\mathrm{H}}{\subset} \mathrm{G}$. Je montre ensuite que les autres diagonales telles que $\Phi = 0$ représentent des $g \subset \mathrm{G}$ contenus dans un sous-groupe propre de rang $l$. La théorie infinitésimale de G d'après E. Cartan, H. Weyl et A. Malcev intervient constamment.

4. *Représentation des résultats.* — La suite $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$ peut être représentée par la figure de Schläfli $\mathcal{F}(\mathrm{G})$, composée des points $\mathrm{P}_1, \mathrm{P}_2, \ldots$, les points $\mathrm{P}_i$ et $\mathrm{P}_j$ étant reliés par 0, 1, 2 ou 3 traits suivant que l'angle des $(l-1)$-plans $\varphi_i = 0$ et $\varphi_j = 0$ est égal à 90°, 120°, 135° ou 150°. Dans ces conditions, la diagonale (1) peut être représentée par la figure $\mathcal{F}(\mathrm{G})$, les points $\mathrm{P}_j$ étant placés sur une même ligne si $j \in (i_1, i_2, \ldots, i_k)$, et $\mathrm{P}_{i_1}, \ldots, \mathrm{P}_{i_k}$ sur la ligne suivante. Les sous-groupes exceptionnels de rang un des groupes simples sont alors représentés pour $\mathrm{D}\,l$ ([3]) par toutes les figures du type

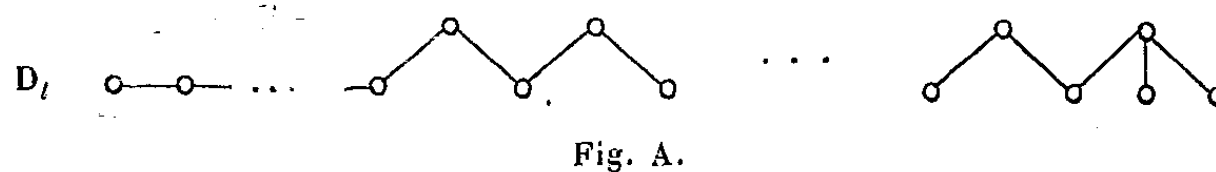



Fig. A.

et pour $\mathrm{E}_6$, $\mathrm{E}_7$, $\mathrm{E}_8$ par

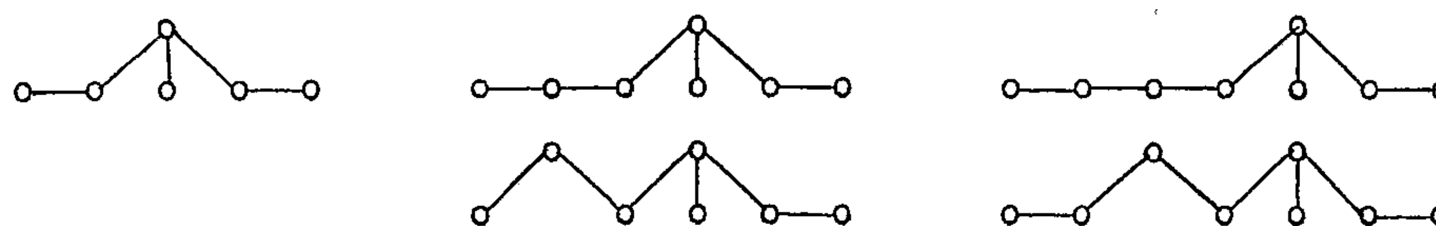


Fig. B.

Les points $\mathrm{P}_i$ relatifs à un sous-groupe principal sont tous sur la seconde ligne. Si G est semi-simple, la figure $\mathcal{F}$ associée au sous-groupe $g \underset{\mathrm{H}}{\subset} \mathrm{G}$ se décompose en sous-figures connexes principales ou exceptionnelles.

---

([3]) L'existence de sous-groupes exceptionnels de rang un dans $\mathrm{D}_l$ m'avait été signalée par M. Armand Borel.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions analytiques admettant une fonction d'automorphie donnée.* Note de M. **Léonce Fourès**, présentée par M. Paul Montel.

Détermination d'une fonction analytique $F(Z)$ définie dans un domaine $\mathfrak{D}$, simplement connexe, par prolongement d'un seul élément, et prenant la même valeur aux points $Z$ et $Z'$ liés par une relation analytique $Z' = \Phi(Z)$ donnée à l'avance et associant deux portions $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$ de $\mathfrak{D}$.

Théorème. — *Soit $\mathcal{D}$ un domaine simplement connexe du plan d'une variable $Z$; $\mathcal{D}$ peut être multivalent et sa frontière formée de points accessibles comprend plus d'un point. Soit $Z' = \Phi(Z)$ une fonction analytique et uniforme dans $\mathcal{D}$ qu'elle représente conformément et biunivoquement sur $\mathcal{D}'$, domaine simplement connexe, en général multivalent, du plan de la variable $Z$. Convenons de distinguer les points de $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$ ayant éventuellement même projection sur le plan $Z$.*

*Il existe une fonction analytique $F(Z)$ uniforme et univalente dans $\mathcal{D}$, prolongeable jusque dans $\mathcal{D}'$, dans lequel elle est encore uniforme et univalente. Si $Z \in \mathcal{D}$ et $Z' \in \mathcal{D}'$ sont liés par $Z' = \Phi(Z)$, $F(Z') = F(Z)$.*

Joignons $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$ par une bande $\mathcal{B}$ qui en projection peut recouvrir $\mathcal{D}$ ou $\mathcal{D}'$ mais dont nous considérerons tous les points comme étrangers à $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$. Il est possible de faire aboutir $\mathcal{B}$ à deux arcs frontières de $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$, non associés par $Z' = \Phi(Z)$. La bande $\mathcal{B}$ étant telle que $\mathcal{D} \cup \mathcal{B} \cup \mathcal{D}'$ soit simplement connexe, représentons ce domaine sur un cercle $C$ par une fonction $z = \mathfrak{U}(Z)$. Si $D$ et $D'$ sont les images respectives de $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$, $\psi = \mathfrak{U} \circ \varphi \circ \mathfrak{U}^{-1}$ réalise une représentation conforme de $D$ sur $D'$. Soit $B$ l'image de $\mathcal{B}$.

Le problème se ramène donc à la recherche d'une fonction analytique $f(z)$ uniforme dans $C$, univalente dans $D$ et dans $D'$, prenant la même valeur en $z$ et en $z' = \psi(z)$. Nous assujettirons en outre $f(z)$ à être univalente dans $D \cup B$.

Soient $C_i$ et $C_j$ deux exemplaires identiques à $C$; $D_i$ et $D'_j$ sont en correspondance conforme biunivoque, et il est possible de réaliser le raccordement $\mathcal{C}_{ij} = C_i \underset{\phantom{x}}{\overset{D'_i}{\sqcup}} C_j$ (ou $C_{ji} = C_i \overset{D_i}{\sqcup} C_j$), c'est-à-dire de trouver deux fonctions $w = h_i(z_i)$ et $w = h_j(z_j)$ univalentes dans $C_i$ et $C_j$, prenant la même valeur en deux points associés de $D'_i$ et $D_j$; les images sur le plan $w$ de $C_i$ et $C_j$ ne doivent d'ailleurs pas avoir d'autres points communs que ceux correspondant à $D'_i$ et $D_j$.

On pourra aussi former $\mathcal{C}_{ijk} = \mathcal{C}_{ij} \overset{D_k}{\sqcup} C_k$ ou $\mathcal{C}_{kij} = \mathcal{C}_{ij} \overset{D'_k}{\sqcup} C_k$.

Nous formerons alors la suite $\mathcal{C}_1 \equiv C_1$, $\mathcal{C}_{12}$, $\mathcal{C}_{312}$, $\mathcal{C}_{3124}$, $\mathcal{C}_{53124}$, ... de sorte que l'origine de chacun de ces domaines correspond à l'origine du suivant, la dérivée y étant égale à 1.

On montre que la suite des $\mathcal{C}_{\ldots ijk \ldots}$ a une limite $\mathcal{C}$; on peut alors définir une suite de fonctions $\zeta = f_i(z)$ définies dans $C$ qu'elles représentent sur des domaines $\delta_i^* \subset \mathcal{C}$. Deux points de $\mathcal{C}$ sont dits équivalents s'il existe $f_j$ et $f_n$

telles que $f_j^{-1}(\zeta)=f_n^{-1}(\zeta')$. Posons $\zeta'=L(\zeta)=f_n\circ f_j^{-1}(\zeta)$ si $\zeta\in\delta_j^*$. Cette fonction est homographique et toutes les fonctions $L(\zeta)$ ainsi définies sont les puissances d'itération positives ou négatives de l'une d'elles $L_1(\zeta)$.

Le groupe des transformations $L(\zeta)$ est le groupe associé à la représentation conforme non biunivoque d'un domaine doublement connexe du plan $w$. Si l'on construit ce domaine, et si l'on remarque que, lorsque $z$ et $z'$ sont liés par $z'=\psi(z)$, leurs images par $f_i$ sont équivalentes $[\zeta=f_i(z),\ \zeta'=f_i(z');\ f_i^{-1}(\zeta)=\psi^{-1}\circ f_i^{-1}(\zeta')=f_j^{-1}(\zeta')]$, ils ont même image par $w\circ f_i$.

On a donc obtenu sur le plan $w$ une couronne circulaire, domaine couvert par une fonction $f$ satisfaisant aux conditions posées.

*Remarque.* — Le théorème s'étend au cas où $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$ ont deux éléments de frontière en commun, non associés par $Z'=\Phi(Z)$. La construction de $\mathcal{B}$ est alors inutile.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités complexes d'une fonction harmonique.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les fonctions harmoniques dans un domaine $d$ sont prolongeables analytiquement dans un domaine de l'espace à coordonnées complexes, la cellule d'harmonicité relative à $d$. Construction de fonctions harmoniques ayant cette cellule comme domaine d'holomorphie et prolongeables quasi analytiquement au delà.

1. Désignons par $\mathcal{C}^n=\mathcal{R}^n\times\mathcal{R}'^n$ l'espace des points X à coordonnées complexes $X_k=x_k+ix'_k$, $1\leq k\leq n$, $\mathcal{R}^n$ étant le sous-espace des points $x$ à coordonnées réelles. Soit $d$ un domaine de $\mathcal{R}^n$, $\gamma(y)$ le cône isotrope de sommet réel $y$, d'équation $\sum_1^n(X_k-y_k)^2=0$ dans $\mathcal{C}^n$, et $W(d)$ la réunion des $\gamma(y)$ pour $y$ parcourant la frontière de $d$. On appellera cellule d'harmonicité, notée $H(d)$ la composante connexe, ouverte dans $\mathcal{C}^n$, contenant $d$, de l'ensemble $\mathcal{C}^n-W(d)$.

On a le résultat suivant :

*Une fonction $f(x)=f(x_1,\ldots,x_n)$, harmonique dans $d$ est prolongeable analytiquement dans la cellule d'harmonicité* $H(d)$ *relative à $d$.*

Quand $f(x)$ est uniforme dans $d$, la propriété énoncée découle directement de la représentation intégrale d'une fonction harmonique à partir de ses valeurs sur la frontière. Dans le cas général, on établit d'abord la propriété suivante :

Lemme. — *Tout compact de* $H(d)$ *peut être recouvert par la somme* $\Sigma H(d_i)$ *d'un nombre fini de cellules d'harmonicité relatives à des domaines $d_i\subset d$, un lacet situé dans $d_i$ étant toujours homotope à zéro dans $d$.*

Posons $X=[x,x']$, $x$ et $x'$ étant les projections de X sur $\mathcal{R}^n$, $\mathcal{R}'^n$ respectivement. L'intersection $\theta(X)$ du cône isotrope de sommet X avec $\mathcal{R}^n$ est une

sphère $S^{n-2}$ (exceptionnellement de rayon nul si $X = x$ est pris dans $\mathcal{R}^n$) et la transformation $T : X \to \theta(X)$ établit une correspondance biunivoque entre les couples $X_1 = [x, x']$, $X_2 = [x, -x']$ de points de $H(d)$ symétriques par rapport à $\mathcal{R}^n$ et les éléments de la variété $\sigma(d)$ des $S^{n-2}$ qui sont assujetties à la condition suivante : elles sont réductibles à une sphère-point $S^0$ par une suite de déplacements et d'homothéties sans quitter $d$. Tout lacet situé sur une $S^{n-2}$ de $\sigma(d)$ est homotope nul dans $d$, de même tout lacet suffisamment voisin dans $d$, ce qui conduit au lemme précédent.

2. Une cellule d'harmonicité est un domaine d'holomorphie. On a le résultat plus précis suivant :

Théorème. — *Étant donné un domaine $d$ dans $\mathcal{R}^n$, et une suite $y_p$ de points de $\mathcal{R}^n$, extérieurs à $d$, denses sur la frontière de $d$, si $\sum_1^\infty |A_p| < \infty$, et si la suite $|A_p|$ est assujettie à une condition supplémentaire de décroissance suffisamment rapide, le développement*

$$(1) \qquad f(X) = \sum_p A_p h(X, y_p) \qquad \text{où} \quad h(X, y) = \left[\sum_1^n (X_k - y_k)^2\right]^{\frac{2-n}{2}}$$

*est la fonction fondamentale du potentiel, représente une fonction harmonique dans $d$, non prolongeable analytiquement hors de la cellule d'harmonicité* $H(d)$.

La condition donnée par E. Borel dans l'étude des fonctions monogènes

$$(2) \qquad \varliminf \frac{1}{p^\lambda} \log\log \frac{1}{|A_p|} \geqq K > 0 \qquad (\lambda > 1)$$

suffit pour assurer la propriété indiquée. On a en effet le résultat suivant :

Lemme. — *Étant donné une suite $y_p$ de points dans $\mathcal{R}^n$ et des $A_p$ satisfaisant à (2), le développement (1) définit dans un plan $\pi$ de $\mathcal{C}^n$, d'équations $X_k = X_k^0 + a_k u$, non isotrope ($\Sigma a_k^2 \neq 0$), une fonction monogène de $u$ quasi analytique sur presque toute droite de $\pi$.*

Les dérivées successives de $f[X(u)]$ satisfont en dehors d'un ensemble de mesure linéaire nulle dans $\pi$ à la condition de Denjoy-Carleman. Les fonctions $f(X)$ de la classe définie par (1) et (2), en général multiformes, sont indéfiniment dérivables sur presque toute droite de l'espace réel $\mathcal{R}^{2n}$, trace de $\mathcal{C}^n$, et forment une classe quasi analytique.

Toute singularité formelle, c'est-à-dire tout point $X^0 = [x^0, x'^0]$ de $\mathcal{C}^n$ appartenant à un cône isotrope $\gamma(y_s)$ est pour (1) une singularité effective. On montre qu'il en est bien ainsi si $X^0$ est pris en dehors de $\mathcal{R}^n$ en étudiant la trace $f[X(u)]$ de (1) sur un plan $\pi$ passant par $X^0$ pour lequel on choisit les $a_k$ réels, $\Sigma a_k^2 = 1$, avec $|\Sigma a_k x_k'^0| \geqq \tau > 0$, ce qui entraîne $|\alpha_p + \beta_p| > 2\tau$, $\alpha_p$, $\beta_p$ étant les points d'intersection de $\pi$ avec le cône $\gamma(y_p)$; on construit alors com-

modément dans $\pi$ des lacets entourant $X^0$ et séparant $\alpha_p$ de $\beta_p$, c'est-à-dire enlacés avec la variété $\gamma(y_p)$ dans $\mathcal{C}^n$.

Si $p = 2p' + 1$, ou si $p = 2$, on achève en étudiant la variation de $f[X(u)]$ sur un tel lacet où (1) converge et l'on montre qu'on a $A_s = 0$ si $f(X)$ est prolongeable analytiquement en $X^0$. On obtient le même résultat lorsque $p = 2p' + 1$ en étudiant l'intégrale de la fonction sur un lacet de cette nature.

Pour $p = 2$, on obtient une démonstration plus simple du résultat à partir des propriétés suivantes, spéciales au cas $p = 2$ : $\theta(X)$ se décompose en une variété formée de deux points; $H(d)$ est homéomorphe à $D \times D$; si $f(x)$ harmonique dans $d$ n'est pas prolongeable hors de $d$ dans $\mathcal{R}^2$, son prolongement $f(X)$ dans $\mathcal{C}^2$ n'est pas prolongeable analytiquement hors de $H(d)$.

Corollaires. — 1. *Soit* $\mathcal{H}(d)$ *la classe des fonctions harmoniques dans d; soit* $G(f)$ *le domaine d'holomorphie de* $f \in \mathcal{H}(d)$ *et* $\Omega(d)$ *le noyau ouvert de l'intersection des* $G(f)$. *On a* $\Omega(d) = H(d)$.

2. *A tout ensemble ouvert* V *de* $\mathcal{C}^n$ *contenant à son intérieur d et sa frontière, on peut faire correspondre une fonction analytique dans d dont le domaine d'holomorphie est contenu dans* V.

CALCUL GRAPHIQUE. — *Le lissage des courbes expérimentales.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons jusqu'ici présenté plutôt, pour le « lissage » des courbes expérimentales, des méthodes tendant à faire disparaître les accidents par le choix heureux d'une expression analytique, comportant le moins possible de paramètres, que l'on détermine en s'inspirant de raisons physiques. Nous allons indiquer ici une procédure qui ne préjuge en rien de la nature analytique que l'on voudrait prêter à une courbe.

Notre méthode de dérivation en était déjà un exemple : de même que nous avions dû, par un algorithme (loi du 2e degré) introduire la notion non physique de limite, nous devrons, ici, définir la régularité du tracé en posant qu'un arc limité est représentable par une loi du 2e degré, ce qui est à la fois très précis et peu compromettant.

Les ordonnées étant supposées équidistantes, nous répartirons l'intervalle expérimental en $q$ groupes de $2N + 1$ ordonnées; l'ordonnée, dans chaque groupe, étant représentable par une loi du 2e degré. Pour raccorder entre eux ces divers arcs de parabole, nous poserons que l'ordonnée n° 1 d'un groupe est l'ordonnée n° $2N + 2$ du groupe précédent. Nous écrirons enfin que, dans chaque groupe, la moyenne H des $2N + 1$ ordonnées $Y_i$ est égale à la moyenne des ordonnées $y_i$ de l'arc de parabole, ce qui relie à l'expérience la construction

(*) Séance du 16 mai 1951.

stylisée. Il nous reste alors deux arbitraires (parce que les arcs extrêmes ne sont raccordés à rien); nous en profitons pour obtenir que les concavités se succèdent avec le plus de régularité possible.

Le calcul pourrait être très lourd, la normalisation ci-après le rend aisé. Présentons le cas de $N = 4$. Les ordonnées fondamentales sont les ordonnées médianes $y_5, y_{14}, y_{23}, \ldots$, de chaque groupe. On considère les ordonnées centrales $y_4, y_5, y_6$, du premier. La loi parabolique permet d'exprimer par elles $y_1, y_2, y_3, y_7, y_8, y_9$, et $y_{10}$ en vue du raccord, et d'autre part la moyenne $H_1$ des ordonnées. De la même manière, on exprime, dans le groupe n° 2, $y_{10}, y_{11} < \ldots$, en fonction des ordonnées centrales, $y_{13}, y_{14}, y_{15}$, et l'on raccorde les deux groupes en écrivant que $y_9$ est l'ordonnée de rang zéro et $y_{10}$, l'ordonnée de rang un, du groupe n° 2. En exprimant ces deux raccords, et la valeur moyenne, on obtient les expressions linéaires, à coefficients fort simples, de $y_4, y_5, y_6$ en fonction de $y_{13}, y_{14}, y_{15}$ (et de $H_1$). En considérant le groupe n° 3 comme le premier, et revenant en arrière, on obtient par les mêmes formules, les ordonnées étant simplement comptées dans l'ordre inverse, $y_{22}, y_{23}, y_{24}$ en fonction linéaire de $y_{13}, y_{14}, y_{15}$ (et de $H_3$). Joignons l'équation donnant par la moyenne, comme plus haut avec $H_1$, une relation entre $y_{13}, y_{14}, y_{15}$ et $H_2$. Cette équation, avec celle donnant $y_5$ et celle donnant $y_{23}$, forme un système qui, résolu, donne les ordonnées centrales $y_{13}, y_{14}, y_{15}$ au moyen des ordonnées médianes $y_5$ et $y_{23}$; relations qui sont générales, et lient les trois ordonnées centrales d'un groupe $r$ aux ordonnées médianes des groupes de rangs $r-1$ et $r+1$. Retenons la formule

$$163\, y_{14} = -40(y_5 + y_{23}) + 30(H_1 + H_3) + 183\, H_2.$$

On déduit d'autre part de ces calculs la différence seconde $\Delta_5 = y_6 - 2y_5 + y_4$, que l'on rapporte à l'ordonnée médiane $y_5$, et que l'on exprime immédiatement par $0{,}3(H_1 - y_5)$, formule valable dans tous les groupes. Pour $\Delta_{14}$ (et pour tous les groupes non extrêmes) on déduit du calcul de $(y_{15} - 2y_{14} + y_{13})$ une autre expression possible en fonction des ordonnées médianes encadrantes

$$163\, \Delta_{14} = 12(y_5 + y_{23}) - 6(3H_1 + 2H_2 + 3H_3).$$

Supposons, pour fixer les idées, $q = 7$. Le calcul indiqué relie l'ordonnée médiane $y_{14}$ aux médianes encadrantes $y_5$ et $y_{23}$, $y_{32}$ à $y_{23}$ et $y_{41}$, $y_{50}$ à $y_{41}$ et $y_{59}$. $y_5$ et $y_{59}$ seront les deux arbitraires dont nous parlions; restent encore non déterminées les médianes prises de deux en deux, ici $y_{23}$ et $y_{41}$ (s'y ajouterait $y_{59}$ si $q$ valait 9). Nous obtenons les deux équation nécessaires en écrivant des deux manières possibles indiquées $\Delta_{23}$ et $\Delta_{41}$.

Le calcul des $y$ est alors possible. On l'achève très simplement en remarquant que des équations donnant $y_{13}, y_{14}, y_{15}$ on déduit la différence première

$$D_{14} = y_{14} - y_{13} = \frac{2}{9}(y_{23} - y_5) + \frac{1}{6}(H_1 - H_3) - \frac{1}{2}\Delta_{14},$$

formule applicable à tous les groupes sauf aux deux extrêmes. Ayant les médianes, une différence première D et la différence seconde $\Delta$, on calcule dans chaque groupe les diverses ordonnées. Le raccordement permet le même calcul dans les groupes extrêmes.

CALCUL ANALOGIQUE. — *Appareil pour l'étude analogique des régimes transitoires, en particulier dans le cas des échanges thermiques.* Note de M. **Jean Miroux**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans la réalisation de modèles analogiques, concernant des phénomènes dans un corps continu, on représente souvent ce corps par un réseau, ce qui revient à le morceler en éléments à constantes localisées (résistances, capacités, etc.) et à remplacer des équations différentielles ou aux dérivées partielles par des équations aux différences finies.

Soit, pour fixer les idées un problème de thermocinétique [1] : évolution des températures $\theta$ dans un corps dont certaines frontières subissent des excitations thermiques données. Dans le modèle électrique on aura à observer les réponses [par exemple lois de potentiel $V(t)$] aux divers nœuds du réseau pour les excitations électriques correspondantes. On peut alors soit reproduire périodiquement le phénomène transitoire et l'examiner ou le photographier sur l'écran de l'oscillocope où il donne une image fixe, soit l'enregistrer, ce qui est susceptible de donner une meilleure précision. Il convient d'adapter l'échelle de temps du phénomène électrique à l'appareillage utilisé pour imposer les données et, dans la seconde alternative, aux appareils d'enregistrement. Cela amène à utiliser, pour constituer les réseaux, des résistances et capacités atteignant des valeurs élevées (jusqu'à 100 $\mu$F et 10 M$\Omega$). Si de plus on veut que ces éléments, réunis une fois pour toute, puissent s'adapter à des combinaisons assez nombreuses, on est conduit à des installations très coûteuses et qui constituent de véritables usines, même si le nombre de nœuds utilisables est limité à quelques dizaines (ce qui est peu pour des problèmes à deux ou trois dimensions).

En vue des recherches de l'ONERA et à la suggestion de L. Malavard, j'ai réalisé un appareil de mesure se montant sur table, précis et peu coûteux, s'adaptant à des réseaux réalisés pour chaque problème et n'utilisant que du matériel radio usuel, ce qui laisse une grande souplesse dans les applications en permettant l'emploi de modèles très variés et à nœuds très nombreux. L'unité de temps restant dans ces conditions, très courte,

---

(1) On peut consulter pour une étude d'ensemble : J. de Laclémendière, *Chaleur et Industrie*, n° 269, 1947, p. 293 à 308; n° 270, 1948, p. 14 à 28.

il était indiqué d'utiliser l'oscilloscope commandé de façon à obtenir des mesures précises des courbes de réponse.

Le réseau est chargé pendant une fraction (1/4 par exemple) de la période, le reste du temps étant employé pour la décharge, ainsi assurée sans appareillage compliqué. Un commutateur électrique multivoies sélectionne les différents signaux et réponses à envoyer sur le réseau ou sur les plaques du tube oscilloscopique. Il permet de diviser la période totale en un certain nombre de parties (4 ou plus) et d'avoir ainsi, en tenant compte de la persistance des impressions lumineuses et de la rémanence du tube une image simultanée de différentes informations rendant compte instantanément de l'ensemble de l'expérience et de l'influence propre de chacun des paramètres.

C'est ainsi que l'on voit s'inscrire directement sur l'écran du tube, c'est-à-dire sans aucune distorsion de phase ou d'amplitude, la courbe de réponse cherchée, un signal permettant de vérifier que le réseau est bien déchargé à la fin de chaque période, les axes $t$ et V (ou $\theta$), les asymptotes et enfin, ce qui est essentiel, des signaux étalonnés (point ou croisement d'axes) permettant de suivre la courbe point par point en mesurant par une double méthode de zéro les coordonnées $t$ et $\theta$. On élimine ainsi toutes les distorsions dues au tube cathodique lui-même et qui sont difficiles à éviter dans l'observation visuelle ou la photographie. On peut d'ailleurs, par le simple jeu de réglages indépendants, agrandir comme à la loupe la partie étudiée de la courbe de réponse et l'on obtient ainsi avec une grande précision les coordonnées des points voulus, lues sur deux potentiomètres.

Le balayage est obtenu mécaniquement en synchronisme et varie linéairement en fonction du temps.

L'ensemble est entraîné par un moteur synchrone avec une boîte de vitesses permettant toutes les combinaisons utiles.

Un fréquencemètre de précision et un circuit approprié permettent d'éliminer l'influence des variations de la fréquence du secteur. La coïncidence de l'échelle du temps avec le balayage est obtenue une fois pour toutes par deux simples tarages d'un autre circuit.

La vérification du bon fonctionnement de l'appareil a été faite par de nombreux essais portant sur des cas théoriquement connus : en particulier plaque, cylindre, sphère subissant une brusque variation de température : avec des modèles très simplement réalisés, les déterminations et les résultats concernant les lois de variation des températures et des flux ont permis de vérifier que la précision peut atteindre le millième.

L'appareil pourrait être complété par un dispositif annexe permettant d'introduire des données fonction du temps. Mais il semble que, pour les applications, mieux vaut se limiter à des données consistant en signaux

unités introduits aux points convenables du réseau : les courbes de réponse, dont on mesure les ordonnées régulièrement espacées, définissent des coefficients d'influence à partir desquels on obtiendra par une analyse simple ([2]) les réponses à des données quelconques; la même analyse permettant d'ailleurs, ce qui est important, de reconstituer les données qui donnent une courbe de réponse observée.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Répartition des délais d'attente des avions arrivant à un aéroport qui possède s pistes d'atterrissage*. Note (*) de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

Certaines procédures de mise en attente utilisées actuellement dans les aéroports ont pour conséquence d'imposer aux avions qui, faute de pistes libres, ne peuvent pas atterrir immédiatement, des délais d'attente (d. a.) qui sont des multiples entiers d'un intervalle de temps donné. Prenant cet intervalle pour unité de temps, nous désignons par $\tau'$ la différence entre l'instant de fin d'atterrissage d'un avion et l'instant d'arrivée de l'avion suivant destiné à la même piste, par $[x]$ la partie entière de $x$, et par $\varphi(x)$ la fonction

$$\varphi(x)=[x]+1 \qquad (x>0), \qquad =0 \qquad (x<0).$$

Admettons que : 1° Les avions arrivent au hasard, chaque avion étant dirigé sur la piste du $s^{\text{ième}}$ avion précédent et subissant le d. a. $\tau=\varphi(\tau')$. 2° Tous les avions ont la même durée d'atterrissage

$$t_0=a-\varepsilon \qquad [a\ (\text{entier}) \geqq 1;\ 0 \leqq \varepsilon < 1].$$

Afin de calculer les probabilités $p_\nu$ pour que le d. a. d'un avion soit égal à $\nu=0, 1, 2, \ldots$, nous supposons que $n$ avions dont les instants d'arrivée, numérotés en ordre ascendant, seront désignés par $X_1, \ldots, X_n$, arrivent au hasard pendant l'intervalle de temps donné $(0, \mathfrak{T})$, si bien que

$$0 \leqq X_1 \leqq \ldots \leqq X_n \leqq \mathfrak{T}, \qquad \text{Prob}(x < X_m < x+dx)=\frac{dx}{\mathfrak{T}} \qquad (0<x<\mathfrak{T}).$$

En vertu de nos hypothèses, on a pour le d. a. $\tau_m$ du $m^{\text{ième}}$ avion

$$\tau_m=\varphi(X_{m-s}+\tau_{m-s}+t_0-X_m)=\tau_m(X_m, X_{m-s}, \ldots) \qquad (m=s+1, \ldots, n);$$

pour compléter la définition de $\tau_m$, nous supposons que $\tau_1=\ldots=\tau_s=0$.

Pour la fonction génératrice (f. g.) des $p_\nu$ nous obtenons la formule

$$\sum_{\nu=0,1,\ldots} p_\nu \xi^\nu=\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n}\mathfrak{M}(\xi^{\tau_m})=\frac{(n-1)!}{\mathfrak{T}^n}\sum_{m=1}^{n}\int_0^{\mathfrak{T}} dx_1 \ldots \int_{x_{n-1}}^{\mathfrak{T}} \xi^{\tau_m}\, dx_n,$$

([2]) P.-G. Gloess et F.-H. Raymond, *Onde électrique*, n° 255, 1948, p. 222-235.

(*) Séance du 16 mai 1951.

qui, au moyen de calculs purement formels ([1]), se transforme en

$$(1)\qquad \sum_{\nu=0,1,\ldots} p_\nu \xi^\nu = \frac{(n-1)!}{\mathfrak{T}^n}\frac{1}{(2\pi i)^2}\int_{-i\infty+\delta}^{i\infty+\delta} dp \int_K \frac{e^{p\mathfrak{T}}}{z^n(p-z)}\Psi(\xi, p, z)\,dz \qquad (\delta > 0);$$

K est un cercle, de rayon $< \delta$, autour de l'origine, et nous avons posé

$$\Psi(\xi, p, z) = \sum_{m=1}^{\infty} z^{m-1}\int_0^\infty dx_1 \ldots \int_{x_{m-1}}^{\infty} e^{-px_m}\xi^{\tau_m}\,dx_m \qquad [R(p) > |z|,\ |\xi| \leqq 1].$$

En utilisant pour $\xi^{\tau_m}$ la formule

$$\xi^{\varphi(x)} = \frac{1-\xi}{2\pi i}\int_{-i\infty+\delta}^{i\infty+\delta} \frac{e^{-\zeta x}}{1-\xi e^{\zeta}}\frac{d\zeta}{\zeta} \qquad [|\xi e^{\zeta}| < 1,\ \delta > 0;\ x \neq 0, 1, \ldots],$$

on obtient pour $\Psi$ une équation intégrale dont la solution est

$$(2)\qquad \begin{cases} \Psi(\xi, p, z) = f^{-1}(\xi, p, z)\,\dfrac{p^s - z^s}{p^s(p-z)}\left(\dfrac{1-e^p}{1-\xi e^p}\right)^s \displaystyle\prod_{\nu=0}^{s-1}\frac{\xi-\xi_\nu}{1-\xi_\nu}, \\ \left[f(\xi, p, z) = 1 - \left(\dfrac{z}{p}\right)^s \xi^a - \dfrac{(-z)^s}{(s-1)!}(1-\xi)\xi^a \dfrac{\partial^{s-1}}{\partial p^{s-1}}\dfrac{e^{\varepsilon p}}{p(1-\xi e^p)}\right], \end{cases}$$

$\xi_0(p, z), \ldots, \xi_{s-1}(p, z)$ étant les $s$ zéros de $f(\xi, p, z)$ qui, pour $z \to 0$, tendent vers $e^{-p}$. Soit $z_0$ l'unique racine positive de l'équation $[\partial f(x, z, z)/\partial x]_{x=1} = 0$; en numérotant les $\xi_\nu$ de manière appropriée, on a

$$\xi_0(z, z) = 1\ (z \leqq z_0),\quad \xi_0(z, z) < 1\ (z > z_0);\quad |\xi_1(p, z)|, \ldots, |\xi_{s-1}(p, z)| < 1 \quad [R(p) \geqq (z)]$$

et

$$\lim_{p \to z}(p-z)\Psi(\xi, p, z) = \psi(\xi, z) \quad (z \leqq z_0), \qquad \lim_{p\to z}(p-z)\Psi(\xi, p, z) = 0 \quad (z > z_0),$$

où nous avons posé

$$\psi(\xi, z) = f^{-1}(\xi, z, z)\left(\frac{1-e^z}{1-\xi e^z}\right)^s \prod_{\nu=1}^{s-1}\frac{\xi-\xi_\nu(z, z)}{1-\xi_\nu(z, z)}(\xi - 1)\left[\frac{\partial f(x, z, z)}{\partial x}\right]_{x=1}.$$

Faisant tendre, dans (1), $n \to \infty$, pour une valeur constante du quotient $\eta = [n(a-\varepsilon)/s\mathfrak{T}]$ (nombre d'arrivées par piste et par durée d'atterrissage), nous obtenons pour la f. g. des probabilités $P_\nu = \lim_{n\to\infty} p_\nu(s, t_0; n, \mathfrak{T})$ :

$$(3)\qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} P_\nu \xi^\nu = \psi\left(\xi, \frac{s\eta}{a-\varepsilon}\right) \quad \left[\eta \leqq \eta_{\max} = \frac{z_0(a-\varepsilon)}{s}\right]; \qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} P_\nu\xi^\nu = 0 \quad (\eta > \eta_{\max}).$$

Pour $s = 1$, $\varepsilon = 0$ (donc $t_0 = a$), on a ainsi

$$P_0 = 1 + a - a e^{\frac{\eta}{a}}; \qquad \sum_0^\infty P_\nu\xi^\nu = P_0(1-\xi)\left(1 - \xi e^{\frac{\eta}{a}} + \left(e^{\frac{\eta}{a}} - 1\right)\xi^{a+1}\right)^{-1};$$

$$\eta_{\max} = a\log\left(1 + \frac{1}{a}\right).$$

---

([1]) *Voir* par exemple, *Ann. Inst. Poincaré*, **11**, 1949, p. 135-173 (Chap. I).

Pour $s \geqq 2$, on évite le calcul numérique des $\xi_\nu(z, z)$ en remplaçant, dans la formule

$$\log\psi(\xi, z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{K_{|z|=1+\delta}} \left(\frac{1}{x-1} - \frac{1}{x-\xi}\right) \log f(x, z, z)\, dx \qquad (z < z_0;\ 0 < \delta \leqslant 1),$$

le facteur $\log f(x, z, z) = \log(1 - \ldots)$ par sa série logarithmique, et intégrant terme à terme, ce qui ramène le calcul de $\log\psi$ à un calcul de résidus.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Solidarité rétroactive dans les constructions en béton*. Note (*) M. **Franco Lévi**, transmise par M. Gustavo Colonnetti.

Dans une Note précédente (¹) nous avons mis en évidence une propriété caractéristique des solides visco-élastiques : et précisément la capacité que possède un corps de cette nature, lorsqu'il supporte l'action d'un système de charges permanentes, de donner lieu à l'apparition de nouvelles réactions hyperstatiques si on le soumet, après que les charges ont déjà donné lieu à leur effet élastique, à des liaisons supplémentaires. Un calcul, effectué dans l'hypothèse du « fluage linéaire », nous a d'ailleurs permis de préciser, à titre d'exemple, la loi de variation de la réaction d'une liaison supplémentaire supposée parfaitement rigide et de mettre en lumière l'importance considérable que ce phénomène peut atteindre dans les constructions en béton.

Revenons maintenant sur la question pour en étudier les conséquences dans les applications pratiques.

Notons pour commencer qu'il existe toute une catégorie de problèmes dans lesquels l'introduction différée des liaisons est réalisée systématiquement : ce sont les procédés de compensation des arcs. En général les procédés en question consistent en effet dans l'introduction de rotules provisoires que l'on bloque après application d'une partie de la charge. Les résultats que nous venons de rappeler nous permettent d'affirmer d'une manière tout à fait générale que la modification du régime des efforts que l'on aura obtenue en appliquant une partie de la charge sur une construction qui n'est pas encore soumise à toutes ses liaisons ira en s'atténuant après le blocage des rotules provisoires.

Supposons en effet que, dans un arc, l'introduction d'une rotule provisoire ait provoqué une augmentation de la poussée. C'est dire que la liaison supprimée par la rotule aurait donné lieu, en régime élastique, à une poussée négative. Après blocage de la rotule, le fluage, en agissant sur la nouvelle liaison, fera donc naître une poussée négative dont l'intensité

(*) Séance du 7 mai 1951.

(¹) F. Lévi, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1803.

ira graduellement en augmentant et dont la valeur finale dépendra de l'âge du béton au moment de la suppression de la rotule (ainsi d'ailleurs que de l'efficacité du blocage).

Voyons maintenant le cas des constructions dans lesquelles l'introduction différée des liaisons, cessant d'être un artifice voulu par le maître de l'œuvre, est une conséquence directe du procédé de construction adopté.

C'est le cas, d'ailleurs très fréquent, des ouvrages en béton exécutés en plusieurs phases. Dans ces constructions il arrive presque toujours que les éléments que l'on ajoute après coup imposent des liaisons nouvelles à des parties préexistantes déjà soumises au préalable à l'action de charges importantes. Dans de telles conditions, le fluage fera naître entre les différents éléments des réactions mutuelles en vertu desquelles une partie des efforts supportés par les éléments anciens se reportera sur les parties nouvelles. Autrement dit les éléments ajoutés après coup contribueront à supporter non seulement l'effet des forces appliquées après leur entrée en fonction mais également l'effet de celles qui agissaient auparavant.

Un simple regard jeté sur les procédés de construction les plus usuels nous permet de trouver des cas auxquels s'appliquent les considérations précédentes.

Soit par exemple un plancher rectangulaire en béton, appuyé sur les quatre côtés, que l'on réalise en juxtaposant des poutres préfabriquées solidarisées sur place d'une manière quelconque dans le sens transversal. Supposons que dans un tel ouvrage le poids propre soit tout d'abord absorbé par les éléments préfabriqués fonctionnant comme poutres. Ce qui précède nous permet de prévoir que, dès que la solidarité transversale deviendra efficace, l'action de la charge permanente tendra à se redistribuer sur l'ensemble du hourdis fonctionnant comme une dalle.

Un autre cas intéressant est celui des arcs construits par rouleaux. Cette fois le fluage provoquera une redistribution des contraintes dues au poids propre, les derniers rouleaux moins fortement chargés tendant peu à peu à soulager les premiers rouleaux qui supportent des efforts plus intenses.

Citons enfin l'exemple des constructions hyperstatiques précontraintes construites par éléments rendus solidaires par des câbles de liaison. Là encore le fluage donnera lieu à des effets de solidarité rétroactive, en sorte que les charges qui auront été appliquées aux éléments avant la mise en place des câbles de liaison tendront à se reporter, une fois la liaison effectuée, sur la construction entière fonctionnant comme système hyperstatique.

Bien entendu l'importance quantitative du phénomène variera dans chaque cas particulier puisqu'elle ne dépendra pas seulement de la loi de variation du fluage dans le corps initial mais aussi du comportement des liaisons supplémentaires.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les corrélations d'espace et de temps en turbulence homogène*. Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Henri Villat.

Nous étudions le mouvement d'un fluide turbulent dans un système d'axes par rapport auxquels l'observateur est fixe. Nous supposons que la *vitesse moyenne* (U, o, o) définie dans ces axes est uniforme, nous désignons par $u_1$, $u_2$, $u_3$, $p$ les composantes de la *vitesse d'agitation* et de la pression au point $A(x_1, x_2, x_3)$ et à l'instant $t$. Les équations du mouvement, en l'absence de forces extérieures, s'écrivent, pour un fluide *incompressible*,

$$\frac{\partial u_\alpha}{\partial t} + \sum_\beta \frac{\partial}{\partial x_\beta}(u_\alpha u_\beta) + U\frac{\partial u_\alpha}{\partial x_1} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_\alpha} - \nu\,\Delta u_\alpha = 0. \tag{1}$$

Introduisons un point B, de coordonnées $x'_\alpha = x_\alpha + \xi_\alpha$ et un instant $t' = t + \tau$. Posons

$$\left\{\begin{aligned} &R_{\alpha\beta}(\xi, \tau) = \overline{u_\alpha(x, t)\,u_\beta(x', t')}, \qquad P_\alpha(\xi, \tau) = \overline{p(x, t)\,u_\alpha(x', t')} \\ &T_{\alpha\beta\gamma}(\xi, \tau) = \overline{u_\alpha(x, t)\,u_\beta(x, t)\,u_\gamma(x', t')}. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Le vecteur et les deux tenseurs ainsi définis doivent être considérés, suivant les circonstances, comme des moyennes spatio-temporelles ou des moyennes stochastiques. Les notations employées traduisent l'hypothèse que la turbulence est *homogène* dans l'espace et *stationnaire* dans le temps.

Multiplions (1) par $u_\gamma(x', t')$ et prenons les moyennes. Il vient

$$\frac{\partial}{\partial \tau}R_{\alpha\gamma} + U\frac{\partial}{\partial \xi_1}R_{\alpha\gamma} + \sum_\beta \frac{\partial}{\partial \xi_\beta}T_{\alpha\beta\gamma} + \frac{\partial}{\partial \xi_\alpha}P_\gamma + \nu\,\Delta R_{\alpha\gamma} = 0. \tag{3}$$

De ces équations, on peut en déduire qui ne contiennent pas la pression. On pose

$$R = \sum_\alpha R_{\alpha\alpha}, \qquad T_\beta = \sum_\alpha T_{\alpha\beta\alpha}$$

et l'on remarque que $R_{\alpha\beta}(-\xi, -\tau) = R_{\beta\alpha}(\xi, \tau)$. On trouve

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial R}{\partial \tau} + U\frac{\partial R}{\partial \xi_1} + \frac{1}{2}\sum_\beta \frac{\partial}{\partial \xi_\beta}[T_\beta(\xi, \tau) + T_\beta(-\xi, -\tau)] = 0, \\ &\frac{1}{2}\sum_\beta \frac{\partial}{\partial \xi_\beta}[T_\beta(\xi, \tau) - T_\beta(-\xi, -\tau)] + \nu\,\Delta R = 0. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

Ces équations peuvent être écrites très simplement en *termes spectraux*. Posons

$$\left\{\begin{aligned} &R_{\alpha\beta}(\xi, \tau) = \int e^{i(\Sigma\lambda_k\xi_k+\mu\tau)}\varphi_{\alpha\beta}(\lambda, \mu)\,d\lambda_1\,d\lambda_2\,d\lambda_3\,d\mu, \qquad \varphi = \sum_\alpha \varphi_{\alpha\alpha}. \\ &T_\beta(\xi, \tau) = \int e^{i\Sigma(\lambda_k\xi_k+\mu\tau)}\psi_\beta(\lambda, \mu)\,d\lambda_1\,d\lambda_2\,d\lambda_3\,d\mu, \qquad k^2 = \sum_\alpha \lambda_\alpha^2. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

$R_{\alpha\beta}$ et $T_\beta$ étant réels, on a $\psi_\beta(-\lambda, -\mu) = \psi^*_\beta(\lambda, \mu)$ (complexe conjugué de $\psi_\beta$). On trouve ainsi

$$\sum_\beta \lambda_\beta \psi_\beta + (\lambda_1 U + \mu + i\nu k^2)\varphi = 0. \tag{6}$$

Cette équation exprime que, dans un espace complexe à 4 dimensions, le vecteur $\psi_1$, $\psi_2$, $\psi_3$, $\varphi$ est orthogonal au vecteur $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$, $\lambda_1 U + \mu + i\nu k^2$.

*Discussion.* — La turbulence en soufflerie ne peut être homogène et stationnaire que dans un domaine suffisamment réduit d'espace et de temps, et pour des « tourbillons » suffisamment petits (grandes fréquences d'agitation). Elle est alors approximativement isotrope (au sens de Taylor et von Karman). Mais alors $T_\beta(\xi, 0) = -T_\beta(-\xi, 0)$. Il en résulte que, pour les petites valeurs de $\tau$, le terme en $T_\beta$ de la première équation (4) est très petit devant le premier et, en première approximation, $\partial R/\partial\tau + U(\partial R/\partial\xi_1) = 0$. R est fonction de $\xi_2$, $\xi_3$ et $\tau' = \tau - \xi_1/U$. Cette approximation est d'autant meilleure que les nombres de Reynolds sont plus petits, car les corrélations triples $T_\beta$ deviennent alors négligeables devant les termes de viscosité.

En particulier, en première approximation, les corrélations longitudinales des composantes longitudinales de vitesse ne dépendent que de $\tau' = \tau - \xi_1/U$. Si donc, au point B, on change l'origine des temps de façon que les événements considérés comme simultanés en A et B soient ceux qui correspondent au passage en A et en B des mêmes éléments du courant d'ensemble, on voit que, dans le plan des $\xi_1$, $\tau'$, *les courbes d'égale corrélation sont des droites parallèles à l'axe des* $\xi_1$.

Cette prévision, malgré son caractère nécessairement approché, est en excellent accord avec l'expérience ([1]). Comme les nombres de Reynolds ne sont pas très petits, cela laisse supposer une tendance à l'isotropie qui se conserve même avec décalage de temps.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude du « coin d'huile ».* Note de M. **Jacques Huetz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons décrit ([1]) un viscosimètre à pression utilisant la théorie de Reynolds sur le coin d'huile, et relevé des anomalies de pression, dès qu'apparaissent des courants de retour. Nous signalons ici les résultats qu'ont apportés deux modifications successives de l'appareil.

---

([1]) Mesures faites dans la soufflerie du laboratoire du Mécanique de l'atmosphère et Météorologie de la Faculté des Sciences de Marseille et publiées sous la référence suivante : A. Favre, J. Gaviglio et R. Dumas, *Note technique O. N. E. R. A.*, n° 13/522 A, 1950.

L'idée des calculs présentés dans cette Note résulte d'une discussion avec M. Favre.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 956.

*a. L'excentrement des deux cylindres* est passé de 1,12 mm à 1 mm. Dans ce cas encore, les pressions expérimentales et théoriques concordent dans la partie de la lame s'étendant du minimum d'épaisseur A aux génératrices L et L' à partir desquelles débutent les courants de retour.

*b. Visualisation des lignes de courant.* — En utilisant une technique déjà décrite ([2]), on visualise les lignes de courant et l'on fait apparaître la réalité de l'écoulement plan dans la zone $LAL_1$.

Si ces expériences confirment toujours l'accord théorie-expérience dans les zones exemptes de courants de retour, elles nous apportent quelques faits intéressants relatifs à l'autre zone, c'est-à-dire, celle groupant l'ensemble des sections perpendiculaires à la direction d'écoulement et où les vitesses peuvent avoir des signes contraires.

A. *Bulles gazeuses.* — Si, en un point d'une génératrice quelconque $L_1$ du côté dépression, la valeur absolue de la pression dynamique $P_d$ calculée devient inférieure à la pression $P_s$, due à la hauteur d'huile en charge, des bulles exemptes de liquide doivent apparaître en ce point. L'expérience les montre de plus, immobiles par rapport à la paroi externe, sensiblement circulaires, avec un rayon décroissant en fonction de $P_s$, et étendues à toute l'épaisseur de la lame. Ces cavités sont séparées par des canaux où la vitesse d'écoulement du fluide est naturellement bien supérieure à celle prévue.

Si la vitesse d'entraînement augmente, les cercles se déforment et tendent vers un U à axe horizontal dont la convexité est tournée vers l'amont et le sommet fixe; si elle diminue, les cavités décroissent et se résorbent sur place les unes après les autres à partir du bas.

La génératrice d'alignement du front des bulles est située à la limite des courants de retour, côté dépression, donc en L'; en effectuant des mesures, on peut conclure qu'il y règne sensiblement la pression théorique, de l'ordre de 0 à — 100 g : cm pour notre appareil. Il faut donc admettre que les cavités sont alimentées, soit par un dégazage du fluide employé (huile de vaseline, $\eta = 0,3$ poises environ), soit par l'apport de très petites bulles élémentaires.

B. *Champ de vitesse.* — Si l'on s'attache à suivre les particules ou les filets colorés qui permettent la visualisation des lignes de courant, on constate l'existence de filets de retour. Leurs caractéristiques dimensionnelles sont naturellement indépendantes de la viscosité et de la vitesse. Les particules se meuvent symétriquement par rapport au plan contenant les axes des deux cylindres, mais atteignent de moins en moins nombreuses les génératrices les plus éloignées de B (épaisseur maxima). Le mouvement est plan, sauf aux extrémités de chacune des trajectoires où les vitesses

([2]) *Thèse*, Paris, 1950.

ont une composante parallèle aux axes, croissant avec la distance à B du point considéré, et une composante radiale, puisque le fluide doit se rapprocher de l'enceinte externe pour le retour. La trace d'une particule sur un plan perpendiculaire aux axes est donc un anneau fermé, les différents anneaux s'entourant les uns les autres. On peut montrer de façon indirecte la nécessité de ces anneaux en injectant au droit de B du colorant par la paroi externe; le colorant n'intéresse que la zone LBL′ sur une certaine épaisseur, car le fluide qui participe à l'écoulement général en reste indemne. C'est une preuve de l'existence des vitesses radiales puisque, le mouvement étant permanent, les trajectoires aller-retour ne peuvent être confondues; accessoirement c'est aussi un critère du fait que le régime reste laminaire.

Or ces composantes radiales ou axiales sont négligées par hypothèse, alors qu'elles deviennent prépondérantes pour tous les points voisins de la ligne où s'opère le renversement des vitesses d'écoulement.

*Conclusion.* — L'étude du viscosimètre à coin d'huile nous a permis de vérifier les hypothèses de Reynolds dans la zone exempte de courants de retour.

Dans l'autre zone, une partie du fluide circule en anneaux fermés, isolée du mouvement général. Les conditions de fermeture de ces anneaux imposent des vitesses radiales dont ne tient pas compte la théorie.

Sur les génératrices L et L′ limitant la zone des courants de retour, on observe :

*a.* des vitesses axiales du côté pression,

*b.* des bulles stables et immobiles côté dépression dynamique, si la valeur absolue de cette dernière est supérieure à la pression d'alimentation statique.

Il semblerait souhaitable de tenir compte, et de ces vitesses à trois composantes réelles, et de l'existence de cavités d'emplacement bien déterminé pour une représentation correcte des pressions dans la zone des courants de retour. Il nous semble particulièrement utile d'étudier l'emplacement de ces cavités dans les paliers genre tête de bielle où les côtés pression et dépression échangent brusquement leur rôle sous l'influence d'efforts alternatifs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Existe-t-il dans la théorie de la particule à spin 1 de M. de Broglie une grandeur analogue au vecteur de Hertz ?* Note (*) de M. V. S. **Vrkljan**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. On sait que la théorie de M. de Broglie ([1]) sur la particule à spin 1

(*) Séance du 19 février 1951.

([1]) L. de Broglie, *Mécanique ondulatoire du photon*, 1949, p. 38-41.

contient deux groupes d'équations qui se distinguent entre elles par le fait que dans l'un de ces groupes apparaissent les grandeurs maxwelliennes, tandis que dans l'autre apparaissent les grandeurs non maxwelliennes. Le premier groupe a la forme suivante :

$$(1) \quad \begin{cases} \mathbf{H} = \operatorname{rot}\mathbf{A}, & \mathbf{E} = -\operatorname{grad}\mathcal{V} - \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial\mathbf{A}}{\partial t}, \\ \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial\mathbf{E}}{\partial t} = \operatorname{rot}\mathbf{H} + k_0^2\mathbf{A}, & \operatorname{div}\mathbf{E} = -k_0^2\mathcal{V}, \end{cases}$$

et de ces équations peuvent ensuite être déduites les équations

$$-\frac{1}{c}\frac{\partial\mathbf{H}}{\partial t} = \operatorname{rot}\mathbf{E}, \qquad \operatorname{div}\mathbf{H} = 0, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{V}}{\partial t} + \operatorname{div}\mathbf{A} = 0,$$

tandis que l'autre groupe a la forme

$$(2) \qquad \operatorname{grad}\mathcal{J}_2 = ik_0\mathbf{U}, \qquad -\frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{J}_2}{\partial t} = ik_0\mathcal{U}_4, \qquad \operatorname{div}\mathbf{U} + \frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{U}_4}{\partial t} = -ik_0\mathcal{J}_2$$

[à quoi s'ajoutent encore les équations

$$\operatorname{rot}\mathbf{U} = 0, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\mathbf{U}}{\partial t} + \operatorname{grad}\mathcal{U}_4 = c,$$

qui peuvent, autrement, être déduites de (2)].

Dans cette Note on démontre que toutes les grandeurs maxwelliennes peuvent être représentées par un vecteur qui correspond au vecteur de Hertz [2] de la théorie de Maxwell, tandis que les grandeurs non maxwelliennes peuvent être représentées par un scalaire. En réalité, si l'on pose

$$\mathbf{E} = \operatorname{rot}\operatorname{rot}\mathbf{Z} + k_0^2\mathbf{Z}, \qquad \mathbf{A} = \frac{1}{c}\frac{\partial\mathbf{Z}}{\partial t},$$

on se persuade facilement ou que les équations (1) sont identiquement satisfaites ou qu'elles nous conduisent à l'équation

$$(4) \qquad \square\mathbf{Z} + k_0^2\mathbf{Z} = 0,$$

qui a une forme tout à fait analogue pour la grandeur $\mathbf{Z}$ à l'équation que satisfont toutes les grandeurs maxwelliennes [3]. De même, si nous posons

$$(5) \qquad \mathbf{U} = \operatorname{grad} S, \qquad \mathcal{U}_4 = -\frac{1}{c}\frac{\partial S}{\partial t}, \qquad \mathcal{J}_2 = ik_0 S,$$

nous pouvons nous convaincre facilement ou que toutes les équations (2) sont

---

([2]) H. Hertz, *Ann. Phys. Chem.*, **36**, 1889, resp. **272**, p. 1-22; *voir* aussi A. Sommerfeld, *Atombau u. Spektrallinien*, 1921, p. 521; 1922, p. 693.

([3]) *Voir* ([1]), p. 39.

identiquement satisfaites ou qu'elles conduisent à l'équation

$$\Box S + k_0^2 S = 0. \tag{6}$$

De cette façon nous arrivons à l'équation que satisfont toutes les grandeurs non maxwelliennes de la théorie de la particule à spin 1 de M. de Broglie ([4]).

Donc, nous pouvons dire que la différence essentielle entre les grandeurs maxwelliennes et non maxwelliennes de la théorie de la particule à spin 1 de M. de Broglie consiste dans le fait que les premières se laissent représenter par un vecteur (analogue à celui de Hertz), tandis que les autres se laissent représenter par un scalaire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la création de paires électrons-positons dans les processus de collisions entre particules de spin $\hbar/2$.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul de la section efficace différentielle correspondant au processus dans lequel une paire électron-positon est créée au cours du choc de deux particules de spin $\hbar/2$.

La création des paires électrons-positons dans les collisions entre corpuscules chargés rapides et noyaux atomiques a déjà été étudiée par de nombreux auteurs ([1]). L'observation de ce phénomène dans les traces provoquées par le passage des rayons cosmiques à travers les émulsions photographiques nous a conduit à en reprendre l'étude dans le formalisme covariant appliqué à la méthode des perturbations classique. Nous nous bornerons ici au cas du choc entre corpuscules de Dirac de spin $\hbar/2$, initialement et finalement libres et représentés par des ondes planes.

Suivant le schéma usuel de la théorie du positon, nous considérerons deux particules A et B, initialement dans des états d'ondes planes à énergies positives $A_0$ et $B_0$, d'énergies, impulsions et masses réduites $K_{A_0}$, $\mathbf{K}_{A_0}$, $\mu_A$, $K_{B_0}$, $\mathbf{K}_{B_0}$, $\mu_B$, d'amplitudes $U_{A_0}$, $U_{B_0}$ et une particule E initialement dans l'état à énergie négative $E_1$ inobservable $(-K_1, -\mathbf{K}_1, \mu_e; U_1)$. Par l'intervention de deux couplages coulombiens créés par des champs de particules neutres $C_0$, $C_1$ de masses propres réduites $\mu_{C_0}$, $\mu_{C_1}$, entre A et E puis entre E et B, les particules A, B, E se trouvent finalement dans les états d'ondes planes à énergies positives $A_1(K_{A_1}, \mathbf{K}_{A_1}, \mu_A; U_{A_1})$, $B_1(K_{B_1}, \mathbf{K}_{B_1}, \mu_B; U_{B_1})$ et $E_2(K_2, \mathbf{K}_2, \mu_e; U_2)$, l'état $E_1$, maintenant inoccupé se manifestant sous l'aspect d'un positon. Le processus

---

([4]) *Voir* ([1]), p. 40.

([1]) *Voir* notamment H. J. Bhabha, *Proc. Roy. Soc. London*, A 152, 1935, p. 559 et *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 394; G. Racah, *Nuovo Cimento*, 13, 1936, p. 66 et 14, 1937, p. 93.

global résultera de deux processus élémentaires. Dans le premier, le champ $C_0$ par interaction coulombienne entre A et B amène $A_0$ à l'état final $A_1$ et E de $E_1$ à l'état intermédiaire $E_{p'}$, $(K_{p'}, \mathbf{K}_{p'}, \mu_e; U_{p'})$ puis l'intervention du champ $C_1$ par couplage coulombien entre E et B amène ces corpuscules à l'état final $E_2$ et $B_1$. Dans le second processus, il y a d'abord action de $C_1$ amenant E de l'état $E_1$ au second état intermédiaire $E_{p''}(K_{p''}, \mathbf{K}_{p''}, \mu_e; U_{p''})$ et B de $B_0$ à $B_1$, puis l'action de $C_0$ fait passer E de $E_{p''}$ à $E_2$ et A de $A_0$ à $A_1$. La conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement dans le processus global nous donne

$$K_{A_0}+K_{B_0}=K_{A_1}+K_{B_1}+K_1+K_2; \qquad \mathbf{K}_{A_0}+\mathbf{K}_{B_0}=\mathbf{K}_{A_1}+\mathbf{K}_{B_1}+\mathbf{K}_1+\mathbf{K}_2.$$

Les amplitudes $U_i$ seront solutions des équations $[K_i+(\mathbf{K}_i\boldsymbol{\alpha})+\mu_i\alpha_4]U_i=0$; $(i=A_0, A_1, B_0, B_1, 1, 2, p', p'')$; $(\mu_2=\mu_{p'}=\mu_{p''}=\mu_e,\ \mu_1=-\mu_e)$.

Nous poserons $\Lambda_i=K_i-(\mathbf{K}_i\boldsymbol{\alpha})-\mu_i\alpha_4$.

Utilisant des notations que nous avons introduites précédemment dans l'étude covariante de divers processus de collisions, nous écrirons

$$K_{ij}=-K_iK_j+(\mathbf{K}_i\mathbf{K}_j); \qquad q_{ij}=K_{ij}+\mu_i\mu_j; \qquad K_{ii}=-\mu_i^2; \qquad q_{ii}=0.$$

Nous représenterons les interactions coulombiennes par des matrices du type de Møller généralisé de la forme

$$g_{C_0A}\,g_{C_0E}\,\frac{U^*_{A_0}(\omega_A)^\lambda U_{A_1}U^*_1(\omega_E)_\lambda U_{p'}}{(K_{A_0}-K_{A_1})^2-(\mathbf{K}_{A_0}-\mathbf{K}_{A_1})^2-\mu^2_{C_0}},$$

$g_{C_0i}$, $g_{C_1i}$ $(i=A, B, 1, 2)$ représentent les constantes de couplage champs-corpuscules (les charges dans le cas électromagnétique). $(\omega_A)^\lambda(\omega_E)_\lambda$ est un invariant construit sur des matrices $(\omega_A)^\lambda$, $(\omega_E)_\lambda$ caractéristiques des corpuscules A, B et dont la variance est celle du type tensoriel du champ $C_0$ ou $C_1$.

L'élément de matrice global s'écrit

$$H'^{(1)}=\frac{g_{C_0A}\,g_{C_1B}}{\hbar c}\,\frac{U^*_{A_0}(\omega_A)^\lambda U_{A_1}U^*_{B_0}(\omega_B)^\varkappa U_{B_1}}{(2q_{A_0A_1}-\mu^2_{C_0})(2q_{B_0B_1}-\mu^2_{C_1})}$$
$$\times\left\{g_{C_01}\,g_{C_12}\,\frac{U^*_1(\omega_E)_\lambda U_{p'}U^*_{p'}(\omega_E)_\varkappa U_2}{K_{A_0}-K_{A_1}-K_1-K_{p'}}+g_{C_02}\,g_{C_11}\,\frac{U^*_1(\omega_E)_\varkappa U_{p''}U^*_{p''}(\omega_E)_\lambda U_2}{K_{B_0}-K_{B_1}-K_1-K_{p''}}\right\},$$

$$H'^{(1)}=\frac{g_{C_0A}\,g_{C_1B}}{2\hbar c}\,\frac{U^*_{A_0}(\omega_A)^\lambda U_{A_1}U^*_{B_0}(\omega_B)^\varkappa U_{B_1}}{(2q_{A_0A_1}-\mu^2_{C_0})(2q_{B_0B_1}-\mu^2_{C_1})}$$
$$\times\left\{g_{C_01}\,g_{C_12}\,\frac{U^*_1(\omega_E)_\lambda(\Lambda_{A_0}-\Lambda_{A_1}-\Lambda_1)(\omega_E)_\varkappa U_2}{q_{A_0A_1}+q_{1A_0}-q_{1A_1}}+g_{C_02}\,g_{C_11}\,\frac{U^*_1(\omega_E)_\varkappa(\Lambda_{B_0}-\Lambda_{B_1}-\Lambda_1)(\omega_E)_\lambda U_2}{q_{B_0B_1}+q_{1B_0}-q_{1B_1}}\right\}.$$

Cet élément de matrice correspond au cas où les corpuscules A, B, E sont discernables. Dans le cas de non-discernabilité partielle ou complète, l'intervention du principe de Pauli conduit à remplacer $H'^{(1)}$ ci-dessus par l'expression correspondante rendue antisymétrique par rapport aux indices des corpuscules identiques. Il en résulte quatre problèmes distincts : (I) A, B, E discernables; (II) A et B identiques mais discernables de E; (III) A et E identiques mais discernables de B; (IV) A, B, E identiques.

Le calcul de la section efficace différentielle de la création de la paire $E_1$, $E_2$ avec recul de B dans la direction $\mathbf{K}_{B_1}$ à pour expression

$$d\sigma = \frac{|S|^2}{(2\pi)^8 \hbar^2 c^2} \frac{|\mathbf{K}_1| |\mathbf{K}_2| |\mathbf{K}_{B_1}|^3 dk_1 dk_2 d\Omega_{\mathbf{k}_1} d\Omega_{\mathbf{k}_2} d\Omega_{\mathbf{k}_{B_1}}}{[(K_{A_0B_0})^2 - \mu_A^2\mu_B^2]^{\frac{1}{2}} |\mathbf{K}_{B_1}(K_{A_1}\mathbf{K}_{B_1} - K_{B_1}\mathbf{K}_{A_1})|}$$

avec $|S|^2 = K_{A_0}K_{B_0}K_{A_1}K_{B_1}K_1K_2 \overline{|H'^{(1)}|^2}$.

Nous évaluerons $|S|^2$ dans le cas où les interactions étant du type électromagnétique coulombien ($\mu_{C_0} \to 0$, $\mu_{C_1} \to 0$), les trois corpuscule A, B, E sont discernables (Cas I). Nous avons ici

$$g_{C_0A} = Z_A e, \quad g_{C_1B} = Z_B e; \quad g_{C_11} = g_{C_12} = g_{C_01} = g_{C_02} = e; \quad (\omega_A)^\lambda(\omega_E)_\lambda = (1_A)(1_E) - (\alpha_A)(\alpha_E).$$

Nous poserons

$$G = (2q_{A_0A_1} - \mu_{C_0}^2)(2q_{B_0B_1} - \mu_{C_1}^2); \qquad \Delta_A = q_{A_0A_1} + \mu_A^2, \qquad \Delta_B = q_{B_0B_1} + \mu_B^2,$$
$$D_{1A} = D_{2B} = q_{A_0A_1} + q_{1A_0} - q_{1A_1} = q_{B_0B_1} + q_{2B_0} - q_{2B_1};$$
$$D_{1B} = D_{2A} = q_{B_0B_1} + q_{1B_0} - q_{1B_1} = q_{A_0A_1} + q_{2A_0} - q_{2A_1},$$
$$K_C^\mu = K_{A_0}^\mu - K_{A_1}^\mu; \qquad K_D^\mu = K_{B_0}^\mu - K_{B_1}^\mu; \qquad q_{Ci} = q_{A_0i} - q_{A_1i} = K_{A_0i} - K_{A_1i};$$
$$q_{Di} = q_{B_0i} - q_{B_1i} = K_{B_0i} - K_{B_1i}, \qquad q_{1C}q_{2C} + q_{A_0A_1}q_{12} = q_{1D}q_{2D} + q_{B_0B_1}q_{12};$$
$$q_{A_0A_1} + q_{2C} = q_{B_0B_1} + q_{1D},$$
$$K_{ij,kl} = K_{ik}K_{jl} + K_{il}K_{jk} - q_{ij}K_{kl} \qquad (i, j, k, l, m, n = A_0, B_0, A_1, B_1, 1, 2)$$
$$K_{ij,kl,mn} = K_{im}K_{kl,jn} + K_{jm}K_{kl,in} - q_{ij}K_{kl,mn}$$
$$= K_{kn,ij,lm} + K_{ln}K_{ij,km} - q_{kl}K_{ij,nm} = K_{kl,ij,nm}$$
$$K_{A_0A_1,iC} = 0, \qquad K_{B_0B_1,iD} = 0, \qquad K_{A_0A_1,B_0B_1,iD} = 0, \qquad K_{A_0A_1,B_0B_1,Ci} = 0.$$

On obtient alors par un calcul de trace

$$|S|^2 = 8Z_A^2Z_B^2 e^8(2\hbar c G)^{-2}[(D_{1A})^{-2}P + (D_{1B})^{-2}Q - (D_{1A}D_1\ )^{-1}R]$$

$$P = \Delta_A\Delta_B(q_{1C}q_{2C} + q_{A_0A_1}q_{12}) - K_{A_0A_1,11}K_{B_0B_1,22} + (q_{A_0A_1} + q_{1C})K_{A_0A_1,B_0B_1,12}$$
$$+ \Delta_A[q_{1C}K_{B_0B_1,22} + (q_{A_0A_1} + q_{1C})K_{B_0B_1,12}] + \Delta_B[q_{2D}K_{A_0A_1,11} + (q_{A_0A_1} + q_{1C})K_{A_0A_1,12}],$$
$$Q = \Delta_A\Delta_B(q_{1C}q_{2C} + q_{A_0A_1}q_{12}) - K_{A_0A_1,22}K_{B_0B_1,11} + (q_{A_0A_1} + q_{2C})K_{A_0A_1,B_0B_1,21}$$
$$+ \Delta_A[q_{2C}K_{B_0B_1,11} + (q_{A_0A_1} + q_{2C})K_{B_0B_1,12}] + \Delta_B[q_{1D}K_{A_0A_1,22} + (q_{A_0A_1} + q_{2C})K_{A_0A_1,12}],$$
$$R = (q_{1C}q_{2C} + q_{A_0A_1}q_{12})(K_{A_0A_1,B_0B_1} + K_{B_0B_1,A_0A_1} - \mu_A^2\Delta_B - \mu_B^2\Delta_A) + 2K_{A_0A_1,12}K_{B_0B_1,12}$$
$$+ \Delta_A[q_{2D}K_{B_0B_1,11} + q_{1D}K_{B_0B_1,22} + (2q_{12} - q_{CD})K_{B_0B_1,12}]$$
$$+ \Delta_B[q_{2C}K_{A_0A_1,11} + q_{1C}K_{A_0A_1,22} + (2q_{12} - q_{CD})K_{A_0A_1,12}]$$
$$- (q_{1C} + q_{A_0A_1})K_{A_0A_1,B_0B_1,21} - (q_{2C} + q_{A_0A_1})K_{A_0A_1,B_0B_1,12}.$$

PYROTECHNIE. — *Action des sels de potassium sur la vitesse de combustion des poudres colloïdales*. Note de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Les auteurs publient les résultats d'expériences exécutées peu avant la dernière guerre et qui montrent que l'addition d'un sel de potassium (bitartrate ou sel dipotassique du 1 naphtol 2-4 nitro 7 sulfo) à une poudre colloïdale a pour effet d'augmenter de 15 à 20 % la vitesse de combustion, malgré l'abaissement de la température d'explosion.

L'étude dans une bombe Vieille de la vitesse de combustion de divers échantillons de poudre sans dissolvant additionnés, en vue de la suppression

des lueurs, soit de bitartrate de potassium, soit du sel dipotassique du 1 naphtol 2-4 nitro 7 sulfo (jaune naphtol OS) ([1]), étude exécutée peu avant la dernière guerre, nous a montré que *l'addition d'un sel de potassium a pour effet d'augmenter très notablement la vitesse de combustion de la poudre.* Voici quelques résultats expérimentaux datant de 1939 mais non encore publiés :

La poudre type utilisée (échanlillon A) avait la composition suivante : 91 % d'un mélange CP-NG à 27,5 % de nitroglycérine, 8,5 % de centralite et 0,5 % d'acide stéarique. Le CP utilisé titrait 11,7 % d'azote. Les échantillons B, C, D et E ont été préparés en ajoutant en sus à cette composition soit 5 % de bitartrate de K, soit de 5 à 10 % du sel dipotassique du jaune OS. Les tirs ont été exécutés à la densité de chargement de 0,2. Voici les résultats obtenus (nous rappellerons que $1000/K_2$ représente la vitesse de combustion, diminution d'épaisseur en mm : s, sous une pression constante de 1000 kg : $cm^2$ ([2]).

Échantillon A type, pression : 2285 kg : $cm^2$, $1000/K_2$ : 107,0.

Échantillon B 5 % de bitartrate : 2070 kg : $cm^2$, $1000/K_2$ : 121,4, augmentation de vivacité : + 13,5 %.

Échantillon C 5 % de jaune naphtol : 2016 kg : $cm^2$, $1000/K_2$ : 128, augmentation de vivacité : + 19,8 %.

Échantillon D 7 % de jaune naphtol : 2072 kg : $cm^2$, $1000/K_2$ : 139, augmentation de vivacité : + 20,6 %.

Échantillon E 10 % de jaune naphtol : 2000 kg : $cm^2$, $1000/K_2$ : 127,8, augmentation de vivacité : + 19,4 %.

L'augmentation de vivacité d'environ 20 % due à l'addition du sel dipotassique du jaune OS paraît être indépendante du taux du sel de K ajouté. Comme on pouvait émettre l'hypothèse que le sel de potassium n'agit qu'en modifiant la contexture du colloïde, nous avons fait préparer un échantillon dans lequel les 5 % de bitartrate étaient remplacés par 5 % de carbonate de chaux. Voici les résultats obtenus : pression maximum 2040 kg : $cm^2$, $1000/K_2$ : 92,5, *diminution* de la vivacité : — 13,6 %.

*L'addition du carbonate de chaux a donc entraîné non une augmentation mais une diminution de* 13 % *de la vivacité*. L'addition du sel de potassium ayant pour effet de diminuer la force de la poudre, nous avons fait préparer un échantillon dans lequel le taux de centralite avait été abaissé de 8,5 à 5,4 %. Voici le résultat des tirs : pression maximum 2251 kg : $cm^2$ $1000/K_2$ : 149,1. A température d'ex-

---

([1]) Nous avons, en 1939, proposé l'addition de ce sel qui présente l'avantage de ne pas attaquer, comme le bitartrate de potassium, le métal des laminoirs. *Voir* KOVACHE et FICHEROULLE, *Mémorial des Poudres*, 31, 1949, p. 264. Sur l'action antilueur des sels de potassium. Voir *Cahiers de Physique*, 2e série, 1942, p. 9.

([2]) *La Technique Moderne*, 23, 1931, p. 177; *Mémorial de l'Artillerie française*, 22, 1948, p. 517.

plosion approximativement égale, l'addition du sel de K a donc eu pour effet d'augmenter la vivacité de 39,4 %. Comment expliquer l'action remarquable du sel de K ? Il est infiniment probable que dans la couche gazeuse en contact avec la poudre, couche dont la température et la pression règlent la vitesse de combustion, les réactions ne sont pas terminées. Le potassium agirait en accélérant catalytiquement l'obtention de l'équilibre thermodynamique, en favorisant par exemple la réduction du NO. La loi de combustion des poudres colloïdales étant, comme nous l'avons montré, de la forme $V = a + bP$, il reste à rechercher si l'action du sel de potassium se fait également sentir sur $a$ et sur $b$. Si l'action ne s'exerçait que sur $b$, l'augmentation de vivacité, due à l'incorporation d'un sel de K dans la poudre, devrait être plus faible aux basses pressions.

Il reste également à rechercher si l'action accélératrice des sels de K n'est pas plus faible pour les poudres à haute température d'explosion (T voisin de 4000° K) pour lesquels l'équilibre thermodynamique est probablement atteint plus rapidement.

MAGNÉTISME. — *Sur le ferromagnétisme de la phase* $\beta_1$ *des alliages* Co — Zn. Note de MM. **André J. P. Meyer** et **Pierre Taglang**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le diagramme des alliages Co — Zn, établi par J. Schramm [1], montre qu'il n'existe pas de solution solide de Zn dans Co à basse température; il révèle par contre l'existence d'une phase ferromagnétique $\beta_1$, stable entre 48 et 56,5 % atomique de Zn dont la structure est celle de Mn — $\beta$ (type A 13 d'Ewald). Le titre électronique moyen de ces alliages dépassant celui de la limite d'apparition du ferromagnétisme déduite de l'étude des alliages nickel-cuivre, nous avons entrepris l'étude magnétique de ces alliages.

Leur préparation est très délicate par suite de la forte pression de vapeur du zinc. Cette difficulté peut être tournée de la façon suivante : on prépare un alliage à concentration en Zn supérieure à celle de la limite de la phase $\beta_1$, on diminue ensuite progressivement la concentration en Zn par évaporation à haute température sous vide et traitements thermiques correspondants. Notre alliage de départ à 60 % atomique de Zn a été préparé par fusion sous pression dans un four haute fréquence à partir de cobalt électrolytique et de zinc Merck très pur.

Nous avons procédé par huit étapes successives. Les points de Curie et moments à saturation observés pour les différentes concentrations en zinc sont rassemblés dans le tableau suivant et dans la figure 1.

---

(1) J. Schramm, *Zeitschr. f. Metallkunde*, 33, 1941, p. 46.

| Composition (% at. Zn). | θ (°C). | Aimantation spécifique. | Moment moyen ($\mu_B$). |
|---|---|---|---|
| 60 | 129 | – | – |
| 57 | 129 | 39,7 | 0,44 |
| 55,7 | 130 | 41,9 | 0,47 |
| 54,9 | 129 | 43,2 | 0,49 |
| 53,0 | 138 | 43,3 | 0,49 |
| 51,4 | 145 | 44,7 | 0,50 |
| 49,5 | 164 | 44,5 | 0,50 |
| 45,0 | 198 et 743 | – | – |
| 42,0 | 197 et 742 | – | – |

Les points de Curie que nous avons observés coïncident sensiblement avec ceux indiqués par J. Schramm.

L'examen des courbes représentant les moments et points de Curie en fonction de la concentration en Zn (*fig.* 1) nous permet de situer entre 48 et 55 % atomique Zn le domaine d'existence de la phase étudiée dont la limite supérieure est située plus bas que ne l'indiquait J. Schramm (56,5 % atomique Zn).

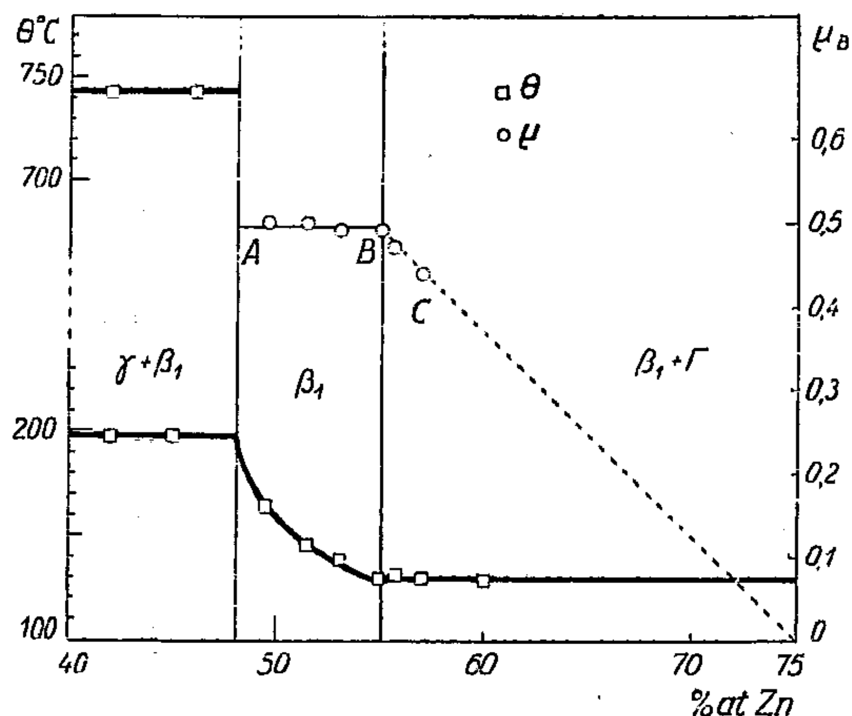



Fig. 1.

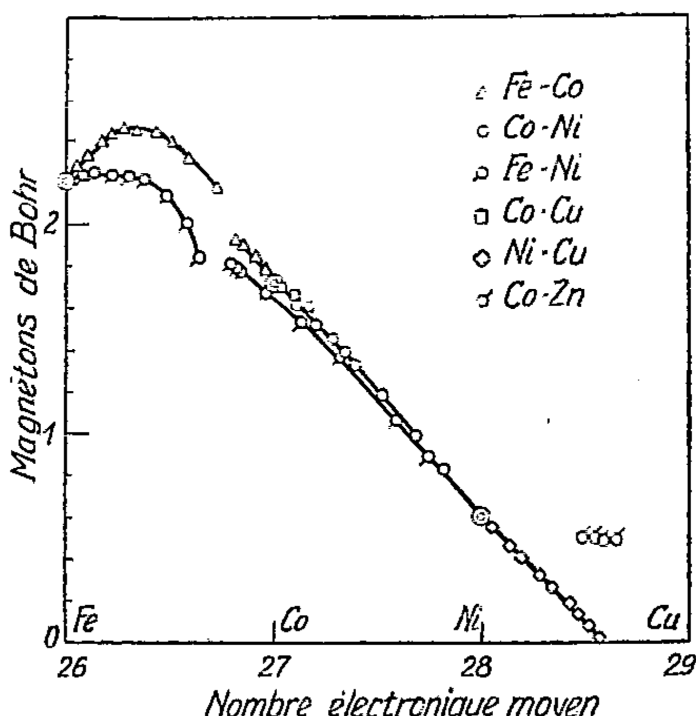



Fig. 2.

La courbe représentant les moments en fonction de la concentration se décompose en deux parties :

1° La droite BC qui correspond au mélange des deux phases $\beta_1$ et Γ.

Elle s'extrapole pour $\mu = 0$ vers la limite d'existence du mélange à 75 % atomique Zn.

2° La droite AB qui correspond à la phase ferromagnétique $\beta_1$. Le moment moyen de ces alliages semble rester constant. Ce moment élevé se situe nettement en dehors de la courbe générale des moments ferromagnétiques, comme permet de le reconnaître la figure 2. La constance du moment de ces alliages

et leur valeur élevée malgré la forte concentration électronique due au Zn peut être expliquée de la façon suivante : le zinc introduit dans le cobalt abandonne des électrons libres qui permettent au Co d'adopter son état normal $3d^9$. L'atome de cobalt ne pouvant lier davantage d'électrons sans passer à un état ionisé négativement, il en résulte un moment de 1 $\mu_B$ par atome de Co, soit pour des alliages aux environs de la composition équiatomique, un moment moyen de 0,5 $\mu_B$.

La complexité du réseau de type Mn-β ne permet guère une discussion plus détaillée des résultats. Signalons cependant que le paramètre du réseau mesuré par J. Schramm croît linéairement de 6,30 à 6,33 Å à l'intérieur de la phase $\beta_1$, ce qui correspondrait à l'existence des distances suivantes entre plus proches voisins : 2,36, 2,53, 2,60, 2,66 et 2,67 Å, dont au moins celle de 2,53 Å peut certainement correspondre à une intégrale d'échange positive entre atomes de cobalt.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la variation de la vitesse de propagation des ondes radioélectriques.* Note de M^me **Anna Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

D'après l'étude des échos radioélectriques autour de la Terre, on trouve 290000 km : sec pour la vitesse apparente des ondes courtes, valeur indépendante des variations journalières et saisonnières. On propose quelquefois de l'utiliser dans tous les cas.

L'enregistrement des signaux horaires (1) donne pour les vitesses : directe (ondes venant par l'arc le plus court du grand cercle) et de superpropagation (ondes venant par l'arc le plus long du grand cercle) les valeurs suivantes :

$$v_d = 272500 \text{ km : sec}, \qquad v_s = 283600 \text{ km : sec}.$$

Étant donné que la précision de la réception des signaux a considérablement augmenté au cours des dernières années, je me suis proposé d'utiliser ces résultats nouveaux pour la détermination de la vitesse apparente. Les résultats de la réception des signaux horaires d'Annapolis et de Pontoise à 8 h T. U. à Paris et à Washington durant la période 1944-1949, compte tenu du retard à l'enregistrement, donnent pour la vitesse apparente (distance 12237 km)

$$v_d = 271317 \text{ km : sec}.$$

Cette valeur confirme les résultats précédents.

Donc, la vitesse apparente des ondes courtes d'après la réception bilatérale des signaux horaires diffère considérablement de celle déterminée d'après les échos autour de la Terre. De plus, on remarque l'existence d'une variation

(1) N. Stoyko, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 784.

saisonnière très nette de la durée de propagation ($\tau_0$), dont les valeurs sont données dans le tableau I.

TABLEAU I.

| | J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. | S. | O. | N. | D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\tau_0$.... | $0^s,0442$ | 443 | 454 | 469 | 472 | 466 | 468 | 461 | 461 | 454 | 447 | 442 |
| $\tau_c$.... | 443 | 448 | 454 | 463 | 468 | 471 | 469 | 465 | 461 | 450 | 444 | 442 |
| $D_j$.... | 0,49 | 2,09 | 3,89 | 6,49 | 7,89 | 8,69 | 8,09 | 7,09 | 5,69 | 2,69 | 0,69 | 0,29 |

Vu l'existence d'une relation linéaire entre la longueur du chemin éclairé par le Soleil ($D_j$), la hauteur de l'ionosphère et la fréquence maximum réfléchie sous incidence verticale, on ne peut pas séparer ces influences l'une de l'autre. C'est pourquoi j'ai étudié seulement la relation entre la durée de propagation et $D_j$ qui donne la corrélation la plus forte avec $\tau_0$ (0,91 par rapport à 0,82 et 0,80 respectivement). Les valeurs $D_j$ exprimées en milliers de kilomètres comme unités sont données dans le tableau I.

En utilisant la formule

$$\tau = \frac{D}{v_n} + \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_n}\right) D_j,$$

où $v_n$ et $v_j$ sont les vitesses apparentes de nuit et de jour, j'ai trouvé

$$\tau_c = 0^s,003\,606\,8\,D + 0^s,000\,337\,5\,D_j.$$

Donc

$$v_n = 277\,250 \text{ km : sec}, \qquad v_j = 253\,527 \text{ km : sec}.$$

J'ai fait, en plus, une nouvelle discussion des résultats de réception des ondes courtes pendant la période 1931-1939 ([2]). J'ai trouvé d'après l'ensemble de 141 équations (15 536 résultats individuels) :

$$\tau = 0^s,003\,591\,6\,D + 0^s,000\,240\,4\,D_j,$$

d'où

$$v_n = 278\,427 \text{ km : s}, \qquad v_j = 260\,960 \text{ km : s}.$$

La vitesse moyenne pondérée est égale à

$$v_d = 273\,000 \text{ km : s}.$$

Ces valeurs sont en accord avec la dernière détermination et montrent que la vitesse apparente des ondes radioélectriques n'est pas une constante.

Pour confirmer la variation de la vitesse apparente, j'ai étudié la réception à Paris des signaux horaires d'Annapolis entre 8 h et 22 h T. U. Ces réceptions permettent d'étudier seulement la variation de la durée de propagation en

([2]) N. STOYKO, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 139.

fonction de la variation de la distance éclairée par le Soleil. J'ai trouvé les relations suivantes :

$$\Delta_8 = +0^s{,}000\,167\,4\,D_j, \qquad \Delta_{10} = +0^s{,}000\,141\,5\,D_j,$$
$$\Delta_{12} = +0{,}000\,221\,6\,D_j, \qquad \Delta_{14} = +0{,}000\,126\,0\,D_j,$$
$$\Delta_{16} = +0{,}000\,169\,0\,D_j, \qquad \Delta_{18\text{-}20} = +0{,}000\,166\,5\,D_j,$$
$$\Delta_{22} = +0{,}000\,107\,2\,D_j, \qquad \Delta_m = +0{,}000\,157\,0\,D_j.$$

On peut adopter la valeur moyenne ($\Delta_m$), étant donnée la précision des résultats. La valeur du coefficient de $D_j$ trouvée ici est un peu plus petite que dans le cas de la détermination directe de la vitesse apparente des ondes.

Comme ces résultats sont rapportés à la moyenne journalière, l'existence d'un effet commun saisonnier devrait diminuer la valeur du coefficient calculé, comme le montre le calcul précédent.

Ainsi, la vitesse apparente de propagation des signaux radioélectriques, dans le cas normal, est beaucoup plus faible que la vitesse des échos autour de la Terre et, en plus, cette vitesse est variable.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie de la lentille électrostatique indépendante à électrode centrale elliptique.* Note (*) de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

On établit des formules explicites pour les trajectoires gaussiennes dans la lentille électrostatique elliptique.

Nous supposerons que la lentille est composée de trois électrodes infiniment minces, l'électrode centrale étant percée d'un trou elliptique et nous désignerons les plans de symétrie définis par les axes de l'ellipse par OX et OY. Nous admettrons en outre que la fonction $\varepsilon\ (z)$, représentant l'ellipticité du champ [1] est constante dans la région centrale de la lentille (la seule effectivement perturbée par l'ellipticité de la pièce centrale) et nulle dans les régions d'incidence et d'émergence. La théorie établie antérieurement [2], [3] pour les rayons principaux de Gauss peut alors être étendue au régime elliptique.

*a. Dans la région d'incidence,* le rayon chemine par hypothèse dans une lentille ronde. [3] donne alors la solution.

*b.* Par suite de l'ellipticité du champ, la trajectoire subira en général une rotation autour de l'axe *dans la région centrale* de la lentille et quittera par

(*) Séance du 30 avril 1951.

(1) F. Bertein, *Annales de Radioélectricité*, **2**, 1947, p. 379-408, et **3**, 1948, p. 49-62.

(2) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1311.

(3) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1262.

conséquent le méridien initial $\theta_0$. Néanmoins, les projections du mouvement de l'électron sur les deux plans de symétrie continueront à obéir à des relations analogues à celles établies en ([3]).

*c. Dans la région d'émergence,* on aura donc à faire à un rayon gauche, cheminant dans une lentille ronde. Les résultats exposés en ([3]) continueront à être applicables.

Le calcul effectué sur ces bases fournit pour les projections de la trajectoire de Gauss sur les plans de symétrie

$$
(1)\quad
\begin{cases}
\text{Région d'incidence :} \\
\qquad r_X = r_Y = r_0 \operatorname{ch}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin(z+z_0)\right]; \\
\text{Région centrale :} \\
\qquad r_X = A_X \cos\left[\sqrt{\dfrac{1-\varepsilon}{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha z - \varphi_X\right], \qquad r_Y = A_Y \cos\left[\sqrt{\dfrac{1+\varepsilon}{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha z - \varphi_Y\right]; \\
\text{Région d'émergence :} \\
\qquad r_X = B_X \begin{matrix}\operatorname{ch}\\ \operatorname{sh}\end{matrix}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z-z_0) - \psi_X\right], \qquad r_Y = B_Y \begin{matrix}\operatorname{ch}\\ \operatorname{sh}\end{matrix}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z-z_0) - \psi_Y\right].
\end{cases}
$$

La continuité des trajectoires et de leurs dérivées permet encore de déterminer les coefficients A, ..., $\psi$. On trouve

$$
(2)\quad
\begin{cases}
A_X^2 = r_0^2 \cos^2\theta_0(\operatorname{ch}^2\beta_0 + \lambda_X^2 \operatorname{sh}^2\beta_0), \qquad A_Y^2 = r_0^2 \sin^2\theta_0(\operatorname{ch}^2\beta_0 + \lambda_Y^2 \operatorname{sh}^2\beta_0); \\
\varphi_X = \gamma_{0X} - \alpha_{0X}, \qquad \varphi_Y = \gamma_{0Y} - \alpha_{0Y}; \\
B_X^2 = A_X^2\left|\left(1 + \dfrac{1}{\lambda_X^2}\right)\sin^2(\alpha_{0X} - \varphi_X) - 1\right|, \qquad B_Y^2 = A_Y^2\left|\left(1 + \dfrac{1}{\lambda_Y^2}\right)\sin^2(\alpha_{0Y} - \varphi_Y) - 1\right|; \\
\psi_X = \operatorname{arc\,th} \begin{matrix}\lambda_X \cot\\ \dfrac{1}{\lambda_X}\operatorname{tg}\end{matrix}(\alpha_{0X} - \varphi_X) - \beta_0, \qquad \psi_Y = \operatorname{arc\,th} \begin{matrix}\lambda_Y \cot\\ \dfrac{1}{\lambda_Y}\operatorname{tg}\end{matrix}(\alpha_{0Y} - \varphi_Y) - \beta_0;
\end{cases}
$$

avec

$$
\lambda_{X,Y}^2 = \frac{2}{1 \pm \varepsilon} \qquad \text{et} \qquad \operatorname{tg}\gamma_0 = \lambda \operatorname{th}\beta_0.
$$

Les relations (1) et (2) déterminent entièrement les trajectoires de Gauss de la lentille elliptique en fonction de sa structure géométrique et électrique et du paramètre $\theta_0$, fixant la position du méridien initial. En particulier les trajectoires situées initialement dans les plans de symétrie, y restent constamment.

Par suite de la petitesse de $\varepsilon$, il sera avantageux pour effectuer le calcul effectif des trajectoires, de les représenter par un développement en puissance de $\varepsilon$ :

$$
r_X = r_r[1 + \varepsilon g_1(x, z) + \varepsilon^2 g_2(x, z) + \varepsilon^3 g_3(x, z) + \ldots] \cos\theta_0,
$$
$$
r_Y = r_r[1 - \varepsilon g_1(x, z) + \varepsilon^2 g_2(x, z) - \varepsilon^3 g_3(x, z) + \ldots] \sin\theta_0,
$$

où $r_r$ représente le rayon de Gauss de la lentille ronde de paramètre $x$, calculé une fois pour toutes dans ([3]). Les fonctions $g(x, z)$ sont alors déterminées par

la structure de la lentille non perturbée et peuvent également être calculées une fois pour toutes.

On a par exemple pour $g_1(x, z)$ :

(4)

dans la région d'incidence :

$$g_1(x, z) = 0;$$

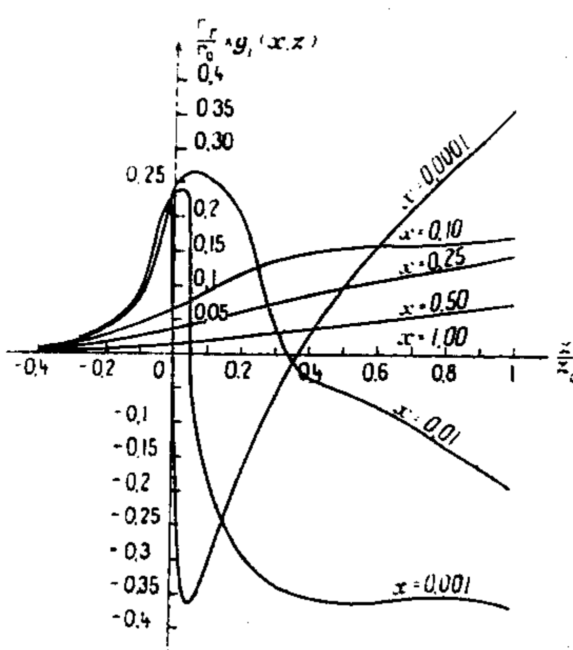
dans la région centrale :

$$g_1(x, z) = \sin^2\gamma_0 + \frac{1}{2}\left(\sqrt{2}\,\operatorname{arc\,sh}\alpha z + 2\alpha_0 + \sin 2\gamma_0\right)\operatorname{tg}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{arc\,sh}\alpha z - \varphi\right);$$

dans la région d'émergence :

$$g_1(x, z) = \sin^2\gamma_0 \pm \frac{A^2}{B^2}\sin^2(\alpha_0 - \varphi)\left[\frac{1}{\lambda^2} + \frac{\lambda^2 + 1}{2\lambda^2}\cot(\alpha_0 - \varphi)(4\alpha_0 + \sin 2\gamma_0)\right]$$
$$\pm \frac{A^2}{2\lambda B^2}[\sin 2(\alpha_0 - \varphi) + 4\alpha_0 + \sin 2\gamma_0]_{\text{coth}}^{\text{th}}\left[\frac{1}{\sqrt{2}}\arcsin\beta(z - z_0) - \psi\right].$$

La figure donne la valeur de l'expression $(r_r/r_0)\,g_1(x, z)$, représentant le terme correctif qui permet le passage de la lentille non perturbée à la lentille




elliptique lorsqu'on néglige les puissances de ε supérieures à 2. On voit que dans le domaine où la trajectoire de Gauss de la lentille ronde est oscillatoire, le terme correctif pourra lui-même présenter une allure oscillatoire.

SPECTROSCOPIE. — *Dispersion anomale du sulfure de carbone de part et d'autre de la fréquence fondamentale infrarouge à* 1523 cm$^{-1}$. Note (*) de Mme **Jacqueline Ramadier-Delbès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le sulfure de carbone présente une dispersion anomale très forte vers 1523 cm$^{-1}$. Les résultats obtenus complètent ceux de Pfund.

Nous avons étudié l'indice de réfraction de $CS_2$ en utilisant les spectres

(*) Séance du 7 mai 1951.

cannelés obtenus par interférences d'une mince couche de $CS_2$ au moyen d'un spectrographe Perkin-Elmer (5 à 15 μ).

L'interféromètre est constitué par un miroir et une lame de sel gemme semi-métallisée sur la face en contact avec le liquide et permet d'obtenir des épaisseurs variant de 15 à 40 μ.

L'absorption est considérablement réduite du fait de la faible épaisseur de la couche de $CS_2$. La méthode interférentielle permet d'obtenir l'indice de réfraction jusqu'à des longueurs d'ondes voisines du maximum d'absorption à 1523 $cm^{-1}$.

Si $n$ représente l'indice de la substance pour la longueur d'onde $\lambda$, $e$ l'épaisseur de la couche, $r$ l'angle de réfraction et $k$ l'ordre d'interférence, dans tout domaine spectral où l'on peut négliger l'indice d'extinction $\chi$, la position des maxima d'interférences s'exprime par la relation

$$2\,ne\cos r = k\lambda, \qquad \text{où} \quad nz = k\lambda,$$

en posant $z = 2e\cos r$. $z$ est calculé à partir des spectres cannelés obtenus au moyen d'un spectroscope visible. La méthode expérimentale utilisée, la détermination de l'ordre d'interférence par une méthode graphique ont été indiquées dans un travail précédent ([1]).

D'autre part, le sulfure de carbone possédant outre la bande à 1523 $cm^{-1}$, un certain nombre de bandes de combinaison dans la région étudiée, l'absorption due à ces bandes se superpose aux cannelures d'interférences. En semi-métallisant convenablement la lame de l'interféromètre, on arrive à diminuer l'absorption due aux bandes faibles.

Le problème étant en tout point semblable à celui de la dispersion de la calcite, dans la même région, on renvoie à l'article ([2]) pour l'étude des phénomènes se superposant aux interférences.

Les résultats expérimentaux sont portés sur la figure, la courbe en pointillé est celle obtenue par Pfund ([3]) en utilisant un prisme de petit angle (15°3′2″). La méthode interférentielle a l'avantage de mettre en évidence la grande variation de l'indice au voisinage de la forte bande d'absorption à 1523 $cm^{-1}$.

A l'intérieur même de la bande d'absorption, l'indice d'extinction a une valeur trop élevée pour être négligé et la formule $nz = k\lambda$ ne peut être utilisée. D'autre part, la valeur élevée du rapport $\Delta n/\Delta\lambda$ ($\Delta n$ représentant la variation de $n$ dans l'intervalle $\Delta\lambda$), provoque un resserrement des cannelures d'interférences qui n'ont pu être séparées avec le spectrographe utilisé.

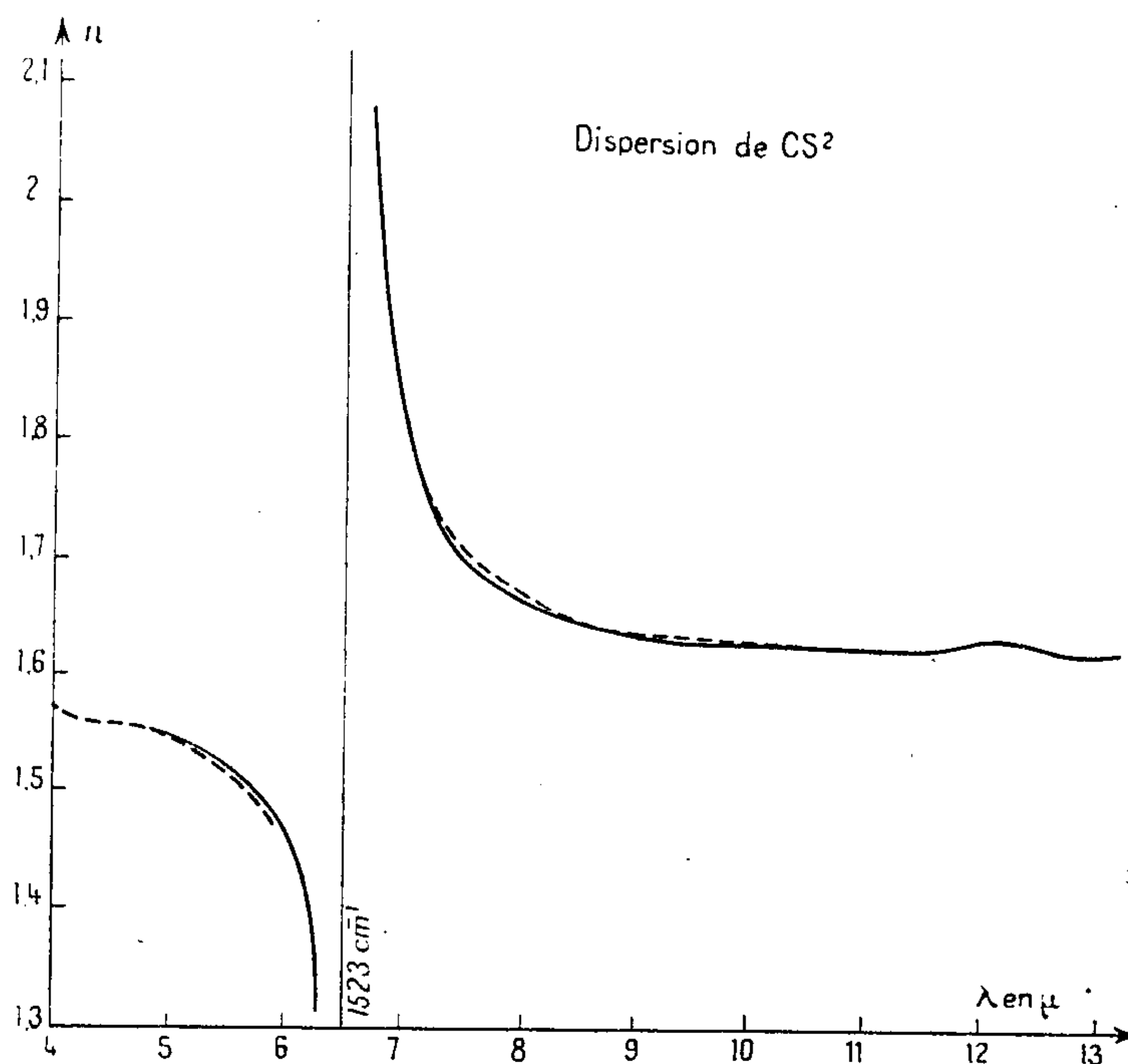
---

(1) *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 622.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1194.

(3) *J.O.S.A.*, **25**, 1935, p. 352.

La légère anomalie vers 12 μ, probablement due à la présence dans cette région d'une bande de combinaison à 878 cm⁻¹, est relativement faible, de




sorte que les résultats, analogues à ceux obtenus dans l'étude de l'indice de réfraction de la calcite semblent confirmer, que seules les fortes bandes d'absorption dues à des fréquences fondamentales provoquent des anomalies dans les courbes de dispersion.

PHOTOPHORÈSE. — *Sur la photophorèse transversale.* Note (*) de MM. **Félix Ehrenhaft** et **Ernst Reeger**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide du dispositif expérimental déjà décrit dans une précédente Communication (¹) on a exécuté des expériences sur la photophorèse qui se manifeste dans une direction transversale à celle du rayon lumineux (²).

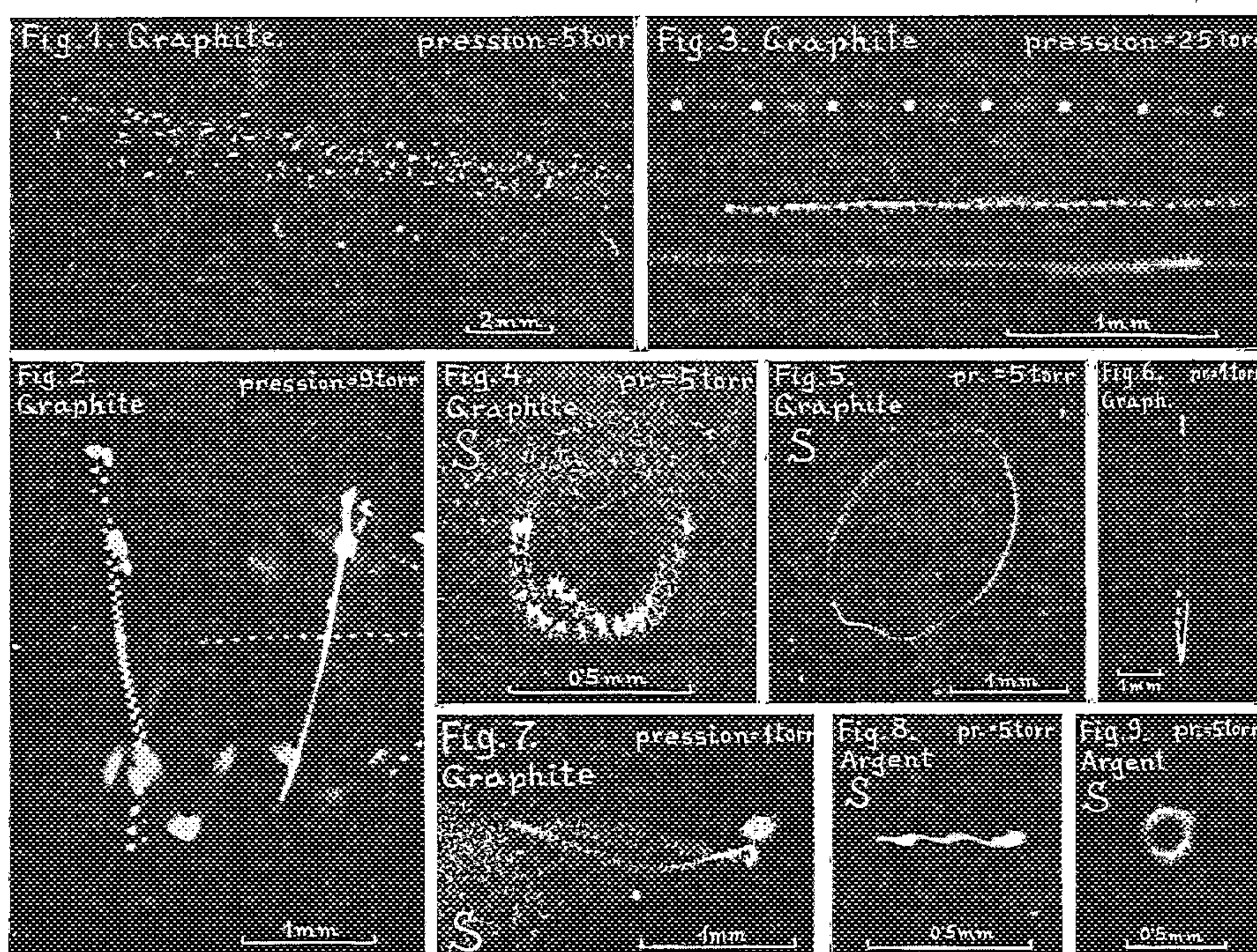
Les nouvelles expériences furent exécutées pour la plupart à l'aide de poudre de graphite dans l'air ou l'argon (pression 5 à 10 mm de Hg) en lumière solaire horizontale. Une partie des expériences ont été exécutées

(*) Séance du 7 mai 1951.

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1708.

(²) *Anzeiger* n° 9 *d. Wiener Akad. d. Wissenschaften*, 18 märz, 1920; R. Whytlaw-Gray et H. S. Patterson, *Smoke*, London. E. Arnold and Co, 1932.

à l'Observatoire du Sonnblick à 3100 m d'altitude (*cf.* photos marquées S). Ces phénomènes ne se produisent pas seulement avec le graphite, mais encore avec de nombreuses autres substances : métaux, métalloïdes et substances organiques. On observe de nombreuses particules dont la chute libre se trouve accélérée ou ralentie à la traversée du rayon lumineux. Pour de nombreuses particules la force qui s'exerce de bas en haut est telle que les particules s'élèvent jusqu'à atteindre la limite supérieure du faisceau, où elles restent en équilibre (*fig.* 1). Si, plongeant brutalement dans l'obscurité l'espace où se trouvent de telles particules on les amène en dessous de l'axe du faisceau, lorsqu'on rétablit la lumière elles regagnent




de nouveau la région supérieure (*fig.* 2); elles se déplacent donc d'abord vers le maximum, puis vers le minimum d'intensité lumineuse. Très souvent ce mouvement ascensionnel se produit suivant une trajectoire hélicoïdale (*fig.* 2, trajectoire de gauche). Les particules qui se maintiennent ainsi en équilibre à la limite supérieure du faisceau montrent des scintillations régulières (fréquence de 5 à 100 par seconde). La figure 3 a été réalisée en déplaçant l'appareil photographique, de sorte que les particules donnent, sur le film, des lignes ponctuées. Les interruptions régulières des trois lignes ainsi obtenues mettent en évidence les scintillations. Si l'on observe ces particules par le haut, on peut déceler la cause des scintillations : les particules décrivent des trajectoires circulaires ou analogues autour d'un

axe vertical. Les diamètres de ces trajectoires varient, le plus souvent, entre $5.10^{-3}$ et $5.10^{-2}$ cm. De telles trajectoires sont représentées sur cinq des figures, photographiées les unes d'en haut (*fig.* 4, 5, 9), les autres par le côté (*fig.* 7, 8). Le phénomène s'observe encore pour des pressions de 1 à 0,1 mm. A ces basses pressions cependant, de nombreuses particules ne se trouvent plus en équilibre à la limite supérieure du faisceau, mais exécutent pendant un certain temps (jusqu'à 20 mn) des oscillations verticales (*fig.* 6 et 7) ([3]). L'amplitude est de quelques millimètres, la fréquence varie de 5 à 30 par seconde.

Les expériences dont il a été question jusqu'ici en lumière horizontale ne sont pas en contradiction avec l'hypothèse primitivement faite de l'existence dans la photophorèse transversale d'une force s'exerçant perpendiculairement au rayon lumineux. Cette hypothèse se trouve cependant en contradiction avec les résultats d'expériences effectuées à l'aide de faisceaux sensiblement inclinés (jusqu'à environ 45°) sur l'horizontale. Là encore, on peut observer des particules en équilibre à la partie supérieure du faisceau. Il en résulte que la force ne peut être transversale par rapport au rayon lumineux, mais qu'elle s'exerce toujours dans la direction de la pesanteur et en sens contraire. De même, les mouvements circulaires et oscillatoires décrits plus haut ont lieu respectivement autour d'axes verticaux ou le long d'une verticale. Dans ce que l'on appelle la photophorèse transversale, la direction est donc essentiellement déterminée par le champ de pesanteur (de même que dans l'électrophotophorèse et la magnétophotophorèse elle est déterminée par les champs électrique ou magnétique) et ce phénomène doit logiquement être dénommé « gravitophotophorèse ».

Un effet de magnétophotophorèse dû au champ magnétique terrestre peut provoquer des phénomènes en partie analogues à ceux qui viennent d'être décrits. Il suffit d'opérer en compensant intégralement le champ terrestre pour se convaincre que ces phénomènes sont indépendants du champ magnétique terrestre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les propriétés diélectriques de* HCl *et* DCl *solides.* Note (*) de M. Colin S. E. Phillips, présentée par M. Jean Cabannes.

La constante diélectrique ($\varepsilon'$) et la perte ($\varepsilon''$) de HCl et DCl ont été mesurées dans l'état solide pour des fréquences variant de 80 c : s à 6 Mc : s.

Les propriétés diélectriques de HCl solide ont déjà été étudiées par divers

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1708.

(*) Séance du 7 mai 1951.

auteurs ([1]), ([2]), mais dans un faible domaine de fréquence seulement. Nous avons repris cette étude en l'étendant au DCl et en élargissant la bande de fréquences (80 c : s — 6 Mc : s).

HCl était préparé par l'action de $H_2SO_4$ concentré sur NaCl; DCl par l'action de l'eau lourde sur le chlorure de thionyle. Chaque produit a été redistillé deux fois sous vide, précaution indispensable à cause d'un effet très marqué de traces d'impuretés ([3]). La cellule à électrodes de platine était la même que celle qu'avait utilisée Powles ([4]). Les valeurs absolues dépendent de l'histoire de l'échantillon. Nous avons congelé le liquide par refroidissement lent et maintenu l'échantillon à l'état solide pendant toute la durée des expériences. Dans ces conditions les résultats étaient reproductibles à 5 % près.

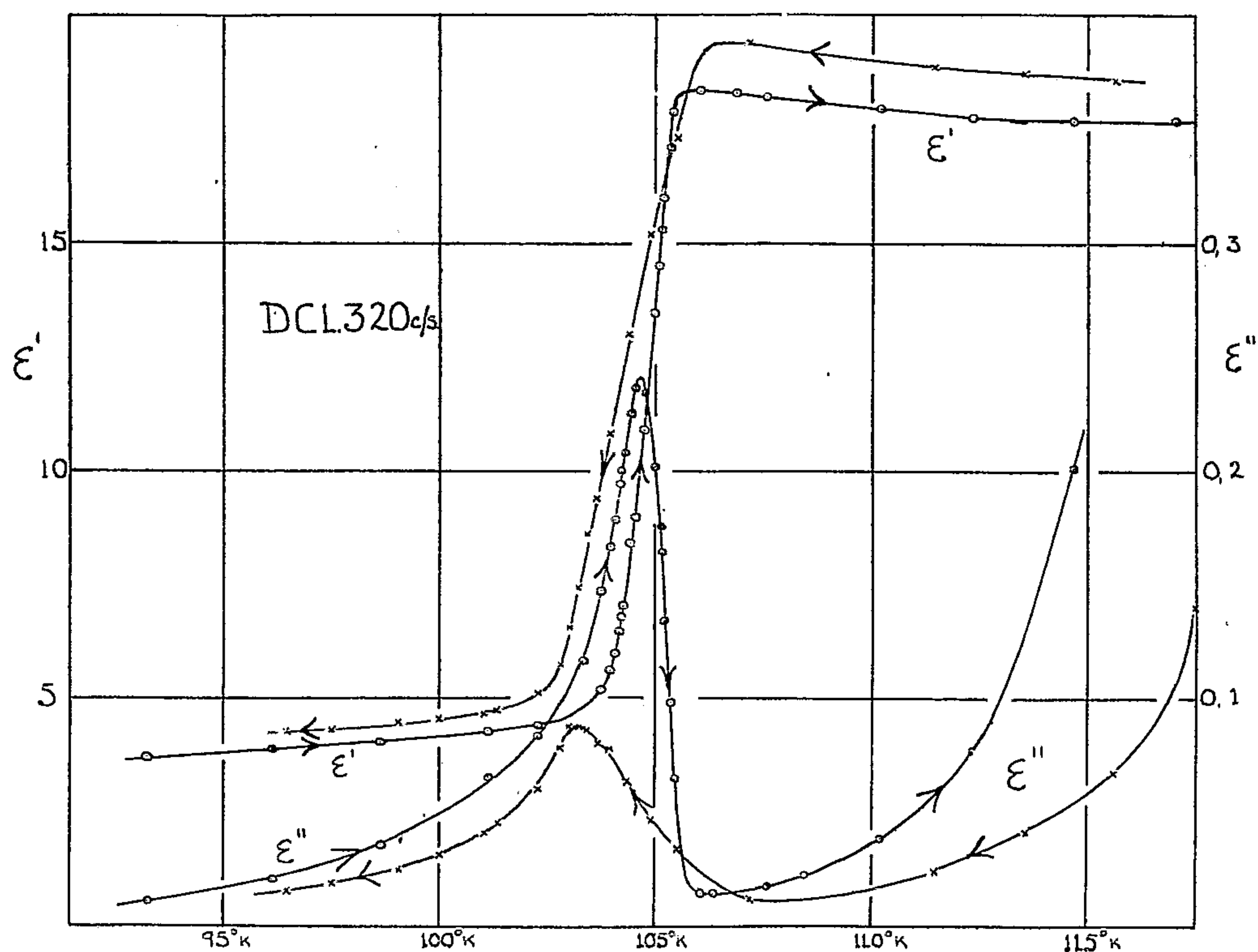



Fig. 1.

HCl et DCl ont un point de transformation, le premier à $100 \pm 0,5$°K, le second $104,7 \pm 0,5$°K. Ces transformations se manifestent par une montée brusque de la partie réelle de la constante diélectrique qui passe de 4 à 18 dans

([1]) Cone, Dennison et Kemp, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1278.
([2]) Smyth et Hitchcock, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1084.
([3]) Daniel et Stark, *Farad Soc.*, 47, 1951, p. 149.
([4]) *J. Chim. Phys.* (A paraître).

un intervalle de 1°,5 environ et décroît ensuite lentement. A cette montée brusque de ε′ correspond une variation de la constante de perte ε″ avec un maximum très aigu coïncidant avec la pente maximum de ε′. Au refroidissement la variation de ε′ ainsi que le maximum de ε″ sont plus étalés et montrent une hystérésis thermique de 1°,5 environ (*fig.* 1). La valeur du maximum de ε″ dépend de la fréquence et présente un minimum pour 50 kc : s. environ. Ces pertes diélectriques au point de transition ne sont pas accompagnées de conductivité en courant continu. Elles ont pratiquement même valeur pour HCl et DCl. De plus, ni ε′ ni ε″ ne sont modifiés par la superposition d'un champ constant de 3 kV : cm, comme ce serait le cas si le cristal devenait ferro-électrique.

*Au-dessous du point de transition* apparaissent dans notre gamme de fréquences deux domaines de dispersion (les courbes détaillées seront publiées dans un article ultérieur). Le premier, vers les courtes longueurs d'onde a une fréquence critique (1 Mc à 83°K) qui augmente normalement avec la température et correspond pour DCl à une énergie d'activation de 2,6 kcal : mole. Pour le second, la fréquence critique est toujours inférieure à 80 c : s, sans qu'on observe aucune conductivité en courant continu.

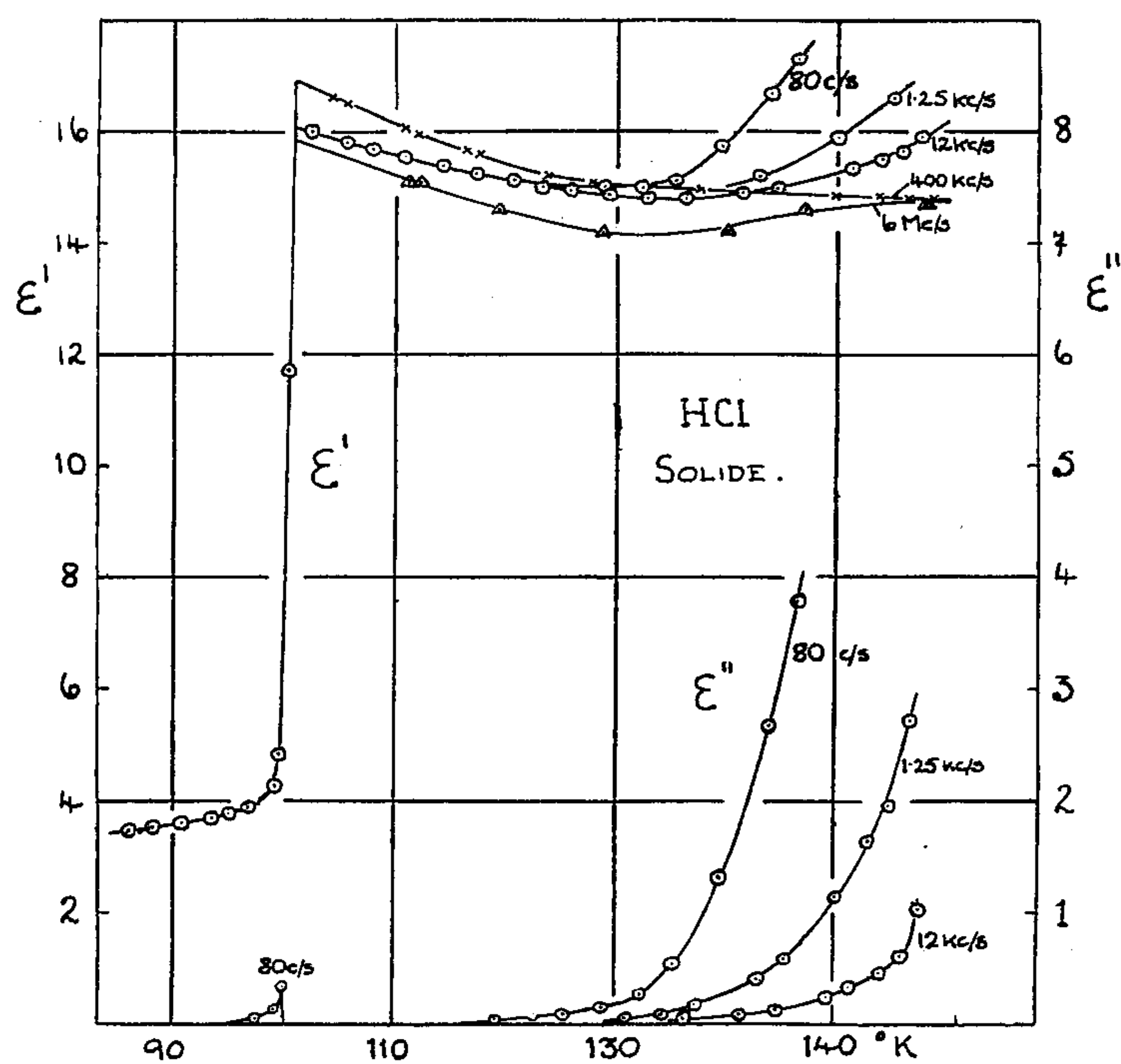



Fig. 2.

*Immédiatement au-dessus du point de transition* il n'existe qu'un domaine de dispersion dont nous ne voyons que l'amorce dans notre domaine de mesures (ν critique de l'ordre de 1000 Mc).

*Vers* 110°K apparaissent *aux basses fréquences* des pertes qui augmentent avec la température. On observe en même temps une conductibilité en courant continu. Mais celle-ci semble trop faible pour expliquer l'amplitude des pertes. La fréquence critique serait alors très inférieure à 80 c : s.

De tels phénomènes ont souvent été observés ces dernières années ([5]). Il serait important d'étendre ces mesures à des fréquences plus basses encore.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de surfaces spécifiques au moyen du microscope électronique.* Note (*) de MM. **René Bernard**, **Émile Pernoux** et **Stanislas Teichner**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le microscope électronique donne directement des renseignements sur la forme et les dimensions des constituants d'un système dispersé entre 20 μ et quelques centièmes de micron.

Un simple examen des documents photographiques suffit à la rigueur à renseigner sur la nature d'une poudre, tant qu'il s'agit de particules de formes et de dimensions voisines (systèmes monodispersés), mais il s'avère insuffisant dès que l'on s'adresse à des systèmes polydispersés. Nous avons voulu appliquer à ceux-ci les méthodes du calcul statistique et rechercher si la surface spécifique que l'on en déduit correspond à celle que donne la méthode B. E. T. basée sur l'adsorption d'azote à — 195° C ([1]).

La substance choisie pour cette étude, wolframite, est parfaitement compacte. Ceci est important car la surface des pores qui échappe au microscope électronique, intervient au contraire dans la valeur fournie par la méthode B. E. T.

Pour obtenir des poudres de dimensions et structures très variées, cette wolframite est soumise à des broyages préalables effectués dans trois types de broyeurs :

E. Broyeur à boulets de faible capacité, durée échelonnée entre 24 et 60 h.

F. Broyeur à boulets de grande capacité, durée échelonnée entre 3 et 6 h.

U. Broyeur à turbulence comportant un sélecteur qui élimine pratiquement les grains plus petits que 1 μ et plus gros que 20 μ.

Les suspensions à examiner sont homogénéisées par ultra-sons avant d'être déposées sur les collodions porte-objet. Les micrographies électroniques sont prises au grossissement 3 600, puis agrandies à 10 000 pour faciliter le décompte des particules. Ces particules de formes quelconques sont assimilées à la sphère qui les contient juste et la détermination des diamètres s'effectue au moyen

---

([5]) Meakins, *Nature*, 164, 1949, p. 798; Dalbert (communication privée).

(*) Séance du 16 mai 1951.

([1]) S. Brunauer, P. H. Emmett et E. Teller, *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 309.

d'un gabarit de plexiglas percé d'ouvertures circulaires échelonnées ([2]). Le nombre des particules classées dépasse 800, de façon que l'erreur commise sur la répartition n'excède pas 5 %. On construit ensuite les courbes de fréquence en portant en ordonnées les fréquences relatives en pour cent et en abscisses les diamètres correspondants en microns. Ces courbes en cloche asymétrique sont difficiles à interpréter; on les transpose avantageusement selon Hazen ([3]) en coordonnées logarithmiques. Les transformées linéaires ainsi obtenues permettent une évaluation facile du diamètre moyen statistique $D_g$ et de l'écart standard $\sigma_g$. A partir de ces données, la surface spécifique de la dispersion est ensuite calculée en employant la relation de Hatch et Choate ([4])

$$\log S = \log \frac{6}{d} - \mathrm{Log} D_g - 5,757 \mathrm{Log}^2 \sigma_g,$$

dans laquelle $d$ est la densité de la substance étudiée.

Parallèlement, l'application de la méthode B. E. T. à ces échantillons donne leur surface spécifique à 5 % près.

Le tableau suivant résume les résultats précédents.

| Nature et durée du broyage. | Surface spécifique (m² : g). M. E. | B. E. T. | $K = \frac{S_{B.E.T.}}{S_{M.E.}}$. | Diamètre moyen statistique (μ). M. E. | B. E. T. |
|---|---|---|---|---|---|
| E. Broyage humide (24 h) .... | 1,8 | 1,7 | 0,9 | 0,55 | 0,52 |
| E. » (36 h) .... | 1,9 | 2,4 | 1,3 | 0,54 | 0,36 |
| E. » (48 h) .... | 2,3 | 2,7 | 1,2 | 0,47 | 0,32 |
| E. » (60 h) .... | 3,3 | 4,4 | 1,3 | 0,33 | 0,23 |
| F. » ( 3 h) .... | 1,8 | 1,8 | 1,0 | 0,55 | 0,19 |
| F. » ( 6 h) .... | 2,9 | 3,3 | 1,1 | 0,35 | 0,27 |
| F. Broyage sec (3 h) ......... | 1,8 | 2,0 | 1,1 | 0,55 | 0,44 |
| U. Broyage .................. | 0,27 | 1,1 | 4 | 4 | 1 |

La troisième colonne contient les valeurs du rapport $K = S_{B.E.T.}/S_{M.E.}$. Comme on le voit, il reste compris entre 0,9 et 1,3, c'est-à-dire voisin de 1 pour les sept premières poudres. Le microscope électronique et les méthodes statistiques donnent donc la surface spécifique d'une dispersion quelconque avec une précision voisine de 30 %.

La huitième préparation (U) donne une valeur $K = 4$ anormalement élevée. Il convient, toutefois, de remarquer que cet échantillon provient d'un broyeur à turbulence qui disloque les grains en leur donnant une forme dendritique

([2]) A. Mathieu-Sicaud, *Thèse*, Paris, 1950.

([3]) *Trans. A. S. C. E.*, 77, 1914, p. 1539.

([4]) *J. Franklin Inst.*, 207, 1929, p. 369.

très complexe et par suite, à diamètre égal, une surface totale dépassant largement celles de particules telles que E ou F plus ou moins émoussées par l'action abrasive des boulets.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de certaines réactions gaz-solide en relation avec les structures microcristallines.* Note de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons montré [1] que l'étude des réactions gaz-solide se présente sous un aspect particulièrement favorable si l'on choisit convenablement la réaction et si l'on opère sur des solides finement divisés à l'état de fumées ou « fluidisé », de façon à éliminer l'influence de la diffusion du gaz dans les espaces intergranulaires. L'analyse mathématique du problème a montré que l'influence de la diffusion à l'intérieur des grains se trouve éliminée très rapidement lorsque le coefficient de diffusion du gaz dans les granules solides est grand par rapport à la vitesse spécifique de la réaction. Ces conclusions théoriques ont été confirmées par l'étude expérimentale de la réduction de l'anhydride molybdique par l'hydrogène.

D'après ce qui précède, on éliminera d'autant mieux l'influence de la diffusion, que l'on opérera sur des grains plus poreux, c'est-à-dire, que la surface offerte à l'adsorption du gaz sera plus grande pour une même masse de substance prenant part à la réaction.

Lorsque nous avons fait ce travail, nous n'avions aucune indication sur la porosité des granules d'oxyde molybdique sur lesquels nous opérions. Nous ignorions les observations faites au microscope électronique sur un certain nombre d'oxydes métalliques à l'état colloïdal [2], [3], [4].

Ces observations inspirent les remarques suivantes :

1° Bien que le pouvoir séparateur du microscope ait été porté dans plusieurs cas à 10 Å, on n'observe jamais de particules ayant aucune de leurs dimensions inférieures à quelques dizaines d'angströms. Il semble donc que l'on observe les cristallites les plus petits qui puissent exister pour ces composés.

2° On observe presque toujours des structures en plaques très minces, en aiguilles ou en fibres.

L'oxyde de molybdène est en plaques, transparentes aux électrons, donc vraisemblablement très minces par rapport à leur longueur et largeur.

---

(1) *Ann. Chim.*, 6, 1951, p. 165.

(2) Kinder, *Kolloïd. Z.*, 95, 1941, p. 226.

(3) Watson, Heller et Wogtowiez, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 998.

(4) Turkevich et Hillier, *Ind. eng. Chem. Anal. éd.*, 21, 1948, p. 475.

Malheureusement les trois dimensions des cristallites n'ont pas été déterminées pour ce composé.

On connaît avec assez de précision les dimensions des particules d'oxyde de tungstène et d'oxyde de vanadium. Ce dernier est constitué de fibres cylindriques très uniformes, de 27 Å de diamètre et dont la longueur varie entre 200 Å et 1000 Å, ces fibres s'assemblent irrégulièrement formant une grossière toile d'araignée.

Les cristallites d'oxyde de tungstène sont des plaques rectangulaires dont l'épaisseur a été déterminée en mesurant la largeur de l'ombre portée par celle-ci, dans un faisceau atomique de chrome sous faible incidence. Les dimensions moyennes des plaques sont : $2,27 \times 0,75 \times 0,044\,\mu$ rapport : $(100 \times 33 \times 1,95)$.

Ces structures présentent de très grandes surfaces extérieures pour une masse déterminée de matière. Un calcul élémentaire montre qu'une plaque d'oxyde de tungstène présente à l'adsorption gazeuse une surface 4,2 fois plus grande qu'une particule sphérique de même masse. De même une fibre d'oxyde de vanadium de 1000 Å de long a une surface extérieure 4,06 fois plus grande qu'une sphère de même masse. En outre, la forme en parallélépipèdes allongés ou fibres cylindriques est particulièrement favorable à un assemblage laissant de grands intervalles au passage du gaz. Les petits cristallites élémentaires forment, soit des toiles d'araignée, laissant des interstices très grands par rapport à leurs dimensions propres, comme on le voit sur le cliché agrandi 100 000 fois publié par Turkevitch (*loc. cit*), soit des arrangements en pelote d'épingles, également très perméables au gaz.

En résumé, l'examen au microscope électronique de cristallites élémentaires d'oxydes métalliques fait apparaître que ceux-ci ont des structures présentant une grande surface d'adsorption et que leur forme allongée favorise un arrangement de ces cristallites en agglomérats extrêmement perméables au gaz.

Ces faits justifient les hypothèses mises en œuvre pour établir la cinétique de la réduction de l'oxyde molybdique et permettent de penser que ces hypothèses ont une certaine généralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations diffuses des solutions solides de bromure et de chlorure d'ammonium.* Note de MM. **Bernard Cochet-Muchy** et **René-A. Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans un exposé d'ensemble sur les transformations en milieu solide cristallisé et pur, Jaffray [1] s'appuyant principalement sur les idées d'Ehrenfest,

---

[1] *Ann. Phys.*, 12e série, 3, 1948, p. 6.

avait proposé de qualifier de « diffuses » des transformations s'apparentant à celles du premier ordre (polymorphiques) ou à celles du deuxième ordre (appelées couramment transformations lambda), mais caractérisées par ce fait que la chaleur spécifique, les coefficients de compressibilité et de dilatation présentent, au moment de la transition, un maximum mais pas de discontinuité. La transformation diffuse serait donc en somme un phénomène étalé sur un domaine de température. Si, pour de nombreuses substances cristallisées, de telles transformations d'ordre supérieur ont été très étudiées, la bibliographie ne fournit jusqu'à présent, que peu de données ([2]) concernant, à ce point de vue, les solutions solides.

Nous avons suivi l'évolution de ces tranformations dans les solutions solides $NH_4Cl — NH_4Br$ qui donnent lieu à une série continue de cristaux mixtes : $NH_4Cl$ présente une transformation diffuse vers —30° C et $NH_4Br$ une transformation polymorphique diffuse vers —39° C ([1]). La technique utilisée était l'analyse thermique différentielle dont les détails expérimentaux seront décrits ailleurs. Dix-huit solutions solides préparées par cristallisation de solutions aqueuses selon les indications de la bibliographie ([3]) ont été étudiées; leur composition était déterminée par analyse et l'examen de leur structure aux rayons X permettait de contrôler leur homogénéité.

Pour chacune d'elles nous avons toujours tracé au moins deux courbes d'analyse thermique différentielle, l'une au refroidissement, l'autre au réchauffement en explorant la zone de température comprise entre + 15 et —60° C. Nous avons alors constaté que : 1° les transformations indiquées dans la bibliographie pour chacun des sels purs se retrouvent aux températures correspondantes; 2° les solutions présentent toutes au moins une zone de transformation, et quelquefois deux, nettement différentes de celles des sels purs; 3° lorsqu'une solution solide présente deux transformations, l'une d'elles est beaucoup plus marquée que l'autre; 4° l'hystérèse thermique entre refroidissement et réchauffement atteint quelques degrés; 5° la transformation est toujours plus étalée et moins intense pour les solutions solides que pour les sels purs.

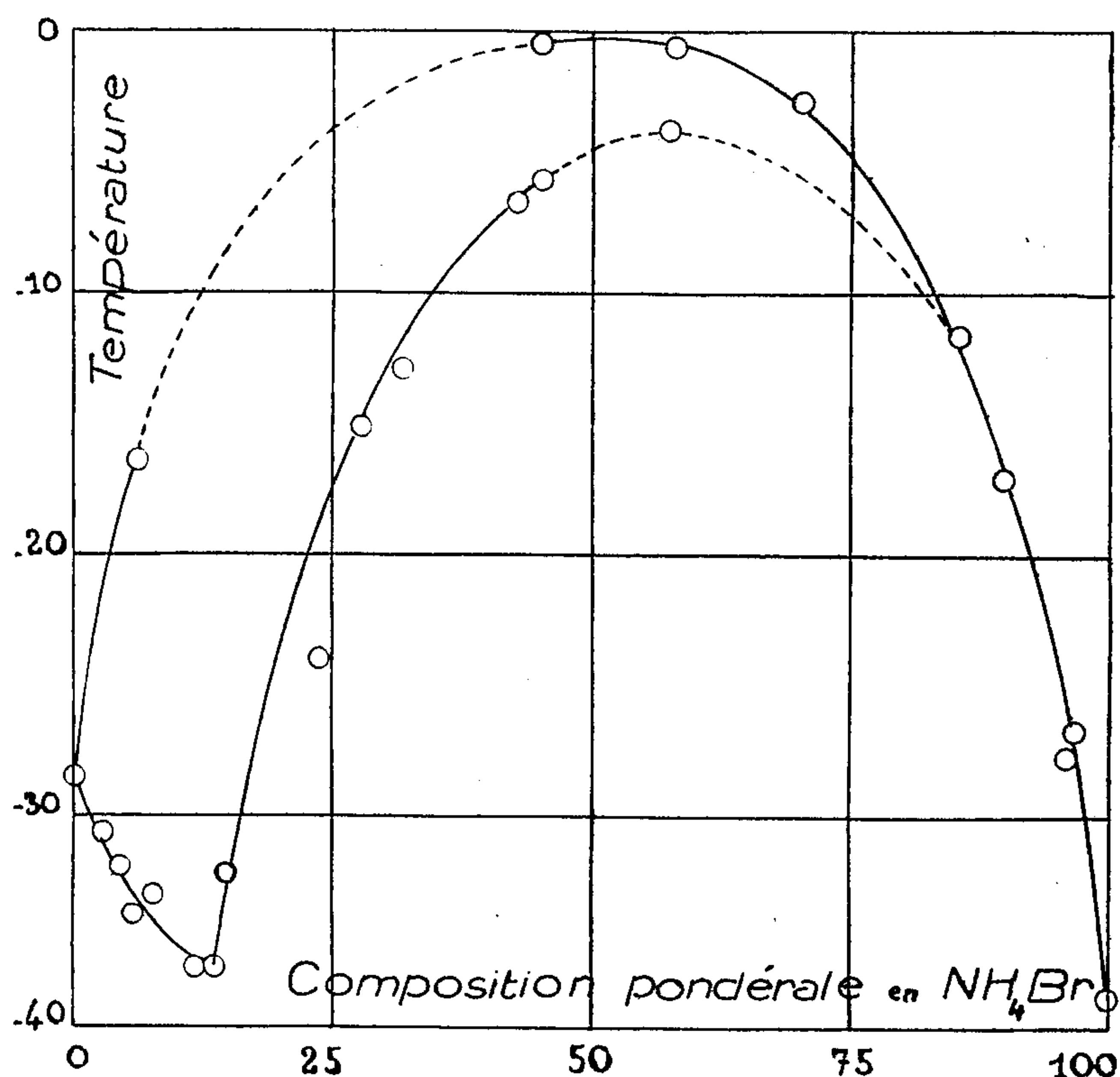
Dans le graphique ci-après, représentant nos résultats, nous avons porté, en fonction de la composition, les moyennes des températures observées au refroidissement et au réchauffement pour ces transformations. On remarquera d'une part, que ces températures de transformation passent par un maximum voisin de 0° pour une solution solide contenant sensi-

---

([2]) Creenshaw et Ritter (*Z. Phys. Chem.*, **16** B, 1932, p. 143) avaient signalé un point de transformation vers — 5° pour une solution solide $NH_4Cl—NH_4Br$ à 54,2 % $NH_4Cl$. Au moment où s'effectuait notre travail, Mandleberg et Staveley publiaient (*J. Chem. Soc.*, p. 2736) une étude dilatométrique assez complète de ce système dont les résultats concordent en partie avec les nôtres.

([3]) Flatt, Wilhelm et Burhardt, *Helv. Chim. Acta*, **27**, 1944, p. 1600.

blement les mêmes proportions des deux sels; d'autre part, pour les solutions riches en chlorure, la transformation se dédouble et celle qui correspond aux basses températures, toujours plus intense que l'autre, passe par un minimum voisin de — 36° C. Les parties des courbes figurées en pointillé




correspondent à des régions où les accidents des courbes d'analyse thermique différentielle manquaient de netteté. Signalons en outre que des recuits, même prolongés, de ces solutions solides n'ont que peu d'influence sur ces transformations.

Notre étude se poursuit actuellement sur d'autres solutions solides et sur des sels doubles; nous sommes persuadés que l'ensemble de ces observations aideront à préciser la nature de ces phénomènes dont la théorie n'est pas encore définitivement assise.

MAGNÉTOCHIMIE. — *De la forme de pièces polaires pour la mesure de susceptibilités magnétiques*. Note (*) de MM. **Adolphe Pacault**, **Jean Hoarau** et **Jacques Joussot-Dubien**, présentée par M. Paul Pascal.

La mesure d'une susceptibilité magnétique se ramène le plus généralement

(*) Séance du 7 mai 1951.

à celle d'une force $F_x = (1/2)\chi(\partial H^2/\partial x)m$. ($\chi$, $m$, susceptibilité et masse de la substance; $\partial H^2/\partial x$, gradient du carré du champ dans la direction $x$ de déplacement de la force).

Pour une substance donnée, $\chi$ et $m$ étant fixées, la grandeur de la force, qui doit être maximum pour augmenter la précision, ne dépend que de la distribution du champ : dans la méthode de Gouy, importent seules ses valeurs aux extrémités de la substance contenue dans un cylindre allongé; dans la méthode de Faraday, c'est l'expression $\partial H^2/\partial x$ au point $x$ où est localisée la substance qui fixe la valeur de la force qui agit sur elle.

Or, la masse de substance nécessaire à l'obtention d'une force suffisante, pour être mesurée avec une bonne précision, occupe un certain volume autour du point $x$ et il est souhaitable que les caractéristiques du champ y soient constantes.

Pour obtenir ces caractéristiques, nous avons fait une étude théorique et expérimentale dont le détail sera publié ailleurs mais qui conduit aux conclusions suivantes :

Les pièces polaires finalement adoptées sont représentées sur la figure 1; la coupe par un plan $xOy$ passant par l'axe de leur cylindre générateur et perpendiculaire à l'arête AA′ est donnée sur la figure 2. Elles résultent de la modification progressive de pièces polaires semblables à celles de la figure 1

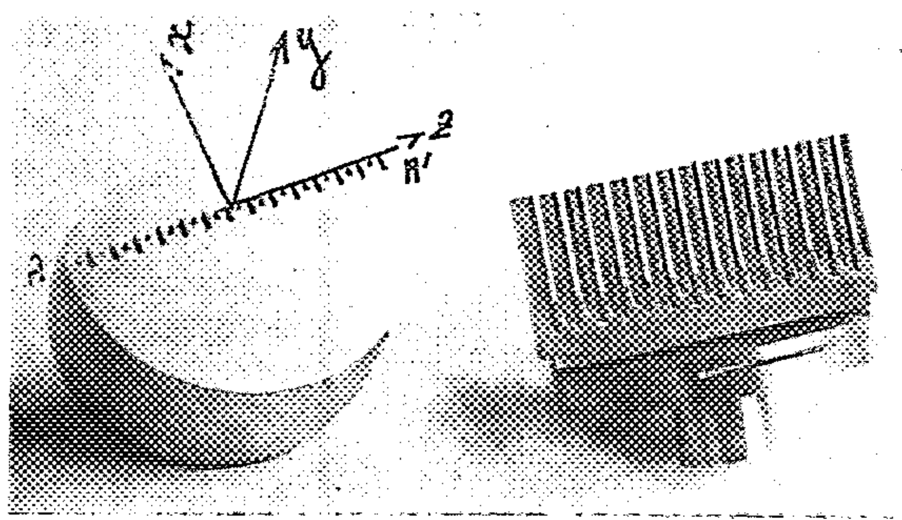


Fig. 1.

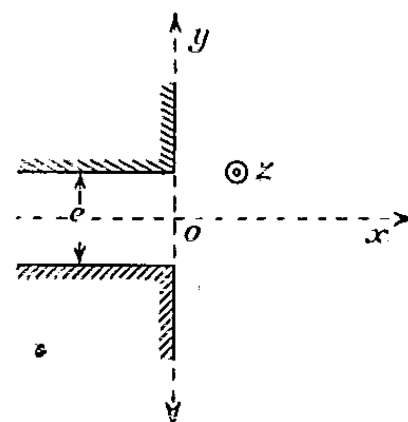



Fig. 2.

mais n'ayant qu'une arête rectiligne. Dans ce cas, les courbes $\partial H^2/\partial x = f(x)$ sont données sur la figure 3. Leur maximum M est d'autant plus grand que l'entrefer $e$ est plus petit, mais sa valeur n'est constante que sur quelques dixièmes de millimètre. L'aplatissement du maximum constaté pour les grands entrefers correspond à des forces trop faibles. Pour conserver à ce maximum une valeur élevée mais constante sur une longueur AB (diamètre de la coupelle contenant la substance) et, après avoir remarqué qu'il est situé au voisinage de l'arête O, nous avons crénelé la face $yOz$ de manière à faire apparaître

plusieurs arêtes discontinues. Dans ces conditions, les courbes $\partial H^2/\partial x = f(x)$ ont pour des valeurs égales de $\partial H^2/\partial x$ maximum, un maximum plus étendu AB (*fig.* 4). Celui-ci est lié au nombre et aux dimensions des créneaux et leur répartition doit être étudiée pour chaque entrefer. On constate (*fig.* 4) que les pièces polaires décrites (*fig.* 1) (quatre arêtes) sont convenables pour un entrefer de $7^{mm},5$.

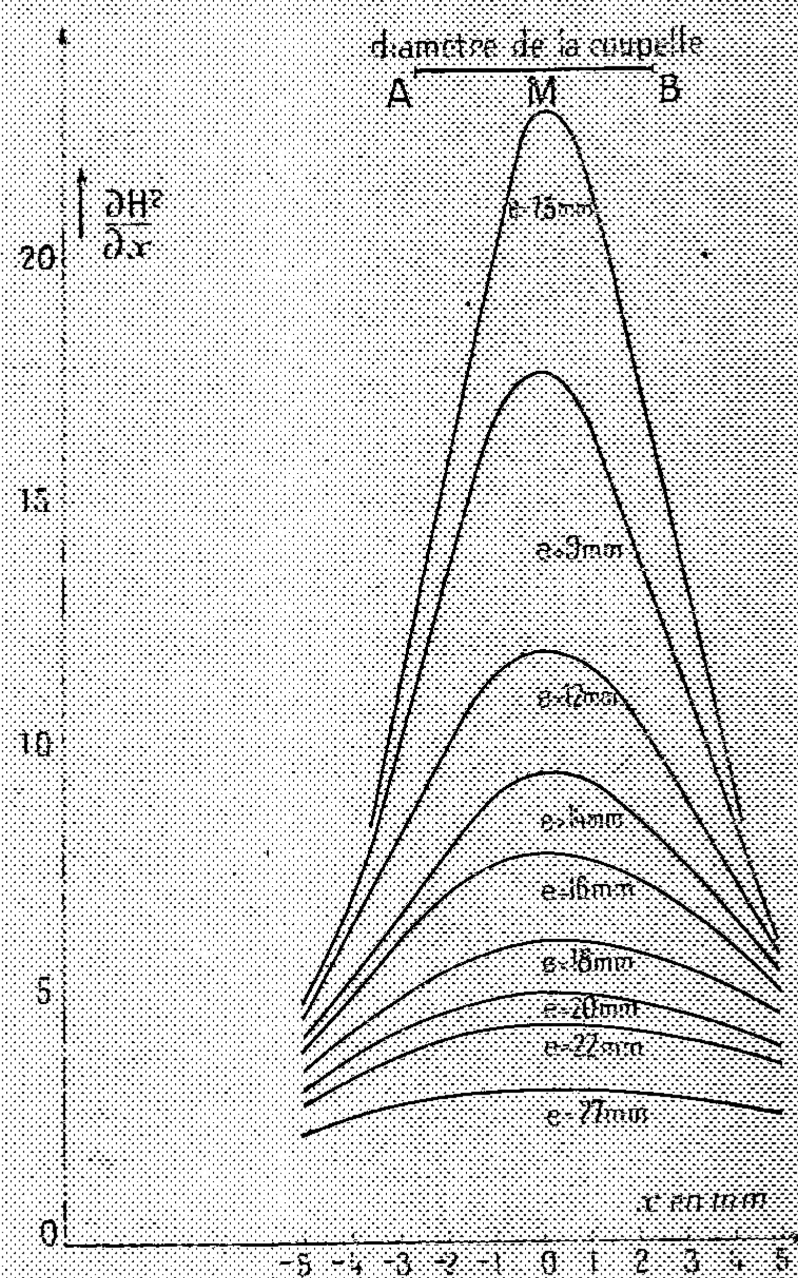


Fig. 3.

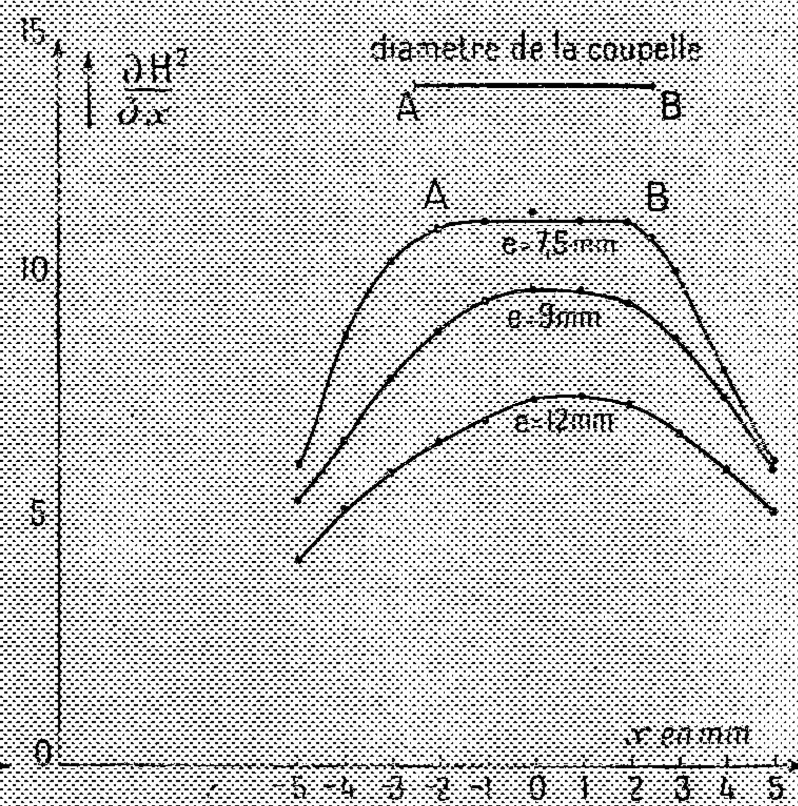


Fig. 4.

La forme des pièces polaires assure, par ailleurs, la constance de $\partial H^2/\partial x$ suivant $Oz$, comme le prouve l'expérience, ce qui permet de donner à la coupelle une hauteur de quelques centimètres.

Ces pièces polaires permettent donc de faire des mesures de susceptibilités par la méthode de Faraday sur de très petites quantités de substance ($100^{mg}$), même répartie de façon inhomogène, puisque $\partial H^2/\partial x$ est constant dans tout le volume qu'elle occupe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la dissociation électrolytique des acétylures de sodium et de lithium en solution dans l'ammoniac liquide.* Note (*) de MM. **Émile Masdupuy** et **Fernand Gallais**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les conductibilités électriques des acétylures de sodium et de lithium en solution dans l'ammoniac liquide ont été mesurées. Les résultats obtenus montrent que les corps étudiés sont dissociés en ions et doivent être considérés comme des électrolytes faibles. La libération du métal, par électrolyse, a été vérifiée.

Le caractère ionique des acétylures alcalins apparaît comme probable à la suite des expériences qualitatives de Skossarewsky ([1]) sur l'électrolyse de solutions d'acétylure de sodium dans l'ammoniac liquide. Il nous a semblé utile de le mettre nettement en évidence et de le préciser par une étude quantitative, dans le même solvant, de la conductivité électrique et par suite de la dissociation de ces composés.

Les acétylures $C_2HNa$ et $C_2HLi$, que nous avons utilisés pour nos expériences, étaient préparés par la méthode de Moissan ([2]) : action de l'acétylène sur le métal dissous dans l'ammoniac liquide.

La vaporisation du solvant, à — 33°,5, permet d'isoler l'acétylure de sodium, qui, ramené à la température ordinaire en atmosphère d'azote, peut être soumis à l'analyse, le sodium étant dosé à l'état de sulfate, et le carbone à partir de l'acétylène libéré par hydrolyse. Nous avons obtenu ainsi un produit dont la teneur en $C_2HNa$, évaluée à partir du dosage du carbone variait, d'une expérience à l'autre, entre 99,1 et 99,7 %, le rapport C/Na restant voisin de 1,98.

L'acétylure de lithium, par contre, ne peut être isolé sans subir un commencement de décomposition ([3]), de sorte que nous avons dû faire porter nos mesures sur les solutions mêmes au sein desquelles il avait pris naissance ([4]) utilisant ainsi, pour les deux acétylures étudiés, des modes opératoires légèrement différents.

*Acétylure de sodium.* — De l'ammoniac, parfaitement sec, était tout d'abord condensé dans la cellule en quantité suffisante pour que l'on puisse s'assurer de sa pureté en mesurant sa conductivité. On y dissolvait alors une quantité convenable d'acétylure de sodium, fraîchement préparé, et rapidement pesé en atmosphère d'azote; puis de l'ammoniac était de nouveau condensé jusqu'à

(*) Séance du 30 avril 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 769; *J. Chim. Phys.*, **13**, 1915, p. 3.

([2]) *Comptes rendus*, **126**, 1898, p. 302; *ibid.*, **127**, 1898, p. 911; *Bull. Soc. Chim.*, **21**, [3], 1899, p. 911.

([3]) E. Masdupuy et F. Gallais, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1837.

([4]) Ces solutions, parfaitement incolores et limpides, ne pouvaient contenir ni métal libre, qui les aurait teintées de bleu, ni carbure $C_2Li_2$, insoluble dans l'ammoniac liquide.

ce que le niveau du liquide atteignit le trait de jauge porté par la cellule. Sur la solution obtenue, bien homogénéisée, étaient alors effectuées deux mesures de conductivité, l'une au voisinage de — 73°, l'autre à — 33°,5, point d'ébullition de l'ammoniac liquide sous la pression atmosphérique. La conductivité propre à l'acétylure de sodium s'obtenait en retranchant, des nombres obtenus, celle de l'ammoniac liquide.

*Acétylure de lithium.* — La cellule était tout d'abord garnie d'une solution saturée d'acétylène dans l'ammoniac liquide, dont la conductivité était mesurée, puis elle était refroidie jusque vers — 73°C. Un petit cube de lithium, de masse connue, y était alors introduit. Il était aussitôt l'objet, de la part de l'acétylène, d'une attaque lente, régulière, modérée par l'effet de la basse température. La solution d'acétylure obtenue (dont la saturation en $C_2H_2$ était maintenue) était amenée à affleurer au trait de jauge par condensation d'ammoniac, puis l'on effectuait les mêmes mesures et les mêmes calculs que dans le cas de l'acétylure de sodium, le terme correctif étant ici la conductivité de $NH_3$ saturé de $C_2H_2$.

*Résultats des mesures.* — La conductivité électrique des solutions ci-dessus a fait l'objet d'une série étendue de mesures. Nous avons trouvé que les conductivités moléculaires des acétylures dissous variaient entre les limites suivantes :

à — 73°C :

pour $C_2HNa$ : $\Lambda_{176,4} = 9,0$, $\Lambda_{10600} = 19,8$;
pour $C_2HLi$ : $\Lambda_{3,12} = 2,9$, $\Lambda_{5,77} = 3,9$;

à — 33°,5C :

pour $C_2HNa$ : $\Lambda_{176,4} = 12,8$, $\Lambda_{10600} = 30,1$;
pour $C_2HLi$ : $\Lambda_{2,39} = 3,6$, $\Lambda_{202,2} = 11,6$.

Ainsi, même aux basses températures auxquelles ont été effectuées nos expériences, les acétylures étudiés sont nettement conducteurs, ce qui montre qu'ils sont, dans l'ammoniac liquide, partiellement dissociés. Ce sont, toutefois, des électrolytes faibles, leurs conductivités moléculaires étant de l'ordre de grandeur de celles qui ont été déterminées, dans le même solvant, pour le cyanure d'argent, le cyanure de zinc ou le cyanure d'or ([5]), mais demeurant très inférieures à celles (de l'ordre de 300), qui correspondent aux sels typiques ([6]).

La représentation graphique des résultats obtenus montre que la loi de dilution est la même pour les deux acétylures; mais la conductivité de l'acétylure de lithium, dans la zone de concentrations commune aux deux séries de mesures est d'environ 8 % plus faible que celle de l'acétylure de

---

([5]) E. C. Franklin et C. A. Kraus, *J. Am. Chem. Soc.*, 27, 1905, p. 191.
([6]) C. A. Kraus et R. H. Bray, *J. Am. Chem. Soc.*, 35, 1913, p. 1368.

sodium, ce qui concorde avec ce que l'on connaît par ailleurs de la mobilité des ions $Li^+$ et $Na^+$ dans les divers solvants ionisants

Nous avons enfin, à titre de confirmation, soumis à l'action d'un courant continu quelques-unes de nos solutions. Une teinte bleue, due à la libération du métal, apparaissait assez rapidement autour de la cathode, sur laquelle se formaient bientôt de véritables houppes d'où partaient des filaments bleus se dirigeant vers l'anode. On pouvait observer sur cette dernière un léger dépôt de carbone, ainsi qu'un dégagement gazeux extrêmement réduit, la presque totalité des gaz qui y prennent naissance se dissolvant dans l'ammoniac liquide.

CHIMIE MINÉRALE. — *Fractionnement thermique des peranthracites alpins.* Note de M. **Marius Picon**, présentée par M. Paul Lebeau.

Pour les peranthracites, le fractionnement thermique permet de caractériser les gisements et leurs diverses couches. On utilise les résultats fournis par le volume gazeux total, la courbe des dégagements par paliers de 100 en 100°, la détermination précise du maximum, d'un minimum relatif et enfin la composition des gaz. Des différences s'observent encore d'après la situation dans une même veine. Elles disparaissent en un même lieu (toit, milieu et mur).

Nous devons à M. le Professeur Duparque 17 échantillons de peranthracites alpins, 10 provenant des mines de La Mure, 5 d'Arèches et 2 du Briançonnais. Ces prélèvements ont été faits dans plusieurs couches d'un même gisement et, pour cinq cas, les prises ont été effectuées verticalement, soit, au toit, au milieu et au mur de la même veine.

En utilisant la méthode du fractionnement thermique de P. Lebeau, qui a permis à ce savant de différencier les peranthracites des anthracites, nous avons recherché s'il était possible de caractériser les couches d'un même gisement, les pendages différents, puis, localement, diverses prises faites verticalement.

Les chiffres contenus dans le tableau suivant représentent les principaux résultats obtenus par le fractionnement thermique. Nous avons employé la méthode récemment perfectionnée par l'emploi de paliers de 100 en 100° d'une durée de trente minutes [1]. On a également procédé à des chauffes progressives avec montée linéaire de 5° par minute pour déterminer les maximum et minimum avec plus de précision.

Les volumes gazeux totaux sont nettement caractéristiques des gisements. La différenciation des couches s'effectue aussi en utilisant les mêmes volumes gazeux totaux puis la position du maximum et d'un minimum relatifs constitués généralement par des paliers. La composition des gaz recueillis donne

(1) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 259.

des résultats paraissant encore plus nets. Ainsi, la Grande Couche d'Arèches dégage beaucoup de CO. La Grande Couche Villaret de La Mure produit une assez forte proportion de $CO_2$. Pour la couche Carrière à remblai de La Mure, CO et $CO_2$ sont tous deux abondants.

| Caractéristiques des échantillons de charbon. | | Volume gazeux à 1000° ($m^3$ : t, charbon sec sans cendres). | Maximum. | Minimum relatif. | Composition % des gaz. $CO_2$. | CO. | $CH_4$. | $H_2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| La Mure : | | | | | | | | |
| *Grande Couche Villaret,* 5e pendage, Niveau 12. | Toit.... | 113,3 | 850 à 975° | 400 à 525° | 6,2 | 1,93 | 0,35 | 90,27 |
| | Milieu... | 117,9 | » | » | 6,6 | 0,74 | 1,16 | 90,33 |
| | Mur.... | 113 | » | 350 à 550° | 5,25 | 3,2 | 0,65 | 90,1 |
| *Grande Couche Villaret,* Pendage Éperons, Bure 4, 3e tranche Nord. | Toit.... | 110,5 | 825 à 975° | 300 à 500° | 7 | 3,7 | 0 | 88,5 |
| | Milieu... | 111,7 | 825 à 950° | 375 à 575° | 5,7 | 2 | 0 | 91,1 |
| | Mur.... | 109,2 | » | » | 4,7 | 2,15 | 0 | 91,75 |
| *Carrière à remblai,* Couche 2. | Toit.... | 111,5 | 850 à 950° | 400 à 475° | 10,5 | 9,7 | 0 | 79,8 |
| | Milieu... | 104,2 | » | » | 7,3 | 9,5 | 0 | 83 |
| | Mur.... | 104,7 | 875 à 950° | » | 7,8 | 7,5 | 0 | 84,2 |
| *Galerie Saint-Arey*............... | | 88,2 | 900 à 1000° | 400 à 475° et 500 à 600° | 3,9 | 3,6 | 0,3 | 90,9 |
| Arèches : | | | | | | | | |
| *Grande Couche* 3 m. épaisseur, côté Nord, Cote 41. | Toit.... | 15,1 | pas | pas | 3 | 18 | 0 | 76 |
| | Milieu... | 13,7 | de | de | 2 | 11 | 0 | 84 |
| | Mur.... | 13,2 | maximum | minimum | 9,1 | 19 | 0 | 69 |
| *Grande Couche* 3,5 m. épais., côté Sud, Cote 41. | Milieu... | 18,8 | jusqu'à | 600 à 750° | 3,4 | 19 | 0 | 74 |
| | Mur.... | 15,7 | 1000° | » | 1,9 | 12,2 | 0 | 83,4 |
| Briançonnais : | | | | | | | | |
| *Clos La Rama.* Couche des fronts... | | 125,2 | 875 et 975° | rien | 3,3 | 0,66 | 1 | 93,8 |
| *Guy Saint-André.* Front de la galerie Richard........................ | | 133,6 | 875° | 300 à 400° | 1,4 | 2,1 | 0,65 | 95,5 |

Les différences s'atténuent évidemment pour les prélèvements dans une même couche, mais elles restent décelables. Dans la Grande Couche Villaret de La Mure, le cinquième pendage fournit des traces de méthane que l'on ne retrouve pas dans le pendage Éperons. Le cinquième pendage donne seul une courbe avec inflexion indiquant un ralentissement relatif du dégagement entre 675° et 750°. Dans la Grande Couche d'Arèches, le côté Nord ne donne pas de minimum relatif, mais le côté Sud en présente un, entre 600 et 750°.

En ce qui concerne les prélèvements verticaux, aux toit, milieu et mur d'un même lieu, on trouve généralement des résultats analogues. Sur un total de 14 prises, on note une seule anomalie, un excès de 6% environ pour le

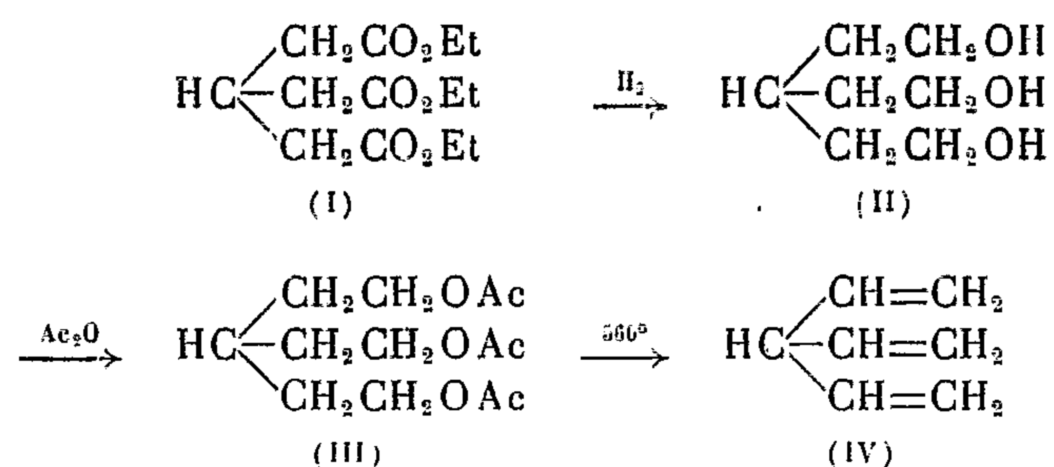
dégagement gazeux avec le toit de la Carrière à remblai de La Mure, dû principalement à $CO_2$.

Ces résultats sont en accord avec les déterminations pétrographiques de M. Duparque qui a signalé qu' « une veine de houille d'un niveau stratigraphique n'a pas des caractères pétrographiques constants, ceux-ci passant latéralement des uns aux autres », mais que « les caractères lithologiques ne varient pas du mur au toit des dites couches ».

D'autre part, ces essais avec les peranthracites alpins ont mis à nouveau en évidence la propriété de fidélité de la méthode du fractionnement thermique. La sensibilité s'est montrée excellente et comparable à celle qui caractérise généralement les méthodes pétrographiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse et sur quelques propriétés du trivinylméthane.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des travaux récents sur le divinylméthane ([1]) ont fait ressortir une influence très nette des deux radicaux vinyle sur la mobilité de l'hydrogène fixé au carbone méthanique. *A priori*, on pouvait s'attendre à une augmentation de cette mobilité, par introduction d'un troisième groupe vinyle; nous avons été amenés ainsi à étudier le trivinylméthane, et la synthèse de ce nouvel hydrocarbure a été réalisée de la façon suivante :




La réduction du méthanetriacétate d'éthyle (I) par l'hydrure de lithium-aluminium conduit avec un rendement de 70 % au *Tri(ω-hydroxyéthyl)méthane* (II) ($É_2$ 189°-191°; $d_4^{19}$ 1,087; $n_D^{19}$ 1,4824). Ce triol, traité par l'anhydride acétique, donne le tri-ester acétique (III) ($É_8$ 185°; $d_4^{20}$ 1,098; $n_D^{20}$ 1,4455; Rdt 83 %), et sous l'action d'un mélange d'acide bromhydrique et d'acide sulfurique à 120°, fournit le *Tri (ω-bromoéthyl) méthane* $(BrCH_2—CH_2)_3CH$ ($É_{20}$ 189-190°; $d_4^{20}$ 1,879; $n_D^{20}$ 1,5512; Rdt 69 %).

([1]) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, (4), 15, 1948, p. 108.

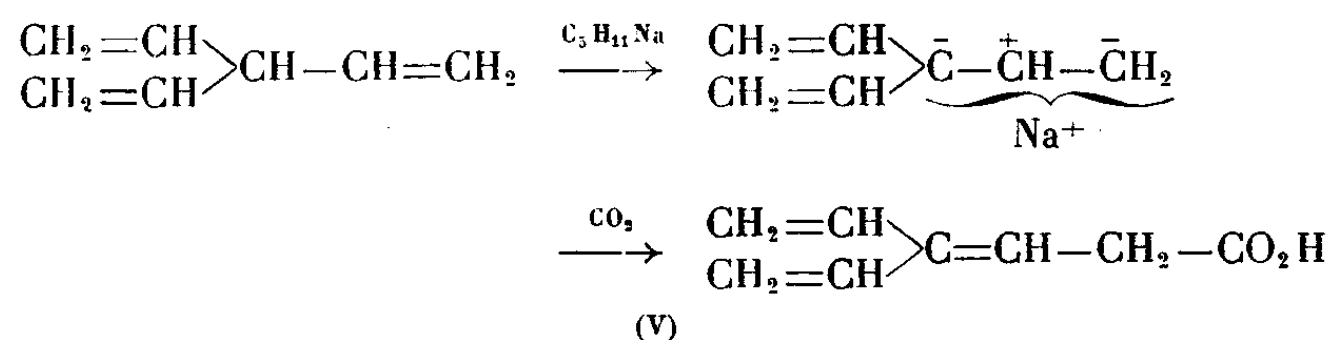
La potasse en solution glycolique, le tertio-butylate de potassium, l'amidure de sodium réagissent facilement sur ce tribromure : tout le brome est minéralisé, mais nous n'avons pu isoler le trivinylméthane en quantité appréciable.

La pyrolyse du tri-ester acétique (III), bien qu'assez délicate, nous a donné de meilleurs résultats. Sur laine de verre, à 560°, on obtient 14 % de diester acétique du vinyl-3 pentanediol-1,5, 33 % d'acétate de di-vinyl-3.3 propyle et 14,9 % de trivinylméthane. En recyclant les esters acétiques du vinyl-3 pentanediol-1,5 et du divinyl-3.3 propanol-1, on obtient encore de nouvelles quantités de trivinylméthane.

Ce carbure se présente sous forme d'un liquide incolore, mobile, bouillant à 77° ($d_4^{20}$ 0,749; $n_D^{20}$ 1,4384). Sa constitution correspond certainement à la formule (IV), car sa réfraction moléculaire est normale (calculé 33,14; trouvé 32,97) et il ne se combine pas à l'anhydride maléique, ce qui exclut la présence d'un système diénique conjugué.

Il ne réagit pratiquement ni sur les métaux alcalins, ni sur l'iodure de méthylmagnésium. L'hydrogène fixé au carbone méthanique est cependant remplaçable indirectement par un atome métallique.

Si dans une suspension de 1 mol d'amylsodium dans 1500 cm³ d'éther de pétrole, on introduit 1 mol de trivinylméthane, il se produit une légère élévation de température; en ajoutant alors un excès de glace carbonique et en opérant comme dans le cas du divinylméthane [1], on obtient avec un rendement de 86 % un acide tri-éthylénique, que nous considérons comme le *Vinyl-4 hexadiène-3.5 oïque* (V); celui-ci résulterait d'une transposition allylique, déjà signalée dans des cas analogues [1] [2]

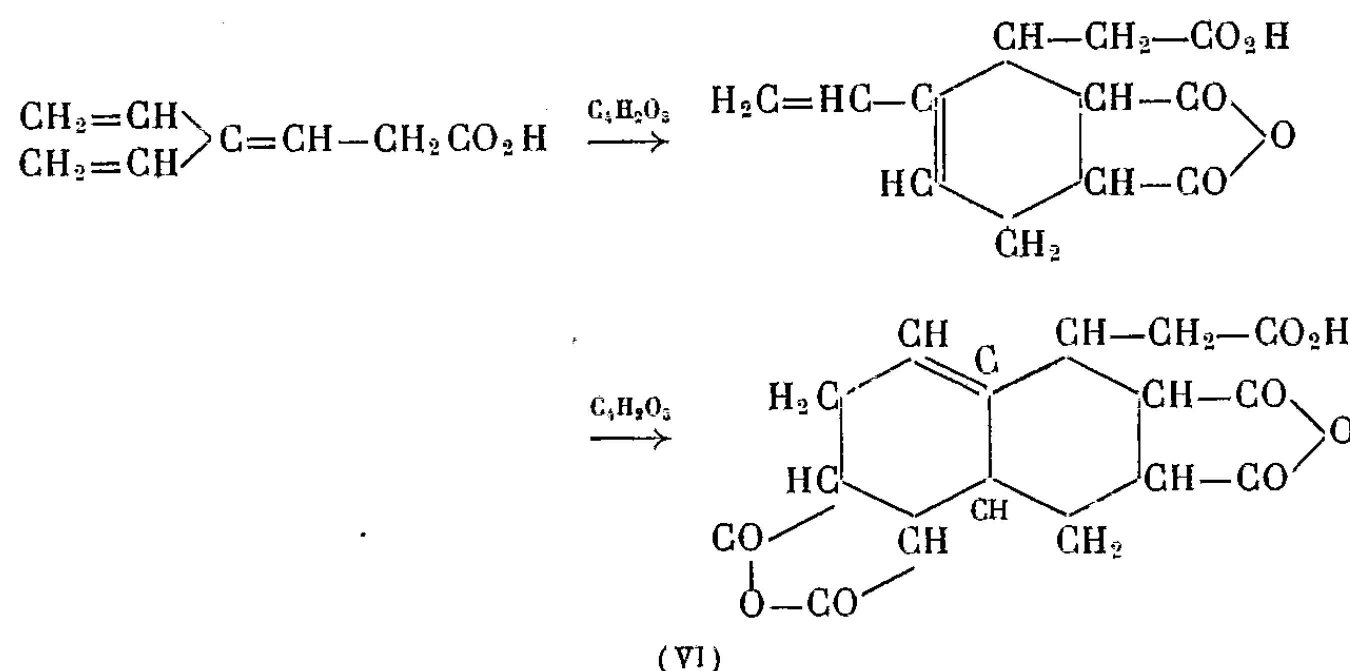



En effet, par hydrogénation sur nickel Raney (T = 25°; P = 100 atm) 1 mol de cet acide fixe 3 mol d'hydrogène et conduit à l'*Ethyl-4 hexanoïque* $(C_2H_5)_2CH-CH_2-CH_2CO_2H$ identifié par ses constantes ($E_{10}$ 121-122°; $d_{17,5}$ 0,940; $n_{17,5}$ 1,4412) et par celle de son *amide* (F 78-79°) ainsi que de son *anilide* (F 64°).

Avec l'anhydride maléique, le vinyl-4 hexadiène-3.5 oïque réagit aisément en donnant un adduct (VI) fusible à 286°. L'analyse de cet adduct montre que

(2) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, (4), **15**, 1948, p. 1199.

conformément à la théorie, 1 mol d'acide trìènique a fixé 2 mol d'anhydride maléique :




CHIMIE ORGANIQUE. — *L'action du sodium sur les cétones aliphatiques dans un milieu inerte*. Note de MM. **André Drweski** et **Joseph Wiemann**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action du sodium sur des cétones aliphatiques en milieu éthéré donne d'après Freer [1] un dérivé sodé de substitution du type $R{-}C{=}CHR'$, des

$ONa$

produits de condensation et des résines abondantes, mal définies. Les agents de condensation tels que l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'éthylate de sodium, l'amidure de sodium, le carbure de calcium ont été étudiés [2] et donnent des produits de condensation, en général au bout d'un temps assez long, avec des rendements médiocres et des produits résineux mal définis.

Nous avons entrepris une étude systématique de l'action du sodium sur les cétones aliphatiques, qui nous a permis d'améliorer les rendements, et qui montre que la réaction se passe différemment suivant le type de cétones [3].

Ainsi les cétones du type $CH_3{-}CO{-}R$ donnent des produits de condensation, soit de deux molécules (type oxyde de mésityle), mais avec une prépondérance des composés provenant d'une condensation de trois molécules (type isophorone); il y a des produits de condensation supérieure. On a isolé aussi des corps, mais en faible proportion, provenant d'une hydrogénation des produits de condensation.

---

(1) *J. Am. Soc.*, **19**, 1897, p. 878.

(2) Knoevenagel, *Ber.*, **39**, 1906, p. 3441; Ekeley, *J. Am. Soc.*, **46**, 1924, p. 447; J. Colonge, *B. Soc. Fr.*, **49**, 1931, p. 426; Haller, *Ann. Chim.*, **29**, 1913, p. 313; Franke-Köhler, *Liebigs Ann.*, **433**, 1923, p. 321.

(3) Wiemann, *voir* Note ci-dessus.

Les cétones du type R—CO—R (R étant un groupement méthylé ou éthylé) donnent principalement des pinacols accompagnés de l'alcool secondaire.

On a utilisé un atome-gramme de sodium pour une molécule gramme de cétone, sauf dans le cas de l'acétone, où l'on a opéré avec une ou deux molécules. Les résultats pour les premiers termes peuvent être résumés dans le tableau suivant, les rendements étant calculés en pour cent et en tenant compte dans la mesure du possible de départ d'eau :

| | Alcool secondaire. | Pinacol. | Produits de condensation de deux molécules. | trois molécules. | supérieure. | Résines non pestillables. | Cétone récupérée. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acétone........... | 10 | traces | 0 | 30 | 10 | 5 | 30-40 |
| Méthyléthylcétone.. | 10 | ? | 5 | 25 | 5 | 2-3 | 30 |
| Méthylpropylcétone. | 10 | 10 | 10 | 30 | 5 | 2-3 | 10 |
| Diéthylcétone...... | 25 | 10 (*) | 5 | 0 | 0 | insignifiant | 40 |
| Dipropylcétone..... | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 | » | 40 |

(*) En plus du pinacol on trouve une quantité égale de pinacolone.

L'absence de l'oxyde de mésityle dans le cas de l'acétone, nous a amené à étudier la réaction de celui-ci sur le sodium. Son action très violente, peut être modérée par l'addition progressive soit de l'oxyde, soit du sodium [ce qui donne de meilleurs résultats ([3])]. Elle donne un rendement de 30 % en isophorone. Certains produits supérieurs sont les mêmes que ceux obtenus à partir de l'acétone. Nous nous proposons d'établir leur structure.

D'autre part, certains corps obtenus dans ces condensations qui sont pour la plupart de nature cétonique, tel l'isophorone, réagissent eux-mêmes sur le sodium pour donner des composés plus élevés; ceci a permis déjà de résoudre en partie la structure de certains produits de condensation supérieure dans le cas de l'acétone et de l'oxyde de mésityle.

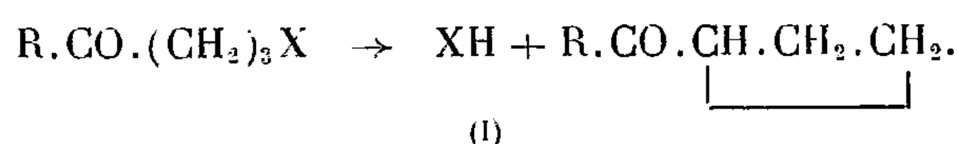
CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les cétones γ halogénées. II. Mobilité de l'halogène.* Note de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les cétones γ halogénées, traitées par CuCN, conduisent à des composés tétrahydrofuranniques bisubstitués en α. Le mécanisme de cette réaction anormale est discuté et des réactions normales d'échange de l'halogène sont décrites.

La condensation des cétones γ halogénées, $R.CO.(CH_2)_3X$, avec des dérivés métalliques conduit principalement, si R est aliphatique et le métal alcalin : CNNa, $NaCH(COOC_2H_5)_2$, ... ([1]) et, si $R{=}C_6H_5$, même avec

([1]) Wolgemuth, *Ann. d. Chim.*, 11, 1914, p. 292.

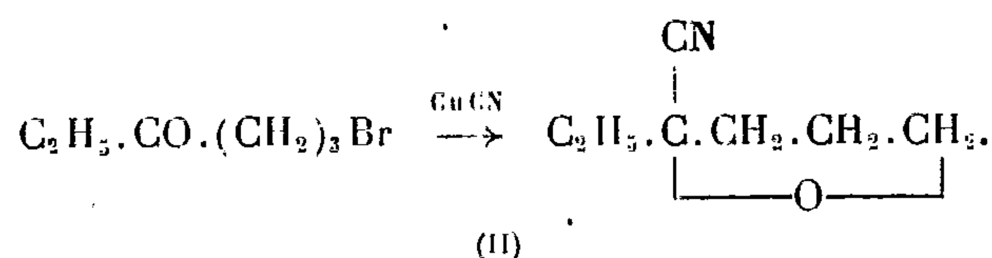
CuCN ([2]), à des alcoyl-cyclopropylcétones



$$R.CO.(CH_2)_3X \rightarrow XH + R.CO.CH.CH_2.CH_2.$$

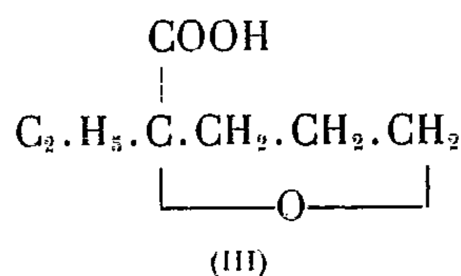
(I)

Par contre, l'action de CuCN, en milieu toluénique, sur $C_2H_5CO(CH_2)_3Br$ fournit peu de (I), pas de produit normal $C_2H_5CO(CH_2)_3CN$, mais, avec un rendement de 70-80 % un nitrile hétérocyclique (II).



(II)

Le nitrile (II), $E_{11}$ 72°, préparé en fait à partir de la cétone bromée brute ([3]) n'a pas été obtenu pur. Il renferme un peu de $Br(CH_2)_3COOC_2H_5$, sous-produit de la réaction de Blaise. Par saponification du mélange au moyen de HOK alcoolique, on obtient : la butyrolactone $E_{11}$ 80-81°, hydrazinolactone F 92° ([4]) et l'acide *éthyl-2 tétrahydrofuranne carboxylique-2* (III)



(III)

$É_{10}$ 116-117°; $d_{16}$ 1,115; $n_{16}$ 1,4580, très soluble dans l'eau et que $SOCl_2$ résinifie, sans donner de chlorure.

*p-toluide :* (III) et *p*-toluidine sont chauffés à 160° pendant 4 heures $É_{10,5}$ 182-183°; F 54° (éther et éther de pétrole).

*Ester éthylique :* chauffage de (III) avec $C_2H_5OH$ et $SO_4H_2$; Rdt 80 %; $É_{10,5}$ 82-83°; $d_{15}$ 1,010; $n_{15}$ 1,4372.

La rupture du noyau hétérocyclique a été faite :

*a.* par $CH_3COCl$ à 150°, en présence de $AlCl_3$, et fournit

$$Cl(CH_2)_3.C.(C_2H_5)(OCOCH_3)-COOC_2H_5$$

$É_{11}$ 138-139° (déc.); $d_{18}$ 1,080; $n_{18}$ 1,4512 et des produits de dégradation;

*b.* par hydrogénolyse (Na et alcool absolu). Il se forme *l'éthyl-2 méthylol-2 tétrahydrofuranne* (IV) et *l'éthyl-2 pentane diol* 1-5 (V)

(IV) $É_{12}$ 80°; $d_{15,5}$ 0,997; $n_{15,5}$ 1,4554.

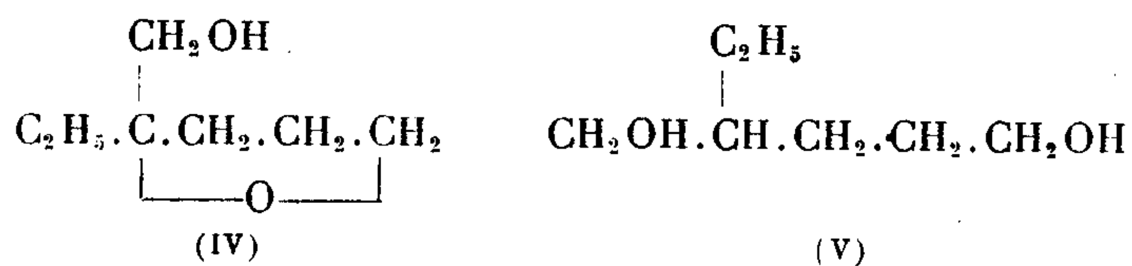
(V) $É_{11,5}$ 139-140°, bisphényluréthane ($C_6H_6$ et éther de pétrole) F 103°,

([2]) Allen et Ball, *J. Amer. Chem.*, 59, 1937, p. 686.

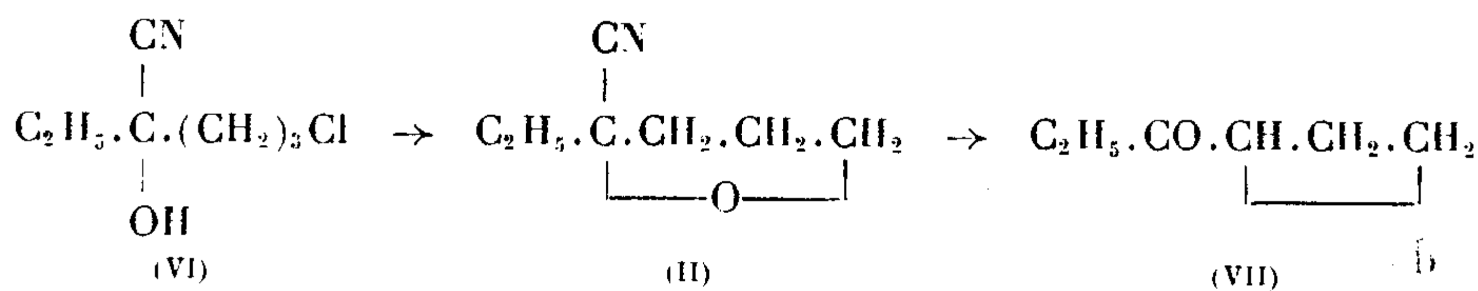
([3]) H. Normant, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1358.

([4]) H. Normant, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1348.

$PO_4H_3$ à 85 % cyclise (V) en *éthyl-3 tétrahydropyranne* É 136-137°, $d_{17}$ 0,870; $n_{17}$ 1,4330.



La transformation, inattendue, des cétones γ halogénées en époxy-nitriles, rappelle celle des cétones α halogénées ([5]) et peut s'expliquer, également, par l'intervention de la cyanhydrine (VI). En effet, le produit de la cyclisation de cette dernière ([1]), comme celui dérivant de l'action de BrH en solution éthérée sur une suspension de CuCN dans (VII) se révèlent identiques.

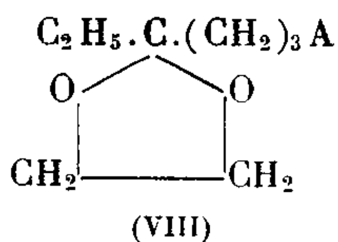


La cyanhydrine de (VII), obtenue par action de HCN sec (Rdt 52 % ; $E_{10,5}$ 98-99°), traitée par ClH donne surtout des produits chlorés et l'addition de HCN liquide à l'éthyl-2 Δ-2 dihydrofuranne ne donne pas le composé (II).

Pour réaliser les réactions normales d'échange de l'halogène, on peut :

*a.* ou laisser la fonction cétonique et opposer un réactif peu alcalin qui ne s'y additionne pas. En effet, $C_2H_5.CO.(CH_2)_3Cl$, traitée par $C_2H_5ONa$, fournit en majeure partie (I) où $R = C_2H_5$, mais avec $C_2H_5-OMgBr$ le produit principal est au contraire, l'ω *éthoxy hexanone-4* $C_2H_5.CO.(CH_2)_3OC_2H_5$; $É_{11,5}$ 72°; $d_{14,5}$ 0,905; $n_{14,5}$ 1,4242; semicarbazone (éther et éther de pétrole) F 93° ([6]).

*b.* ou bloquer la fonction cétonique sous forme de *cétal* et dans ce cas, l'action d'un réactif, *même alcalin*, doit être normale. On a préparé :



A = Cl, agitation de la cétone chlorée avec le glycol en présence de $P_2O_5$; $E_{12}$ 98-99°; $d_{19,5}$ 1,091; $n_{19,5}$ 1,4542.

---

([5]) Prévost et Sommière, *Bull. Soc. Chim.*, **2**, 1935, p. 1156; Richard, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 943.

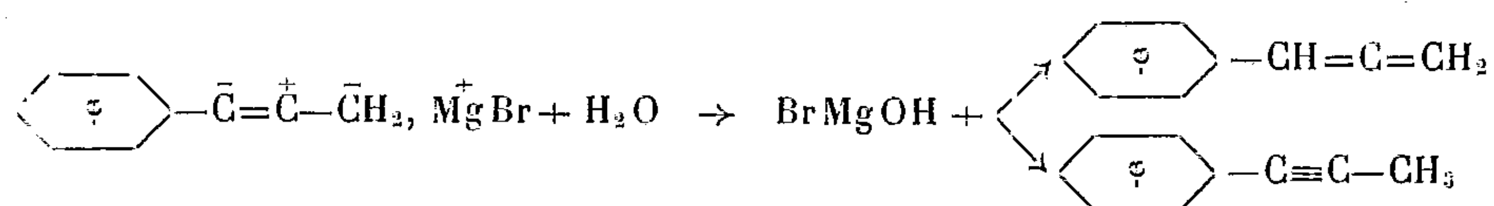
([6]) Breckpot, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **33**, p. 492 (indique F 87°).

$A = OC_2H_5$, action de $C_2H_5ONa$ sur le précédent $É_{11}$ 100°; $d_{14}$ 0,970; $n_{14}$ 1,4368; par hydrolyse acide il donne l'ω éthoxy-hexanone-4.

$A = CN$ par CNNa; $É_{11}$ 130-132°, que ClH transforme en acide δ cétonique $C_2H_5.CO.(CH_2)_3COOH$, cristaux (éther et éther de pétrole) F 50° (7).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouvelles synthèses du phénylallène.* Note de M. **Marcel Gaudemar**, présentée par M. Charles Dufraisse.

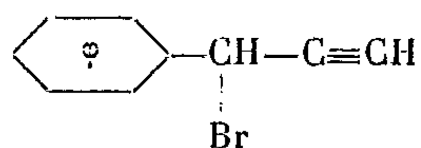
La bibliographie mentionne une préparation du phénylallène, utilisant l'hydrolyse du bromure de γ-phényl-propargyl-magnésium (1). Grâce à la transposition propargylique, la réaction conduit à deux carbures isomères



Les auteurs pensent avoir séparé par distillation ces carbures, dont les points d'ébullition diffèrent de quatre degrés seulement. Le phénylallène est décrit comme un liquide incolore, jaunissant rapidement, se transformant en quelques heures, à température ambiante, en une masse brune, solide, et se polymérisant très facilement à la distillation. Ils donnent les constantes suivantes : $É_{15}$ 68-69°; $n_D^{20}$ 1,563.

Avant de connaître ces résultats, nous nous occupions déjà de la transposition propargylique; nous avions obtenu le phénylallène par la seconde des méthodes souscitées, que nous avions brièvement mentionnée (2). Aussi proposerons-nous deux synthèses de ce carbure : hydrolyse du bromure d'α-phényl-propargyl-magnésium, condensation du bromure de propargyle et du bromure de phényl-magnésium.

Le bromure d'α-phényl-propargyl-magnésium



a été obtenu par action du tribromure de phosphore sur l'alcool correspondant. Ce bromure brut, tel qu'il provient de la préparation, est extrêmement instable; il est possible de le manipuler tant qu'il est en solution, mais le solvant éliminé, même à température ambiante, il se polymérise brusquement avec explosion. Nous avons pu cependant, en opérant sur de petites quantités et très rapide-

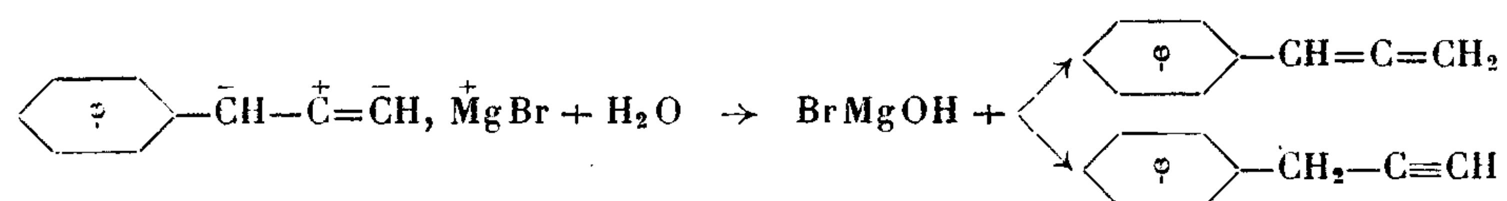
(7) Blaise et Maire, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 573.

(1) Gerald et Lappin, *J. Am. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 3966.

(2) Ch. Prévost, M. Gaudemar et J. Honiberg, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1186.

ment, séparer ce bromure à l'état pur. Toutefois il est plus commode de le préparer au sein de l'éther, et d'utiliser directement cette solution à la préparation du magnésien.

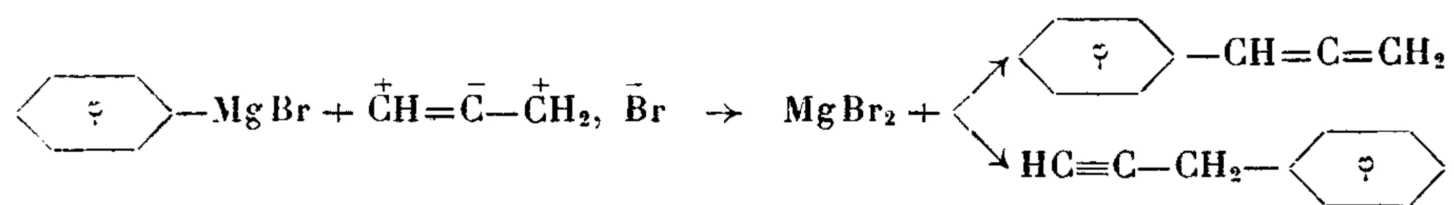
L'hydrolyse de ce dernier conduit à un mélange de phénylallène et de phénylpropyne vrai



Le rendement global par rapport à l'alcool de départ, est de 20 %. Le dosage de la fonction acétylénique vrai, effectué suivant une méthode récente (³), montre que ce mélange renferme 85 % de carbure allénique et 15 % d'acétylénique. Il est facile de séparer les deux constituants par le chlorure cuivreux ammoniacal ou par le nitrate d'argent alcoolique et de les obtenir séparément à l'état pur.

Voici les constantes que nous avons observées pour le phénylallène $É_{15}$ 68°; $n_D^{17}$ 1,583; $d_{17}$ 0,937.

La condensation du bromure de propargyle et du bromure de phénylmagnésium, effectuée à — 15°, conduit à un mélange de mêmes carbures



Le rendement global par rapport au bromure de propargyle est de 80 %. Le mélange renferme 40 % de carbure allénique et 60 % d'acétylénique; on les sépare comme précédemment.

Le phénylallène obtenu ici a des constantes pratiquement identiques à celles du carbure préparé par la première méthode. Afin d'être certain de l'identité des deux fractions nous en avons fait les spectres Raman : ils sont identiques. Par action du brome, chaque fraction donne quantitativement un même tétrabromure unique, fondant à 76°.

Nous avons observé que le phénylallène pur est un liquide normalement stable. Nous possédions du carbure préparé il y a un an; redistillé, il a passé intégralement au point voulu, sans laisser de résidu important.

Le phénylallène préparé par Gérald et Lappin semble donc impur, et le phénylallène pur n'a pas l'instabilité que les auteurs américains lui prêtent.

(³) MARSZAK et KOULKES, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 364.

PHYSIQUE CRISTALLINE — *Élasticité des cristaux.*
Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans un milieu cristallin, illimité, peuvent se propager, suivant toute direction $\vec{q}$, trois vibrations harmoniques, rectilignes, orthogonales. La vitesse de l'onde W, et la direction $\vec{a}$ de la vibration transportée, sont déterminées par trois équations linéaires, homogènes. Désignons par $q_\gamma$ et $q_\delta$ les cosinus directeurs du vecteur $\vec{q}$, par $a_\alpha$ et $a_\beta$ ceux du vecteur $\vec{a}$. Si $\rho$ est la masse spécifique du cristal ([1])

$$(1) \qquad W a_\alpha = \frac{1}{\rho}\sum_\beta\left(\sum_{\gamma\delta} A_{\alpha\gamma,\beta\delta}\, q_\gamma q_\delta\right) a_\beta \qquad (\alpha, \beta, \gamma, \delta = 1, 2, 3),$$

$A_{\alpha\gamma,\beta\delta}$ sont les coefficients d'élasticité de Voigt, représentés le plus souvent par des symboles à deux indices $C_{\varepsilon\zeta}$ ($\varepsilon, \zeta = 1, 2, 3, 4, 5, 6$). Ces coefficients prennent, en général, 21 valeurs distinctes. Ce sont les 21 constantes élastiques définies par Cauchy ([2]), estimées jusqu'ici suffisantes pour déterminer l'énergie et les tensions nécessaires à la production des déformations cristallines qui obéissent à la loi de Hooke. Voigt applique au milieu cristallin les lois de l'élasticité classique. Il suppose ce milieu homogène à toute échelle; car la théorie classique de l'élasticité exige une homogénéité absolue.

C'est Born ([3]), ([4]) qui a réédifié l'élasticité cristalline sur la structure atomique. Il rejoint toutes les conclusions de Voigt. Mais pour y parvenir, il fait appel aux forces centrales. Or, les atomes engagés dans le milieu cristallin n'exercent point les uns sur les autres des forces centrales, sauf chez quelques cristaux ioniques, tels le sel gemme, encore est-ce approximativement et dans un bref intervalle de température.

J'ai repris la théorie atomique de l'élasticité cristalline, restreinte aux déformations conformes à la loi de Hooke. Une déformation du milieu cristallin consiste essentiellement en un déplacement des atomes les uns par rapport aux autres. J'admets que les forces de rappel appliquées aux atomes sont entièrement déterminées par ce déplacement. Je prends en compte les atomes deux à deux, et j'exprime par un tenseur la force de rappel que l'un exerce sur l'autre. Je ne fais, de la sorte, aucune hypothèse sur la nature des forces qui lient les atomes, en particulier je ne les suppose point centrales. Quelle

---

(1) E. B. Christoffel, *Ann. di. Mat.*, 2-8, 1877, p. 193; M. Born et Th. von Kármán, *Phys. Z.*, 13, 1912, p. 297.
(2) Mémoire présenté à l'Académie des Sciences en septembre 1821 (non publié).
(3) *Lehrbuch der Kristallphysik*, Teubner, Berlin 1910.
(4) *Atomtheorie des Festen Zustandes*, Teubner, Berlin 1923.

que soit leur nature, il sera toujours possible de les définir au moyen de tenseurs, et les résultats que j'atteins resteront valables. Cela posé, j'obtiens les équations des oscillations

$$\mathrm{W}a_\alpha = \frac{1}{\rho}\sum_\beta\left(\sum_{\gamma\delta}\mathcal{N}_{\alpha\gamma.\beta\delta}\,q_\gamma q_\delta\right)a_\beta,$$

semblables aux équations classiques (1), mais où entrent des coefficients $\mathcal{N}_{\alpha\gamma,\beta\delta}$ différents. Ce sont des densités tensorielles, covariantes en $\alpha$ et $\beta$, contrevariantes en $\gamma$ et $\delta$. Ces coefficients $\mathcal{N}_{\alpha\gamma,\beta\delta}$ sont assujettis à la symétrie cristalline par les mêmes lois, et sont donc toujours en même nombre que les coefficients de Voigt. Mais la symétrie cristalline exclue, leurs propriétés géométriques sont telles qu'ils sont uniquement symétriques en $\alpha\gamma$ et $\beta\delta$, tandis que les coefficients de Voigt le sont, de plus, en $\alpha$ et $\gamma$, et en $\beta$ et $\delta$. Leurs valeurs distinctes sont donc plus nombreuses que celles des coefficients de Voigt. En général, c'est-à-dire si le cristal est triclinique, ils prennent 45 valeurs; si le cristal est cubique, le nombre de leurs valeurs tombe à quatre. Ils sont déterminés par les périodes du milieu cristallin et par les tenseurs qui expriment les forces de rappel entre les atomes pris deux à deux; enfin liés aux coefficients de Voigt par la relation

$$\frac{1}{4}(\mathcal{N}_{\alpha\gamma,\beta\delta}+\mathcal{N}_{\gamma\alpha,\beta\delta}+\mathcal{N}_{\alpha\gamma,\delta\beta}+\mathcal{N}_{\gamma\alpha,\delta\beta}) = \Lambda_{\alpha\gamma,\beta\delta}.$$

J'ai recherché les déformations cristallines régies par les coefficients de Voigt. J'ai trouvé seulement les déformations linéaires, celles qui laissent le milieu cristallin triplement périodique. En conséquence, les déformations cristallines, conformes à la loi de Hooke, non linéaires, feraient, en général, intervenir 45 constantes élastiques, et non 21. Mais, si les forces de rappel entre les atomes devenaient centrales, les coefficients $\mathcal{N}_{\alpha\gamma,\beta\delta}$ se confondraient avec ceux de Voigt, et le milieu cristallin, bien qu'hétérogène à l'échelle atomique, obéirait aux lois qui règlent l'élasticité d'un milieu homogène à toute échelle.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Méthode d'analyse cristallographique ponctuelle*. Note de MM. **Raymond Castaing** et **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons récemment décrit [1] le principe d'un *microanalyseur à sonde électronique* permettant l'analyse élémentaire d'un volume de l'ordre du micron cube par spectrographie de l'émission des rayonnements X caractéristiques. Dans un prochain Mémoire, l'un de nous exposera les

[1] Communication au Congrès de Microscopie Électronique, Paris, 1950.

possibilités de cette méthode et la précision qu'on peut atteindre dans l'analyse quantitative. Dans la présente Note, nous voudrions signaler une autre application du même appareil : l'analyse cristallographique locale. On aurait pu songer à utiliser les figures de diffraction électronique produites par le faisceau incident. Mais, dans cette méthode, ou bien l'échantillon doit être spécialement aminci, ou bien, s'il est massif, la surface touchée par les électrons est considérablement agrandie par suite de la très faible incidence du faisceau.

Aussi avons-nous essayé d'obtenir des diagrammes de diffraction des rayons X par la méthode de Kossel ([2]). L'expérience nous a montré que, malgré la faible intensité du courant électronique dans la sonde ($< 10^{-7}$ A), il est possible d'avoir des diagrammes utilisables en quelques minutes de pose avec le montage suivant. La source ponctuelle de rayons X résulte de l'impact de la sonde sur la surface de l'échantillon, si celui-ci contient des éléments susceptibles d'émettre une raie K de longueur d'onde convenable (éléments de poids atomique moyen); dans le cas contraire, la surface de l'échantillon est recouverte par un mince dépôt métallique (par exemple, on dépose sur l'aluminium une couche de cuivre de $2\,\mu$). Le film sensible est placé à quelques millimètres de la source, du côté de l'échantillon frappé par les électrons si l'on opère par réflexion, de l'autre si l'on opère par transmission. C'est un film à grains très fins et à fort facteur de contraste, ces deux qualités étant essentielles, tandis que la très faible sensibilité aux rayons X de ces films n'est pas gênante.

Les « lignes de Kossel » représentent l'intersection avec le plan du film des cônes des rayons réfléchis sélectivement (lignes noires) ou absorbés par extinction (lignes blanches) correspondant aux différents systèmes de plans réticulaires du cristal touché par la sonde. Il est curieux de constater que le temps de pose pour l'obtention d'un diagramme de Kossel correct est à peu près le même qu'avec un tube à rayons X usuel débitant un courant 50 000 fois plus fort. Ceci est dû à la finesse de la source qui permet de rapprocher le film tout en conservant le contraste entre le fond du cliché et les lignes de Kossel.

La disposition des lentilles électroniques dans l'appareil actuel nous empêche de recueillir les rayons X réfléchis par un échantillon massif dans un angle solide suffisant; aussi les diagrammes ont-ils été faits surtout par transmission; l'épaisseur optimum de l'échantillon dépend de son coefficient d'absorption (par exemple $2/10^{e}$ de millimètre pour l'aluminium et le rayonnement $CuK\alpha$). Les premiers résultats que nous avons établis sont les suivants :

---

([2]) M. VON LAUE, *Röntgenstrahlen-interferenzen*, Leipzig, 1941, p. 328.

1° La finesse des lignes de Kossel après agrandissement du cliché ($\times$ 20) est telle que l'orientation des axes du cristal peut être repérée à 2′ près.

2° Par la méthode de K. Lonsdale ([3]), fondée sur l'observation des intersections des lignes de Kossel, on peut aisément déterminer la valeur, au point touché par la sonde, des paramètres à un millième près.

3° On peut obtenir des diagrammes à lignes d'extinction même avec des cristaux parfaits (quartz). La distance source-film étant portée à 30 mm, la divergence entre les rayons touchant le film sur un grain de l'émulsion est réduite à 30″, ce qui n'est pas trop grand devant la largeur du domaine angulaire de réflexion sélective sur un cristal parfait. Avec une source usuelle, ces diagrammes ne sont pas visibles en général ([3]), car, pour avoir une aussi bonne définition des faisceaux, il faudrait éloigner le film à plusieurs mètres.

4° Nous avons pu mettre en évidence les lignes caractéristiques d'un cristal de $Al_2Cu$ de 10 $\mu$ inclus dans une matrice d'aluminium. Ces lignes sont très faibles sur le diagramme par transmission, par suite de l'absorption dans la matrice, hors du cristal étudié, mais il est certain que les lignes seraient beaucoup plus nettes sur le diagramme par réflexion.

Ces expériences préliminaires montrent donc que le microanalyseur à sonde, non seulement donne la composition chimique d'une inclusion microscopique, mais permet d'identifier son réseau cristallin et de préciser l'orientation et les paramètres de celui-ci.

MINÉRALOGIE. — *Sur deux modes de détermination des teneurs en uranium et en thorium du granite de Quintin, par autoradiographie du granite pulvérisé et par voie physico-chimique.* Note de MM. **André Demay**, **Adolphe Lepape** et **Marcel Geslin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les teneurs en U et Th du granite de Quintin, obtenues par la méthode classique, dosage du radon et du thoron, et la teneur en U obtenue par fluorescence s'accordent de manière remarquable avec les teneurs que M. R. Coppens a déterminées par l'autoradiographie du granite pulvérisé. L'autoradiographie permettra, surtout pour l'activité globale, des recherches qui auraient demandé beaucoup plus de temps avec la méthode classique.

Dans le cadre des recherches entreprises par l'un de nous ([1]) sur la radioactivité du granite de Quintin, nous nous sommes proposé de comparer les teneurs en uranium et en thorium de ce granite, déterminées par des méthodes très différentes.

M^me Irène Curie a posé en 1946 les bases d'une détermination des très faibles

([3]) *Phil. trans. Roy. Soc. London*, **219**, 1947, p. 240.

([1]) A. Demay, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 338 et 639.

teneurs de toutes les roches en radioéléments, par l'observation des trajectoires de rayons $\alpha$ dans l'émulsion photographique. M. René Coppens a mis au point la méthode sur le plan expérimental [2]. Si N est le nombre de rayons $\alpha$ visibles, dans les conditions de ses expériences, par centimètre carré et par seconde, K' un coefficient qui pour le granite est approximativement égal à 15, $C_U$ et $C_{Th}$ les concentrations en U et en Th, on peut écrire

$$N = K' (8{,}58\, C_U + 2{,}56\, C_{Th}). \tag{1}$$

Cette formule, légèrement différente de celle qui figure dans sa Thèse, résulte d'une communication encore inédite de M. Coppens.

Parmi les roches étudiées par M. Coppens, figure le granite de Quintin, désigné dans sa Thèse sous le nom de granite de Bretagne, collection de M. Demay. Pour ce granite, M. Coppens a déterminé : $C_{Th}/C_U = 2{,}8$, $N = 2.10^{-3}$.

En tenant compte de la formule (1), M. Coppens aboutit aux résultats suivants : $C_U = 0{,}85.10^{-5}$, $C_{Th} = 2{,}38.10^{-5}$.

D'après des indications inédites de M. Coppens, les erreurs relatives peuvent être évaluées à 0,76/16 pour la part qui provient de la mesure $C_{Th}/C_U$, à 4/100 pour le nombre N de trajectoires par centimètre carré et par seconde, à 1/15 pour le coefficient K'. L'erreur globale serait ainsi, en plus ou en moins, inférieure à 20 %.

Il nous a paru important de comparer les teneurs déterminées par l'autoradiographie à celles que donne la méthode classique. A cet effet, des fragments du granite de Quintin (55 g, 6435), provenant d'un même prélèvement de quelques kilos auquel avaient été empruntés les fragments étudiés par M. Coppens, ont été, au laboratoire de M. Lepape, pulvérisés et mis en solution par traitement chimique, fusions alcalines, dont l'insoluble après dilution à l'eau carbonatée chaude, a été repris par l'acide chlorhydrique. Les liqueurs chlorhydriques contiennent tout le Ra et tout le Th présents initialement dans la masse de granite attaquée. Le radium a été dosé par la quantité de radon engendré au bout d'une durée d'accumulation en ballon Pyrex de 2 l, bien déterminée par la méthode dite « par ébullition » (M. Geslin et M^lle^ Kaziz); le thorium a été dosé par le thoron, méthode du courant gazeux (M^lle^ D. Bézier).

Les chiffres obtenus sont les suivants :

$2{,}8\ .10^{-12}$ g de Ra par gramme de granite,
$0{,}82.10^{-4}$ g de U par gramme de granite, si l'on admet l'équilibre radioactif,
$2{,}2\ .10^{-5}$ g de Th par gramme de granite.

---

(2) *Bull. Soc. fr. Minér.*, 73, 1950, p. 217, *Thèse*, Paris.

Les erreurs possibles sont évaluées à $\pm 2$ % pour le radium et aussi pour l'uranium s'il y a équilibre, et à $\pm 5$ % pour le thorium.

Cette analyse a été complétée par une détermination directe de la teneur en uranium, par fluorescence. Les solutions chlorhydrique et carbonatée, obtenues comme il a été indiqué plus haut, ont été étudiées au Service de Chimie appliquée du Commissariat à l'Énergie atomique, avec l'autorisation du Commissariat, par M. J. Huré. Les résultats sont les suivants :

$(12 \pm 3).10^{-6}$ g U dans la solution carbonatée,

$(500 \pm 30).10^{-6}$ g U dans la solution chlorhydrique.

La teneur en U est ainsi de $(0,92 \pm 0,06).10^{-5}$ g par gramme de granite. Il est remarquable de constater que la plus grande partie de l'uranium, 97,6 %, est passée dans la solution chlorhydrique, probablement à cause de la présence d'un excès d'alcalis dans les liqueurs carbonatées.

Le tableau ci-dessous permet de comparer les résultats obtenus :

| Méthode de détermination. | $C_U.10^5$. | $C_{Th}.10^5$. | $\frac{N}{K'}.10^4$. |
|---|---|---|---|
| Autoradiographie | 0,85 | 2,38 | $1,33 \pm 0,13$ |
| Dosage du radon et du thoron | 0,82 | 2,2 | $1,27 \pm 0,04$ |
| Dosage du thoron et fluorescence pour U | 0,92 | 2,2 | $1,35 \pm 0,08$ |

Dans la quatrième colonne figurent les valeurs de $N/K'$ qui sont proportionnelles à l'activité globale, basées sur la mesure de N et l'estimation $K' = 15$ pour la méthode par autoradiographie, sur les déterminations de U et Th et l'application de la formule (1) pour les deux autres méthodes.

L'accord des trois chiffres est remarquable. L'accord entre les résultats que M. Coppens a obtenus pour les teneurs en U et en Th par l'autoradiographie du granite pulvérisé et ceux de la méthode classique est aussi très satisfaisant. L'écart, un peu plus sensible, entre la teneur en U par fluorescence et par le dosage du radon reste dans les limites d'erreur envisagées. On ne peut en induire, pour le moment, que l'équilibre radioactif est altéré dans la partie superficielle du granite de Quintin.

En conclusion, l'autoradiographie permettra, surtout pour l'activité globale, des recherches qui auraient demandé beaucoup plus de temps, avec la méthode classique, par le radon et le thoron. Une précision plus grande dans le dosage de U par fluorescence permettrait de déterminer dans quels cas l'équilibre radioactif est réalisé pour un granite.

MINÉRALOGIE. — *Reproduction artificielle de grenats ferro-manganésifères; série almandin-spessartine.* Note de Mme **Mireille Christophe Michel-Lévy**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Synthèse de grenats plus ou moins manganésifères entre 500° et 700° C sous pression de vapeur d'eau. La température joue un rôle essentiel, celui de la pression semble secondaire.

Il existe dans la nature une série de termes intermédiaires entre la spessartine $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$ et l'almandin $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ représentés par la formule $(Mn_xFe_{1-x})_3Al_2Si_3O_{12}$; on ne connaît d'ailleurs pas d'almandin où le manganèse soit complètement absent. D'après les analyses groupées par Wright (1), les termes plus riches en fer se rencontrent surtout dans les micaschistes, les termes plus riches en manganèse, dans les granites, les pegmatites et les roches silico-alumineuses au contact du granite.

Seule la spessartine a été jusqu'ici reproduite artificiellement à l'air libre par Gorgeu (2) puis par Dœlter (3), en portant au rouge un mélange d'argile ou de silice et d'alumine, et de chlorure de manganèse en excès, expérience que nous avons facilement réalisée. Mais ces conditions s'éloignent beaucoup des conditions naturelles. Nous avons alors chauffé en présence de vapeur d'eau sous pression pendant quatre à cinq jours des mélanges de silice et d'alumine précipitées, de carbonates de fer et de manganèse dans les proportions correspondant à la formule du grenat et pour $x = 1$, 0,5, 0,3, 0,1, 0,05 et 0, à différentes pressions, à températures variées, et en présence de fluosilicate de sodium qui s'est avéré un minéralisateur utile : dans les mêmes conditions de température et de pression et pour $x = 0,5$, sans fluosilicate de sodium, on obtient de tout petits grenats; avec du fluosilicate de sodium on obtient des cristaux bien plus nourris d'environ 15-20 μ ainsi que de l'albite et un oxyde de fer. Les cristaux de grenats obtenus dans ces différents essais sont limpides, bien formés avec les faces (110); ils présentent souvent un grain opaque en leur centre. Lorsqu'on les soumet à un second recuit, mélangés avec silice, alumine, carbonates de fer et de manganèse et fluosilicate de sodium, ils s'accroissent, la zone d'accroissement de 3 à 4 μ d'épaisseur étant formée de grenat limpide alors que le cœur prend un aspect enfumé.

*Effets de la pression.* (Température constante de 500°C). — La spessartine pure s'obtient aussi bien sous 500 que sous 1000 kg:cm² de pression de vapeur d'eau. Le fluosilicate de sodium est inutile. Le produit est abondant. Un diagramme de rayons X nous a permis de mesurer sa

(1) *Amer. Mineralogist*, 23, 1938, p. 437.

(2) *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 1303.

(3) C. Dœlter et E. Hussak, *Neues Jahrb. Miner.*, 1, 1884, p. 169.

maille : $a = 11,57 \pm 0,02$ Å. Du grenat se forme pour des mélanges allant jusqu'à $x = 0,3$. Pour $x = 0,1$, on n'en obtient ni à 500 ni à 1000 kg:cm² de pression. Un essai avec $x = 0,05$ sous haute pression de gaz provenant de la détonation de l'hexogène ($P = 4000$ kg:cm² environ) n'a pas eu plus de résultats.

*Effets de la température.* (Pression comprise entre 500 et 700 kg:cm²). — Nous venons de voir qu'à 500°, la limite de formation du grenat correspond à $x = 0,3$. A 600°, il apparaît pour un mélange correspondant à $x = 0,1$, mais il n'apparaît pas lorsque $x = 0,05$. Les cristaux sont petits mais assez abondants. A 700°, quelques rares grenats se forment lorsque $x = 0,05$, aucun dans le mélange correspondant à l'almandin pur.

Nous avons ainsi obtenu des grenats en présence d'eau dans un domaine de température et de pression qui se rapproche vraisemblablement des conditions naturelles. De même que dans la nature, il ne s'est pas formé d'almandin sans manganèse.

Le rôle de la température est prépondérant; en effet, les grenats dont la composition est voisine de celle de l'almandin se forment à températures plus élevées que les spessartines; mais les variations de pression ne semblent pas jouer un rôle majeur dans ces différentes teneurs en fer et en manganèse. Ceci va à l'encontre des idées généralement admises selon lesquelles l'almandin se formerait sous forte pression ou sous l'effet de « stress » considérable dépendant de conditions tectoniques particulières.

MÉCANIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Ondes atmosphériques associées aux discontinuités du tourbillon (ondes planétaires et ondes de cyclone).* Note de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

Les ondes dont il s'agit ici sont les ondes adiabatiques à mouvement horizontal et non divergent, superposées aux courants de la circulation générale aux niveaux voisins de 12 km, où l'énergie de cette circulation est maxima. Leur considération est justifiée, comme on sait, par le fait qu'à ces niveaux tous les mouvements synoptiques sont approximativement de cette nature. Le paramètre hydrodynamique fondamental qui intervient étant $\zeta$, composante verticale du tourbillon absolu, il est tout indiqué de développer surtout l'étude pour le cas où le mouvement de base est un système de courants zonaux tels que $\zeta$ soit uniforme à chaque niveau dans chacun d'eux mais discontinu sur les frontières qui les séparent, la vitesse elle-même étant en outre supposée partout continue. Il se trouve d'ailleurs qu'un tel courant de base constitue une idéalisation très raisonnable de la circulation générale à chaque instant.

1° *Système de deux courants.* — Si l'on néglige la viscosité et si l'on prend une unité de longueur variable avec la latitude proportionnellement à la

longueur du parallèle géographique, de façon à tenir compte automatiquement de la courbure terrestre, on trouve des ondes toutes stables, dont l'amplitude décroît exponentiellement à partir de la frontière des courants, et qui obéissent à la loi de dispersion linéaire.

$$c = U - \frac{\Delta\zeta}{4\pi}\lambda \tag{1}$$

($\lambda$ = longueur d'onde; $c$ = vitesse de phase vers l'Est; $U$ = vitesse de base vers l'Est sur la frontière; $\Delta\zeta$ = accroissement discontinu de $\zeta$ sur cette frontière, positif vers le Nord). Dans le cas particulier d'un jet-stream simple on a $U > 0$ et $\Delta\zeta > 0$, donc les ondes sont stationnaires pour $\lambda = 4\pi U/\Delta\zeta$. On en déduit une théorie des centres d'action semi-permanents analogue à celle de Rossby, mais plus conforme à la réalité.

2° *Système de plus de deux courants.* — On trouve une équation de dispersion en $c$ dont le degré est égal au nombre de frontières. Ainsi pour trois courants, cette équation est

$$(c - c_1)(c - c_2) - \Delta\zeta_1\Delta\zeta_2\frac{e^{-2kd}}{4k^2} = 0 \qquad \left(c_{1,2} = U_{1,2} - \frac{\Delta\zeta_{1,2}}{4\pi}\lambda;\ k = \frac{2\pi}{\lambda}\right) \tag{2}$$

($U_1$, $U_2$ = vitesses sur les frontières; $\Delta\zeta_1$, $\Delta\zeta_2$ = discontinuités correspondantes de $\zeta$; $d$ = distance entre les frontières). Si $\Delta\zeta_1$ et $\Delta\zeta_2$ ont le même signe, ce qui est le cas d'un jet-stream double, on n'a encore que des ondes stables, mais deux valeurs de $c$ pour chaque $\lambda$, et de même on peut avoir deux longueurs d'onde telles que $c = 0$. Par contre, si l'on suppose par exemple $\Delta\zeta_1 > 0$ et $\Delta\zeta_2 < 0$, et en outre $U_1 > U_2$, on obtient une bande spectrale d'ondes instables entourant la valeur de $\lambda$ telle que $c_1 = c_2$; en outre, si $\Delta\zeta_2 \to 0$, cette bande se réduit à la raie unique ayant pour longueur d'onde

$$\lambda_0 = 4\pi\frac{U_1 - U_2}{\Delta\zeta_1}. \tag{3}$$

Il en résulte que si un jet-stream simple est légèrement déformé par l'apparition d'une petite discontinuité $\Delta\zeta_2$ le long d'un parallèle où la vitesse $U_2$ du courant est inférieure à la vitesse $U_1$ sur l'axe, il peut devenir le siège d'ondes instables de longueur d'onde voisine de $\lambda_0$, et l'on trouve pour le coefficient d'instabilité (accroissement relatif de l'amplitude par unité de temps) la valeur suivante lorsque $\lambda = \lambda_0$ :

$$\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{|\Delta\zeta_1\,\Delta\zeta_2|}\,e^{-k_0 d} \qquad \left(k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}\right), \tag{4}$$

donc en vertu de (3) l'instabilité n'est importante que si $d$ n'est pas trop grand.

Ces résultats se généralisent par un nombre quelconque de courants, et les ondes instables obtenues ont d'étroites analogies avec les ondes de cyclone naissantes : maximum d'amplitude sur le parallèle où est apparue la disconti-

nuité, vitesse de phase égale à la vitesse du courant sur ce parallèle, et malgré cela on trouve qu'elles ne sont pratiquement pas affectées par la viscosité. Cela suggère la théorie suivante pour les ondes de cyclone : Sous l'effet par exemple d'une forte convection ayant son siège dans la basse atmosphère (cas d'une mer chaude atteinte par de l'air froid), le jet-stream peut être légèrement ralenti dans une bande zonale assez bien délimitée et pas trop éloignée de l'axe, ce qui se traduit à peu près par l'apparition d'un $\Delta\zeta$ négatif assez près de cet axe pour que des ondes instables de longueur d'onde bien définie puissent se développer, et ces ondes ne seraient autres que les ondes de cyclone. La théorie s'applique non seulement aux cyclones extra-tropicaux (versant polaire du jet), mais également aux « vagues d'Est » et aux cyclones tropicaux (versant équatorial). La formule (4) fournit d'ailleurs une limite supérieure pratique pour $\lambda_0$, qui se trouve être en bon accord avec la longueur d'onde des cyclones réels.

Les cyclones seraient ainsi dus à la coopération d'une instabilité thermique de la basse atmosphère (ou éventuellement de la couche d'ozone) et d'une instabilité dynamique des couches voisines de 12 km.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude hygrophotographique de la transpiration des plantes*. Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons décrit antérieurement ([1]) la préparation de plaques photographiques au gélatino-iodure d'argent et de mercure qui avaient la propriété d'être impressionnées sous l'influence de la lumière et qui, placées, après impression, à l'obscurité, reprenaient plus ou moins rapidement leur coloration jaune antérieure. Nous avions constaté que la disparition de la coloration acquise par la plaque sous l'influence de la lumière, après que celle-ci eut cessé d'agir, était due à l'humidité atmosphérique et montré que cette disparition était instantanée lorsqu'on mettait la couche sensible en contact direct avec l'eau. Cette propriété nous avait donné le moyen de reproduire successivement et à l'aide d'une même plaque, des épreuves photographiques différentes, après avoir fait disparaître par l'eau l'image photographique précédente.

Les plaques au gélatino-iodure d'argent et de mercure constituent en outre un réactif extrêmement sensible pour l'eau, dont elles peuvent déceler des traces et, à ce point de vue, elles se montrent supérieures aux réactifs habituels, formés surtout de papiers imprégnés de chlorure de cobalt. Elles présentent de plus, vis-à-vis de ces papiers réactifs, un avan-

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1296; **230**, 1950, p. 390; *Bull. Soc. Chim. France*, (5), **17**, 1950, p. 483.

tage sérieux, parce qu'elles permettent de fixer définitivement, par tirage sur papier photographique, et de rendre ainsi tangibles, les résultats obtenus.

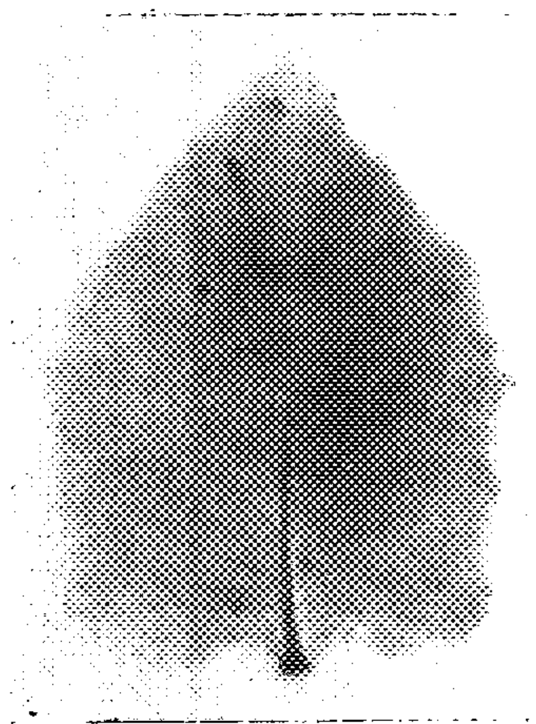


Fig. 1.

Fig. 3.

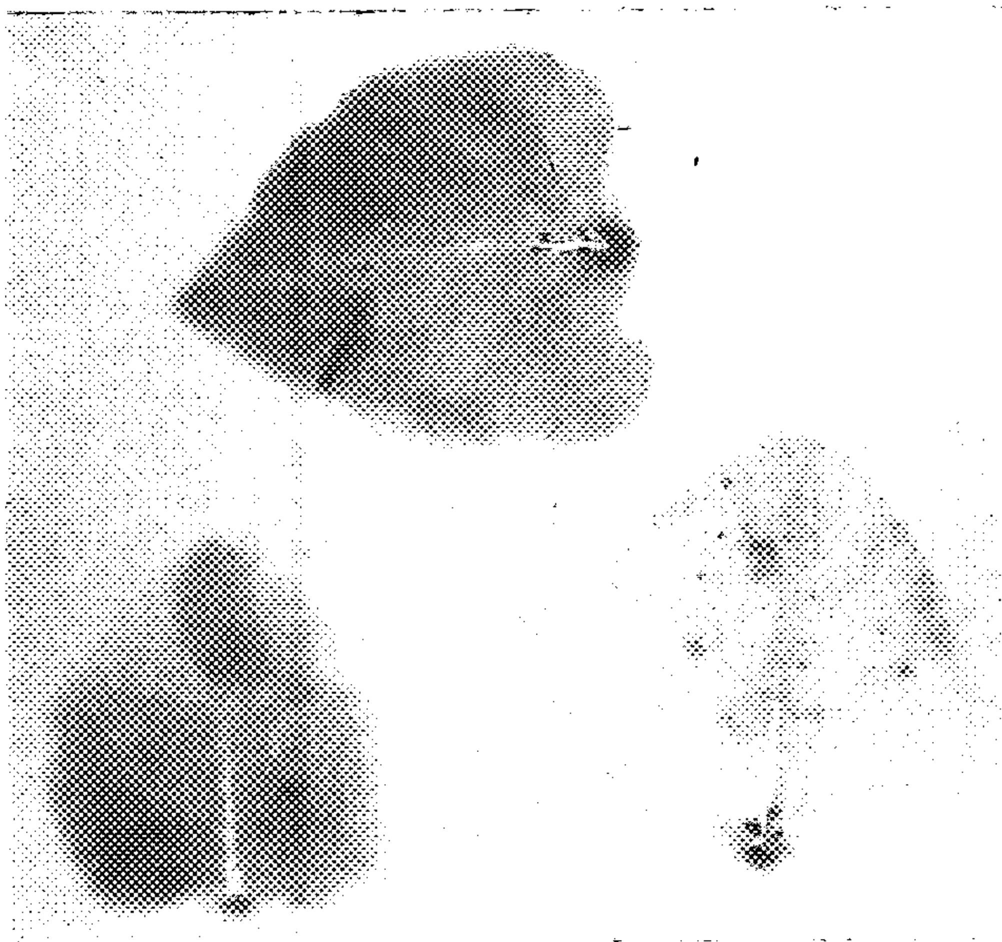


Fig. 2.

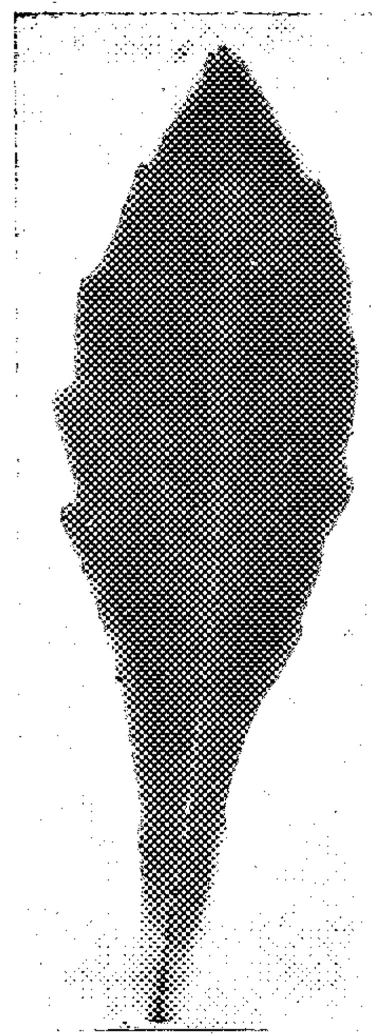


Fig. 4.

Fig. 1. — Face inférieure d'une feuille de *Syringa vulgaris*.

Fig 2. — Faces inférieures de deux feuilles (à gauche) et face supérieure d'une troisième feuille (à droite) de *Syringa vulgaris*.

Fig. 3. — Face inférieure d'une feuille de *Medicago sativa*.

Fig. 4. — Face inférieure d'une feuille de *Centaurea Jacea*.

Afin d'illustrer cette propriété des plaques au gélatino-iodure d'argent et de mercure, nous avons étudié par leur moyen la transpiration des plantes et notamment des feuilles.

Les plaques étant placées dans le cadre d'un châssis-presse, on applique la feuille détachée contre la gélatine de la plaque; on maintient serrées l'une contre l'autre les deux surfaces en contact au moyen de la planchette brisée à charnières et des deux lames de ressort qui servent à immobiliser la planchette. Après quelques minutes de contact, on voit par transparence, les contours de la feuille se dessiner sur la plaque sous l'influence de la vapeur d'eau dégagée par la transpiration. On retire alors la feuille et en effectuant un tirage sur papier au bromure rapide, on obtient une image fidèle de la feuille reproduite uniquement par l'eau de transpiration. C'est ainsi qu'à l'aide de cette méthode, nous avons pu constater de nouveau et surtout rendre visibles, certains faits déjà classiques.

On sait en effet que la face inférieure de la feuille étant particulièrement riche en stomates, la transpiration de cette face est plus intense que celle de la face supérieure. Les figures 1 et 2 illustrent ce fait d'une manière particulièrement saisissante. On sait en outre que la transpiration varie avec l'âge de la feuille et avec l'intensité de son éclairement. Or, lorsqu'on place sur la plaque l'une à côté de l'autre deux feuilles d'âges ou de conditions d'éclairement différentes, on constate que les feuilles les plus jeunes ou celles qui ont été exposées au soleil dégagent plus de vapeur d'eau que les feuilles qui sont plus âgées ou qui sont restées à l'ombre. Les figures 3 et 4 montrent la différence de l'intensité de la transpiration [faces inférieures d'une feuille de *Medicago sativa* (*fig.* 3) et de *Centaurea Jacea* (*fig.* 4)] suivant l'espèce considérée.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium sur le gamétophyte de* Funaria hygrometrica (*L.*) *Sibth.* Note (*) de M^me^ LUCIE KOFLER, transmise par M. René de Litardière.

Toxicité relativement faible du produit. Formation de tiges aberrantes sans feuilles.

Quelques travaux concernant l'influence des hormones de synthèse sur les Mousses ont déjà été publiés. Ils n'ont pas révélé d'action morphogénétique nette sur ces végétaux. N. Fries [1] constate l'effet favorable de l'acide β-indolacétique sur le protonéma de *Funaria hygrometrica* aux concentrations de $10^{-7}$ à $10^{-9}$ (augmentation du poids sec). D'autre part,

(*) Séance du 16 mai 1951.

(1) *Naturwiss.*, 31, 1943, p. 439.

Mme G. Hurel-Py ([2]) empêche la formation des tiges feuillées sur le protonéma de cette même espèce par l'emploi d'acide naphtylacétique à une concentration de $10^{-5}$; des concentrations plus faibles freinent simplement la croissance.

L'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique comptant parmi les substances de croissance très actives sur les Spermatophytes, nous avons jugé intéressant d'étudier son action sur les Mousses. Un premier essai a été fait avec *Funaria hygrometrica.*

Le protonéma est cultivé aseptiquement, à partir des spores, sur milieu de Marchal ([3]) gélosé (15 g de gélose par litre). Le 2.4-D, sous la forme de son sel de sodium, est incorporé au milieu et stérilisé en même temps que lui à l'autoclave (115° pendant 15 mn). Le pH du milieu est amené, par addition de potasse, à 5,8-6. Les cultures sont laissées à la lumière d'une fenêtre exposée au nord, ou mises dans une serre vitrée et protégées du soleil par un écran. La vitesse de croissance et de développement varie dans le même sens que la quantité de lumière reçue. Dans les conditions d'éclairement maximum réalisées ici, les tiges feuillées apparaissent au bout de 5 semaines sur le milieu témoin sans 2.4-D.

Concentré à $10^{-3}$ dans le milieu, le 2.4-D tue les spores. La concentration $10^{-4}$ permet la germination, mais la croissance du protonéma est fortement retardée et sa couleur est d'un vert jaunâtre. La concentration $10^{-5}$ produit sur le protonéma un effet analogue, mais atténué. Par contre, cette concentration accélère le début de la germination (en 48 h, 50 % de spores germées sur $10^{-5}$, contre 5 % germées parmi les témoins).

La méthode de culture employée ne nous a pas permis de déceler des différences dans la croissance du protonéma sur milieu témoin et sur milieu renfermant une concentration de 2.4-D égale ou inférieure à $10^{-6}$. Nous n'avons pas vu non plus d'anomalies cytologiques pour les concentrations s'échelonnant entre $10^{-7}$ et $10^{-4}$.

L'effet le plus marquant du 2.4-D porte sur la structure des tiges induite par les concentrations égale et supérieures à $10^{-6}$.

A la concentration de $10^{-5}$, et à celle de $10^{-4}$ lorsque l'évolution du protonéma va jusqu'à l'apparition des tiges, les bourgeons naissent en position normale, à partir de la cellule basale d'une ramification primaire du caulonéma ([4]). Mais les cellules superficielles de la tige, légèrement hypertrophiées, restent isodiamétriques (40 μ environ), et aucune feuille ne se forme. Par contre, ces cellules ont une forte tendance à produire des rhizoïdes épais et chlorophylliens. Les cellules internes s'allongent un peu

---

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1256.

([3]) A. C. Servettaz, *Ann. Sc. nat. Bot.*, **17**, 1913, p. 111-223.

([4]) C. Sironval, *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, **79**, 1947, 48-72.

(100 μ de long environ), mais il n'y a pas de différenciation comparable à celle qui se produit dans une tige normale (*fig.* 3 et 4). La tige devient ainsi une sorte de colonnette cylindrique (*fig.* 2), plus ou moins hérissée de rhizoïdes, qui s'allonge lentement jusqu'à atteindre 3 mm au maximum. Au bout d'un certain temps, ces tiges peuvent se ramifier à différents niveaux, en donnant des organes cylindriques semblables.

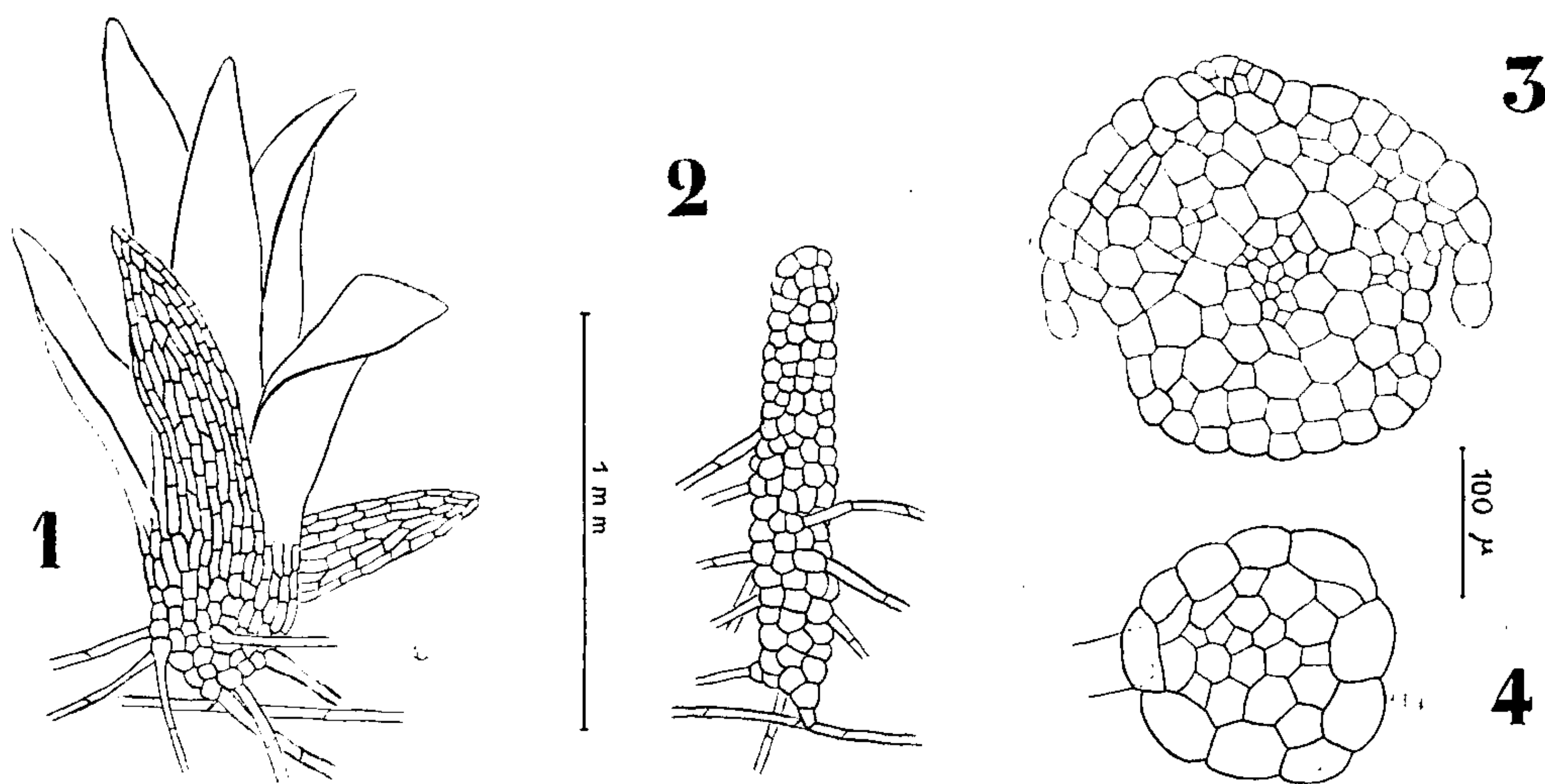



Fig. 1. Culture de 2 mois 1/2, sur milieu témoin. — Fig. 2. Culture de 2 mois 1/2, sur 2-4-D $10^{-5}$. — Fig. 3. Culture de 3 mois, sur milieu témoin, coupe transversale de tige. — Fig. 4. Culture de 3 mois, sur 2-4-D $10^{-5}$, coupe transversale de tige.

A la concentration de $10^{-6}$, les tiges ont d'abord la même structure que pour $10^{-5}$, puis elles présentent des zones normales, avec feuilles et cellules épidermiques allongées, alternant parfois avec des zones à cellules courtes. Elles portent souvent des ramifications en colonnettes.

Nous avons conservé pendant plus d'un an des cultures de *Funaria* en flacons d'Erlenmeyer de 250 cm³. Sur milieu témoin, les tiges feuillées, simples, ont atteint 2 cm, avec une trentaine de feuilles; il ne s'est pas formé d'anthéridies. Pour une concentration en 2.4-D de $10^{-6}$, les tiges ont atteint 1 cm. Dans ces cultures, le protonéma avait disparu et les tiges étaient mortes. Au contraire, pour $10^{-5}$, les tiges en colonnettes, brunies, portaient des ramifications encore vertes, et le protonéma persistant, vert, très fragmenté, formait de nouveaux bourgeons sans feuilles sur la surface de gélose détachée du verre par rétraction du milieu.

L'effet du 2.4-D sur *Funaria hygrometrica* est à rapprocher de celui obtenu récemment par M^lle^ J. Rousseau ([5]) sur les propagules de *Mar-*

([5]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 749.

*chantia polymorpha* traitées avec les mêmes concentrations de 2.4-D. Thalle d'Hépatique et tige de Mousse paraissent réagir d'une manière analogue. Au contraire, les cellules protonémiques ne sont que peu ou pas troublées dans leur élongation, ce qui semblerait indiquer une différence dans le mécanisme de l'élongation cellulaire pour les deux phases du gamétophyte des Mousses.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La disparition de l'acide cyanhydrique dans les macérations aqueuses des tissus de plantes à hétérosides cyanogénétiques.* Note (*) de M. **Georges Dillemann**, présentée par M. Raoul Combes.

L'acide cyanhydrique, que libèrent par voie diastasique les hétérosides cyanogénétiques contenus dans certaines plantes, peut disparaître, dans une proportion plus ou moins élevée, au cours de la macération aqueuse des tissus végétaux broyés; si l'on prolonge cette macération. Ce phénomène est mis en évidence, avec une particulière netteté, chez l'*Arum maculatum* L., la disparition pouvant être totale après une macération de 24 h.

Depuis que Dezani [1], en 1911, a montré que l'acide cyanhydrique, ajouté sous forme de cyanure de potassium à des sucs végétaux, pouvait être transformé partiellement en ammoniaque sous l'action de ces sucs, seuls, à ma connaissance, Alsberg et Black [2], en 1916, et surtout Briese et Couch [3], en 1938, se sont inquiétés de la disparition de l'acide cyanhydrique par macération aqueuse des tissus végétaux broyés contenant un hétéroside cyanogénétique.

Ce phénomène apparaît cependant d'une grande importance lorsqu'on veut pratiquer le dosage de l'acide cyanhydrique que libère un végétal donné, par voie diastasique.

Pour doser la totalité de l'acide cyanhydrique potentiel d'une plante, il faut d'abord obtenir une libération intégrale de l'acide cyanhydrique, puis, sans perte, procéder au transport de cet acide dans un milieu où il puisse être dosé par une méthode classique.

Certains auteurs réalisent l'hydrolyse diastasique par broyage de la plante et macération aqueuse qu'ils prolongent parfois pendant 24 h. Dans ces conditions, en vase parfaitement clos, la disparition de l'acide cyanhydrique peut être très importante, et même totale, avec certaines plantes. L'*Arum maculatum* L. est un exemple typique à ce point de vue.

En effet, si l'on recherche l'acide cyanhydrique libéré chez *A. maculatum*

---

(*) Séance du 16 mai 1951.

(1) *Atti Cong. Naz. Chim. Appl. Turin*, 1911, p. 368.

(2) *J. biol. Chem.*, 25, 1916, p. 133.

(3) *J. Agr. Res.*, 57, 1938, p. 81.

par le procédé au papier picro-sodé de Guignard ([1]), après plasmolyse des feuilles par le toluène, suivant la méthode de Mirande ([2]), il est facile d'obtenir une réaction positive parfaitement nette avec une seule petite feuille fraîche pesant environ 0,2 g. Mirande avait d'ailleurs souligné la valeur de sa méthode en montrant qu'elle permettait de déceler facilement chez cette plante l'acide cyanhydrique dont la présence y a été cependant longtemps controversée.

Par contre, par la méthode qui consiste à entraîner par distillation l'acide cyanhydrique libéré par hydrolyse diastasique des feuilles broyées et mises à macérer dans l'eau pendant 24 h, puis à caractériser l'acide par la réaction du bleu de Prusse, il ne m'a pas été possible, dans des expériences plusieurs fois répétées, d'obtenir la moindre trace de précipité en opérant sur 30, 100 et même 200 g de feuilles, c'est-à-dire sur des quantités beaucoup plus considérables qu'il n'en faut pour le caractériser au moyen du papier picro-sodé, bien que la réaction du bleu de Prusse ne soit pas beaucoup moins sensible que celle qui utilise ce dernier. Une fois seulement, avec 30 g de feuilles, récoltées le 22 avril, il m'a été possible d'obtenir une réaction positive de bleu de Prusse, bien que très faible.

Si l'on réduit au maximum la durée de la macération aqueuse, ce qui est possible par suite de l'activité diastasique élevée de ces feuilles, il devient facile d'obtenir à coup sûr un précipité important de bleu de Prusse avec 30 g de feuilles d'*Arum maculatum*, malgré la faible teneur de ces feuilles en principe cyanogénétique.

On peut, par exemple, opérer en plasmolysant, sans addition d'eau, 30 g de feuilles fraîches par 1 cm³ de toluène, en entraînant l'acide cyanhydrique par un courant d'air de 25 l : h pendant 3 h et en le recueillant dans de l'eau distillée additionnée de quelques gouttes de lessive de soude.

Dans ces conditions, j'ai toujours obtenu un précipité important de bleu de Prusse aussi bien avec *A. maculatum* L. type qu'avec sa variété *immaculatum* Mutel, et cela en utilisant des plantes récoltées dans diverses localités de la région parisienne et de Saône-et-Loire, depuis la mi-mars jusqu'à la fin d'avril.

L'*Arum maculatum* est peu riche en principe cyanhydrique et, par contre, possède une grande activité diastasique, circonstances particulièrement favorables pour la mise en évidence de la disparition rapide en macération aqueuse de l'acide cyanhydrique libéré.

Il n'est pas toujours aussi aisé de déterminer si un tel phénomène se produit chez une plante donnée : ainsi chez le *Sambucus nigra* L., dont la teneur en principe cyanhydrique est plus élevée que celle de l'*Arum*,

([1]) *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 545 et **145**, 1907, p. 1112.
([2]) *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 91.

tandis que son activité diastasique est notablement plus faible, il ne m'a été possible, au cours de diverses expériences, que de constater tout au plus une disparition peu importante de l'acide cyanhydrique libéré.

Dans la recherche et le dosage de l'acide cyanhydrique chez les plantes à hétérosides cyanogénétiques, on doit ainsi toujours craindre la possibilité d'une disparition plus ou moins importante de l'acide cyanhydrique libéré et par conséquent rechercher les techniques d'hydrolyse diastasique et d'isolement de l'acide cyanhydrique les plus favorables pour le cas de la plante étudiée.

On conçoit l'importance d'une telle recherche quand il s'agit de plantes cyanogénétiques pouvant être appelées à servir à l'alimentation des hommes ou des animaux.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Développement sur le Colza de maladies bactériennes et cryptogamiques à la suite d'attaques larvaires de l'Altise* Psilliodes chrysocephala *L.* Note de M. **Pierre Jourdheuil**, présentée par M. Émile Roubaud.

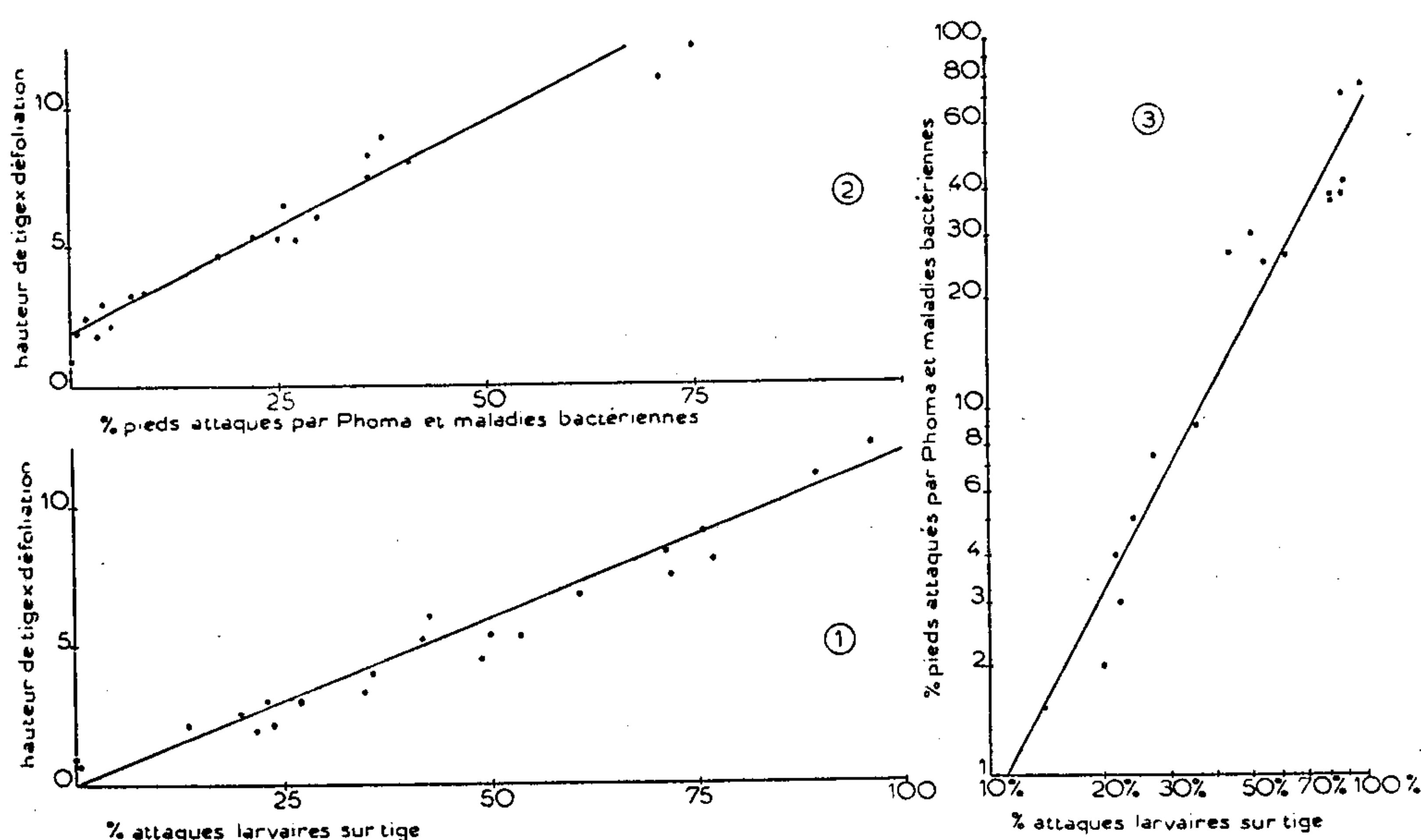
Sur un essai comparatif de Colza d'hiver, nous avons pu constater, au cours des mois de février-mars, un développement considérable de maladies dues au *Phoma lingam* Tode et à des bactéries liquéfiantes du genre *Erwinia* (pourriture molle). L'intensité des dégâts était très variable suivant les variétés, mais les écarts se répétaient de façon homogène dans les essais comparatifs. Nous avons pu mettre en évidence une corrélation étroite dans le temps et dans l'espace entre cette attaque et une invasion considérable de larves de l'Altise *Psylliodes chrysocephala* L.

La douceur des mois de janvier et de février a permis une sortie massive de larves provenant de pontes automnales. La population larvaire doubla durant cette période. Dès la fin des grands froids (janvier), les grosses larves hivernantes quittèrent les pétioles dépérissants pour s'attaquer à d'autres parties du végétal. Il fut dénombré, en moyenne, 5 à 6 insectes de toute taille, par pied.

Quelques semaines plus tard, apparurent un nombre croissant de pourritures sèches et humides. Ces maladies ne se développèrent de façon importante que dans la zone fortement attaquée par l'Altise. Il y eut un parallélisme étroit entre l'intensité d'attaque larvaire et l'importance des pourritures. Certains lots, non touchés par l'Altise, ne présentaient pratiquement pas de nécroses.

Il a été presque toujours possible de diagnostiquer la présence d'Altises sous les lésions occasionnées par les Champignons ou les Bactéries : orifice de pénétration auréolé de pycnides, galeries superficielles jalonnées de fructifications et de pourritures, dépouilles larvaires.

Il ne semble pas qu'il y ait de différences marquées de sensibilité, suivant les variétés; l'intensité de la maladie est liée au comportement larvaire. Nous avons constaté que les larves attaquent les pétioles de préférence; si elles ne peuvent les atteindre, par suite de la hauteur des tiges ou de la forte défoliation des Colzas après l'hiver, elles se porteront sur la tige qu'elles sillonneront de galeries. Les larves aux premier et deuxième stades se maintiendront en surface, mais celles du troisième stade (hivernantes provenant de pétioles dépérissants) arriveront facilement à traverser le faisceau annulaire libéro-ligneux et pénétreront dans la moelle. Ce mode d'attaque sera particulièrement dangereux, car il procurera une voie de pénétration en profondeur aux parasites végétaux.




Nous avons effectué des numérations sur différentes variétés, dans deux essais comparatifs : proportions pour cent d'attaques sur tige (en surface et en profondeur) effectuées par les larves, proportions de pieds atteints par le *Phoma* (présence de pycnides) ou par les pourritures molles (numérations effectuées trois semaines plus tard : 20 mars 1951). Les graphiques 1 et 2 indiquent l'étroite proportionnalité existant entre l'attaque des parasites animaux et végétaux d'une part, et la hauteur des tiges et leur défoliation, d'autre part. Enfin, le graphique 3 met en évidence une corrélation significative entre les attaques parasitaires animales et végétales.

Ces graphiques montrent l'importance économique de l'Altise, dont l'action directe est déjà très dangereuse. Il faudra développer les traitements automnaux aux insecticides de synthèse et éviter la culture de variétés à port élevé et à forte défoliation hivernale, dans les régions contaminées (éviter les semis précoces, les variétés précoces ou sensibles au froid).

PHYSIQUE DU SOL. — *Variations du mouvement de l'eau dans le sol sous l'influence de la température.* Note de M. **Georges Lejeune**, présentée par M. Albert Demolon.

H. Roseau a signalé [1] que dans les cases lysimétriques, la quantité d'eau recueillie varie au cours de la journée. Cette variation suit les oscillations de la température ambiante à laquelle est liée la température superficielle du sol. Il propose l'explication de ce fait par le processus suivant :

Sous l'action de l'élévation de la température du sol, l'eau contenue dans les capillaires subit une distillation. Une partie s'évapore dans l'atmosphère tandis que l'autre va se condenser dans la couche inférieure du sol en amenant une surcharge de la nappe phréatique, ce qui augmente le drainage.

Cette hypothèse nous semble accorder une influence trop importante à une fraction de vapeur dont la masse doit être minime par rapport à celle de l'eau qui se trouve dans le sol.

Une case lysimétrique comporte trois zones bien distinctes : la couche superficielle, quelques centimètres, qui est soumise à l'influence solaire et dont les capillaires peuvent être plus ou moins remplis par l'eau qui provient de la condensation de la rosée, une couche intermédiaire de terre ressuyée dont les capillaires sont remplis d'air, enfin la zone inférieure, saturée d'eau qui joue à la fois le rôle de réservoir et de masse filtrante.

Le drainage de cette eau est fonction de trois facteurs : un positif, la charge hydrostatique et deux négatifs, la résistance à l'écoulement de l'eau dans la nappe profonde, mais aussi la résistance au passage de l'air surtout dans la couche superficielle dont les pores peuvent être plus ou moins bouchés par l'eau de condensation; ceci nous mène à comparer la case à une pipette dont l'écoulement libre peut être freiné par le doigt. Or, on sait que cette opération ne réussit qu'avec le doigt sec, la moindre trace d'humidité sur le doigt suffisant pour arrêter l'écoulement.

On est ainsi conduit à supposer que la couche superficielle doit jouer un rôle prépondérant. Pour le montrer, le montage suivant a été réalisé :

Un tube de verre de 2,5 cm de diamètre et de 35 cm de hauteur est fermé à sa partie inférieure par une couche de plâtre qui joue le rôle de masse filtrante. Une certaine quantité d'eau dans le tube joue le rôle de nappe phréatique qui descend par densité et s'écoule par drainage. L'air qui se trouve dans le tube au-dessus de l'eau joue le rôle de la partie sèche

---

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 320 et *Colloque international d'Alger sur les actions éoliennes*, mars 1951.

du sol. La couche superficielle pouvant être humectée ou chauffée, est représentée par un tube de 5 mm fermé par une couche de plâtre de 2 cm placé sur un bouchon à deux trous qui ferme l'extrémité supérieure du gros tube; le deuxième trou permet de mettre l'air du tube en communication avec un manomètre.

L'eau qui s'écoule à la partie inférieure est collectée par un entonnoir et reçue dans une éprouvette. D'ailleurs, pour notre appareil, l'écoulement est assez lent pour que l'on puisse facilement mesurer le temps que met une goutte à se former et à tomber; dans ces conditions on peut faire un certain nombre de déterminations successives sans que le niveau change sensiblement dans le tube. Le système fonctionne donc à charge hydrostatique constante. On constate que dans ces conditions, le débit est limité non par la résistance du plâtre jouant le rôle de couche filtrante mais par la porosité du plâtre remplissant le rôle de couche superficielle comme on peut le mettre en évidence en créant une rentrée d'air dans l'appareil.

Résultats expérimentaux. — *Premier essai.* — Le plâtre supérieur est préalablement séché à l'étuve. Au bout de quelques minutes, quand le système a pris son régime, le temps d'écoulement moyen d'une goutte est de 7 à 8 s.

Si l'on met une goutte d'eau sur le plâtre (environ 1/10 de $cm^3$) le temps d'écoulement monte aussitôt à 77 s, puis décroît : 77-35-29-24-24 et se stabilise pratiquement.

*Deuxième essai.* — Si, à ce moment, on ajoute une deuxième goutte d'eau sur le plâtre, le ralentissement de l'écoulement est encore plus net : la première goutte demande 5 mn pour tomber, puis le temps d'écoulement décroît : 100-86-78-76, il finit par se stabiliser aux environs de 33 s.

*Troisième essai.* — On chauffe alors le plâtre supérieur en ayant soin de ne pas échauffer la colonne d'air qui se trouve en dessous; le temps d'écoulement tombe à 28 s puis, se stabilise aux environs de 22 s.

D'autres essais ont donné des résultats analogues.

Conclusions. — Nos observations mettent en évidence le rôle que peut jouer une très petite quantité d'eau dans les capillaires de la couche superficielle du sol. Cette eau les obstrue plus ou moins complètement, soit par elle-même, soit en amenant un gonflement des colloïdes qui en forment les parois. Par là, elle oppose une résistance plus ou moins grande au passage de l'air et contrôle le débit. Tel doit être le phénomène essentiel car l'examen du manomètre montre que la dépression de la couche d'air dans le tube ne change pas au cours des essais précédents. Si la couche superficielle s'échauffe, l'eau s'évapore, débouche les capillaires et facilite le passage de l'air, mais, même si elle distille vers la couche d'eau inférieure, elle n'en modifie pas la pression.

Le débit de la case lysimétrique mesurerait donc le phénomène le plus

lent, le passage de l'air dans la couche superficielle du sol dont la vitesse est influencée par l'obstruction plus ou moins grande des capillaires, fonction de la quantité d'eau condensée et de l'échauffement du sol. Ce dernier agit plutôt sur l'évaporation de l'eau que sur la viscosité de l'air car, d'après les courbes ([2]) de H. Roseau, la température ne varie dans la couche superficielle que de quelques degrés, alors que le débit en case lysimétrique varie du simple au double.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement de la tuberculine purifiée.* Note (*) de MM. **André Lamensans, Pierre Grabar** et **Jean Bretey**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le traitement par le phénol à 90 %, suivi par des précipitations à l'alcool, permet l'obtention, à partir de nombreuses souches, de fractions, dont deux présentent un grand intérêt. L'une de nature protidique, est douée de toutes les propriétés tuberculiniques, l'autre de nature polyosidique, possède toute la capacité antigénique dans la réaction d'hémagglutination spécifique de la tuberculose.

L'analyse électrophorétique par la méthode de Tiselius de la tuberculine purifiée IP 48 ([1]) a montré que ce produit est constitué par un mélange de plusieurs composants.

Les vitesses de migration très différentes observées nous ont permis d'espérer obtenir la séparation de substances chimiques nettement individualisées.

La technique utilisée consiste à traiter la tuberculine purifiée par du phénol aqueux dans la proportion, en poids, d'une partie de tuberculine pour 99 parties de phénol à 90 %.

La partie insoluble dans le phénol est centrifugée, lavée à plusieurs reprises par l'alcool puis par l'acétone anhydre.

La partie soluble est soumise à une précipitation fractionnée par l'alcool à 96°.

Chaque précipité obtenu est lavé à plusieurs reprises par l'alcool jusqu'à élimination complète du phénol, puis par l'acétone anhydre et séché sous vide.

Nous avons ainsi obtenu successivement des fractions qui correspondent à des concentrations en alcool de 9, 23, 34, 51, 67 et 72 %.

Les deux fractions principales : la fraction insoluble dans le phénol et la fraction précipitée par l'alcool au-dessus de 34 % ont été étudiées

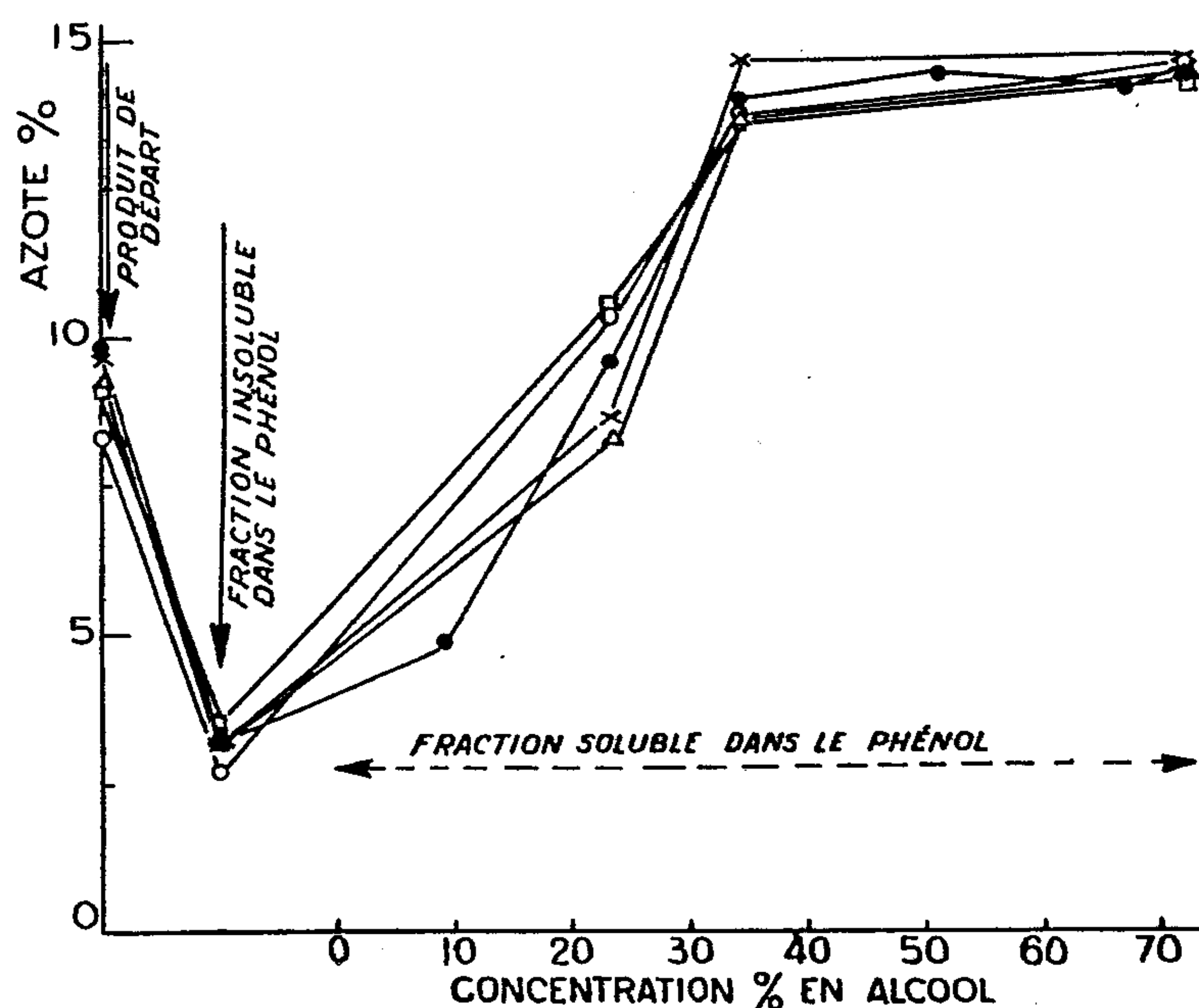
---

([2]) *Loc. cit.*

(*) Séance du 16 mai 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1880.

d'une manière plus détaillée. La première, que nous désignons par $S_t$ et dont le taux d'azote est de 3 % en moyenne, est de nature polyosidique, mais contient de 3 à 10 % d'acide nucléique; des purifications supplémentaires simples nous ont permis d'obtenir un produit qui contenait 0,42 % de N et qui s'est montré parfaitement homogène à l'électrophorèse. La fraction précipitée par l'alcool, que nous désignons par $P_t$ contient de 14,3 à 14,7 % d'azote et ne donne pas les réactions des sucres; à l'électrophorèse elle semble homogène, mais le diagramme s'étale, ce qui nous fait penser à une polydispersion; cette hypothèse est confirmée par l'ultrafiltration à travers une membrane qui ne laisse filtrer que des molécules relativement petites.




Chaque trait exprime les résultats obtenus au fractionnement de tuberculines purifiées provenant d'une souche différente.

Le procéde, appliqué au fractionnement de divers échantillons de tuberculine IP 48 provenant de souches différentes, donne des produits dont les propriétés physico-chimiques ont une constance remarquable (figure).

Des essais préliminaires faits avec la fraction $S_t$ ont montré qu'elle est douée d'une activité tuberculinique incomparablement moins grande que celle de la fraction $P_t$, ce qui peut s'expliquer par la présence résiduelle d'une quantité de fraction $P_t$ inférieure à 0,5 %. Elle se comporte comme un antigène spécifique pour la réaction d'hémagglutination dans la tuberculose.

L'étude biologique de la fraction $P_t$ a montré que le produit est extrêmement actif puisque l'unité internationale correspond à un poids de 0,0000125 mg de poudre. Elle ne sensibilise pas le Cobaye, malgré l'injection sept fois répétée de 0,01 mg et il en a été de même chez l'Homme.

Les réactions sont absolument spécifiques et ne se distinguent pas de celles produites par la vieille tuberculine. Aussi leur lecture se fait-elle sans ambiguïté.

La fraction $P_t$ est complètement inactive lorsqu'on l'utilise comme antigène dans la réaction d'hémagglutination.

En conclusion, la méthode de fractionnement utilisée a permis d'isoler pour la première fois, d'une part une fraction polyosidique de la réaction d'hémagglutination et, d'autre part, une fraction protidique, homogènes à l'électrophorèse, obtenues par des moyens simples. Cette dernière fraction présente des caractères chimiques très constants même en partant de souches différentes, et elle provoque des réactions biologiques qui se rapprochent beaucoup plus que pour les autres tuberculines purifiées, de celles de la vieille tuberculine. Nous attribuons ce fait à ce que la technique utilisée modifie peu les substances actives et les isole sous une forme voisine de leur état naturel.

A 16 h 5 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 40 m.

L. B.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 22 janvier 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Szolem Mandelbrojt*, Théorèmes généraux de fermeture :

Page 285, 3e et 6e lignes, *intervertir les mots* l'ensemble vide *et* la droite entière.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1951.

*Flore générale de Belgique*. Préface par Walter Robyns. *Ptéridophytes*, par André Lawalrée. Bruxelles, Ministère de l'agriculture, jardin botanique de l'État, 1950; 1 vol. 25 cm.

Extraits de *Le Moustique*. 26 décembre 1948 : *Rapport de l'interview accordée à Peter Polder par le professeur* J. F. A. Albert Bessemans, *ancien recteur de l'Université de Gand*. 27 février 1949 : *Le clairvoyant K. A. Morez. Au banc d'essai*, par Peter Polder. 1er mai 1949 : *La fin du voyage*, par Peter Polder; 3 fasc. 21 cm.

*Adquisiciones recientes de sifilographia experimental*, por el A. Bessemans; 1 fasc. 24 cm.

*La suggestion, l'hypnose et leurs simulacres spectaculaires*, par A. Bessemans; 1 feuillet 27 cm.

*Identification au moyen du microscope de comparaison, d'une cisaille ayant servi à la section d'un fil de fer barbelé*, par A. Bessemans et Mlle H. Baert; 1 feuillet 24 cm.

Extraits de *Revue belge de pathologie et de médecine expérimentale*. T. XVIII, n° 6, 1948. *Modifications durables en série de la structure antigénique d'une souche leptospirienne*, et *Observations sur la pénicillinothérapie antisyphilitique*, par A. Bessemans et R. Derom. Bruxelles, Acta medica belgica; 2 fasc. 25 cm,5.

Extraits du *Bulletin de l'Association des diplômés de microbiologie de la Faculté de pharmacie de Nancy*. Nos 33 et 34 : *Acquisitions récentes de syphiligraphie expérimentale* et *Le diagnostic de la syphilis au laboratoire*, par A. Bessemans; 2 fasc. 24,5 cm.

Extrait de *Antonie van Leeuwenhock*. T. XVI, 1950 : *The antiluetic properties of tyrothricin and streptomycin*, by A. Bessemans and R. Derom ; 1 feuillet 24,5 cm.

*Que faut-il admettre de la radiesthésie en général et de la radiesthésie dite médicale en particulier?* par A. Bessemans. Extrait du *Scalpel*, n° 50, 1948. Bruxelles, Imprimerie Lielens ; 1 fasc. 26,5 cm.

*Syphilis. Diagnostic de laboratoire*, par A. Bessemans. Troisième édition, 1949; 1 fasc. 24,5 cm.

*La Sypithérapie, cette méconnue. Simple mise au point*, par A. Bessemans, in *Vie médicale*, n° 2, 1950; 1 feuillet 26,5 cm.

*Les transfixions de feu « Mirin Dajo », furent-elles une supercherie ou une réalité*, par A. Bessemans, in *Concours médical*, n° 6, 1950; 1 feuillet 27 cm.

Films sur les États-Unis. Projections fixes, format 35 mm, 1950-1951. Paris, Services américains d'information. Section du cinéma; 1 fasc. 21,5 cm.

*Films documentaires parlants distribués par les services américains d'information*. Paris, U. S. I. S. Section du cinéma; 1 fasc. 21,5 cm.

*The frequency of mumps and of mumps orchitis and the consequences for sexuality and fertility*, by BENGT LAMBERT. Uppsala, Institute of human genetics and race biology, 1951; 1 vol. 25 cm.

*Osiris.* Commentationes de scientiarum et eruditionis historia rationeque, editit GEORGIUS SARTON GANDAVENSIS. Vol. IX, 1950. *Un texte inédit de Monge : Réflexions sur les équations aux différences partielles*, par RENÉ TATON. Bruges, Ex Officina Templi; 1 fasc. 25,5 cm.

*Hémoglobine et pigments apparentés. Myoglobines, Catalases, Peroxydases, Cytochromes, Porphyrines, Pigments biliaires. Étude physiologique et pathologique*, par HENRI BÉNARD, ALFRED GADJOS et MARGUERITE TISSIER. Paris, Masson et C^ie^, 1949; 1 vol. 25 cm.

*Notice sur Émile De Wildeman, membre de l'Académie,* par ÉM. MARCHAL. Extrait de l'*Annuaire de l'Académie royale de Belgique*, 1951. Bruxelles, Palais des Académies, 1951; 1 vol. 19,5 cm.

*Les fondements de la géographie humaine.* T. IV. *Les fondements techniques.* Première partie : *Les techniques de la vie sociale. Les techniques et la géographie de l'énergie. La conquête de l'espace.* Deuxième partie : *Les techniques de production et de transformation des matières premières*, par MAX SORRE. Paris, Armand Colin, 1950; 2 vol. 25,5 cm.

*René Maire* (1878-1949), par JEAN FELDMANN. Extrait de la *Revue générale de Botanique.* T. LVIII, 1951. Paris, Librairie générale de l'Enseignement, 1951 ; 1 fasc. 25 cm.

*Tableaux de pétrographie*, par MARCEL E. DENAEYER. Paris, Éditions Lamarre, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. A. Michel-Lévy).

*Elementos de atomistica*, par G. E. Villar. Tercera edicion. Montevideo, Impresora uruguaya, 1950; 1 vol. 24 cm.

*Red cell survival studies in normal and leukaemie subjects. A latent hæmolytic syndrome in leukæmia with splenomegaly the nature of anæmia in leukæmia effect of splenectomy*, by RAGNAR BERLIN, in *Supplement* 252 to Volume 139, 1951 of *Acta medica scandinavica.* Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri AB; 1 vol. 24 cm.

*Wave Theory!* Book IX, Part II, 1950. I. *A Course of lectures on celestial mechanics*, by G. W. HILL. II. *Later researches on gravitation and the sun's magnetism, to april* 10, 1950, by THOMAS J. J. SEE. London, Wheldon et Wesley, Ltd.; 1950; 1 vol. 27 cm.

*Mémoires de l'Institut d'études centrafricaines.* N° 1. *Les légumineuses du Gabon*, par FRANÇOIS PELLEGRIN. Paris, Librairie Larose, 1948; 1 vol. 28,5 cm.

Comité interministériel de l'alimentation et de l'agriculture. *Rapport annuel sur l'état de l'alimentation et de l'agriculture en* 1949-1950. Paris, Ministère de l'agriculture, Service d'études et de documentation; 1 vol. 27 cm.

*Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique et de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*, tenue à Liége, Theux et Spa du 15 au 18 septembre 1950, par PAUL FOURMARIER, in *Bulletin de la Société belge de géologie.* T. LIX. Fasc. 1 et 2, 1950; 1 fasc. 25 cm.

*L'eau des continents et ses mécanismes*, par VLADIMIR FROLOW, in Collection *La science et l'homme.* Paris, Les Éditeurs français réunis, 1951; 1 vol. 19 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. VIII^e^ Assemblée générale. Oslo, août 1948. *Procès-verbaux des séances de l'association de météorologie.* III. *Rapports nationaux.* Uccle, 1850; 1 vol. 24 cm.

*Esquisse préliminaire de la carte des sols du Maroc au* 1/500 000ᵉ, dressée par VLADIMIR CAVALLAR (KAVALERIDZÉ). Rabat, 1950. Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts du Maroc; 1 planche 90 cm × 62,5 cm.

*Astronomie nautique*, par PIERRE SIZAIRE. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1951; 1 vol. 26,5 cm (présenté par M. G. Durand-Viel).

*Hydraulique des canaux découverts en régime permanent*, par ÉTIENNE CRAUSSE. Paris, Eyrolles, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par Ch. Camichel).

*Allocutions prononcées à l'occasion de l'inauguration d'une plaque commémorative sur la maison du Dr Étienne Sergent, à Mila*, 11 juin 1950. Alger, Imprimerie de la Typo-litho et J. Carbonel réunis; 1 fasc. 24 cm.

Faculté des sciences de Paris. Institut Henri Poincaré. *Catalogue provisoire des modèles de géométrie*, dressé par MAILLARD et PAUL BELGODÈRE, juin 1950, ex. nº 12; *Liste bibliographique relative aux mathémathiques appliquées*, réunie sous la direction de JEAN-LOUIS DESTOUCHES, octobre 1950, ex. nº 4; *Périodiques mathématiques figurant à la Bibliothèque de la Sorbonne*, liste provisoire dressée par PAUL BELGODÈRE et Mme SIESTRUNCK, novembre 1950, ex nº 4; *Thèses mathématiques figurant à la Bibiothèque de l'Institut Henri Poincaré*, liste dressée par ALFRED FAIVRE, mars 1951, nº 4; 4 fasc. polycopiés 27 cm.

International council of scientific Unions. *Report of the executive committee* 1950, edited by F. J. M. STRATTON. Cambridge, University Press, 1951; 1 fasc. 25 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. MISSION G. F. DE WITTE (1933-1935). Fasc. 71. *Mordellidae* (Coleoptera heteromera), VON K. ERNIESCH 1950; MISSION H. DAMAS (1935-1936). Fasc. 20. *Éphéméroptères*, par M.-L. VERRIER, 1951; MISSION G. F. DE WITTE, en collaboration avec W. ADAM, A. JANSSENS, L. VAN MEEL et R. VERHEYEN (1946-1949). Fasc. 2. *Cyclopides* (*Crustacés copépodes*), par K. LINDBERGH, 1951; MISSION G. F. DE WITTE (1933-1935). Fasc. 72. *Tæniapterinae* (*Diptera cyclorrhapha*. Fam. *Micropezidae*), par J. VERBEKE, 1951; 4 fasc. 28 cm.

Extracto de las *Actas de la Academia nacional de ciencias exactas fisicas y naturales de Lima*. Año XIII. Vol. XIII. Fasc. 3 et 4. *El metodo de H. Wronski y el metodo clasico de la mecanica celeste. Integral de un tipo de ecuacion diferencial*, par GODOFREDO GARCIA. Año XIV. Vol. XIV. Fasc. 1. *Los fundamentos y la construccion de una nueva teoria de la relatividad general. El concepto de tiempo. La nueva ley completa de la gravitacion universal. Las ecuaciones diferenciales del movimiento de la nueva dinamica*, par GODOFREDO GARCIA. Lima, Santa Maria; 2 fasc. 24 cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MAI 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

### CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les décimales de e et de π.*

Note de M. ÉMILE BOREL.

Rappel de résultats de J. von Neumann sur les probabilités des décimales de *e* et critique de l'évaluation de ces probabilités. En terminant, remarques sur les suites de dix chiffres décimaux consécutifs et tous différents.

La question de savoir si les chiffres décimaux de nombres tels que $\sqrt{2}$, *e* où $\pi$ suivent les lois du hasard ou d'autres lois est une des plus difficiles et des plus intéressantes. L'emploi des machines à calculer a permis récemment ([1]) de calculer 2000 décimales de $\pi$ et 2500 décimales de *e*. J. von Neumann a observé que la moyenne des carrés des écarts des valeurs observées pour les dix chiffres décimaux est anormalement faible pour les 2000 premiers chiffres décimaux de *e*, tandis qu'elle est normale pour le nombre $\pi$. Ce résultat m'a beaucoup intéressé, car il pourrait confirmer des suggestions que j'avais faites à propos de $\sqrt{2}$, à savoir que certaines singularités observées pouvaient être expliquées par une distribution *plus régulière* sur les distributions au hasard.

Il me paraît cependant que la question mérite d'être examinée de plus près. Les valeurs observées pour la fréquence des chiffres

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

parmi les 2000 premières décimales de *e* sont respectivement

196, 190, 208, 202, 201, 197, 204, 198, 202, 202,

et il apparaît immédiatement que les écarts par rapport à la moyenne 200 sont anormalement bas; la moyenne du carré de ces écarts est 22,2 dont la racine carrée est 4,71, alors que la valeur probable de cette racine carrée est 13,4.

Mais il faut observer que si l'on fait une suite indéfinie d'épreuves et si l'on

([1]) *Mathematical Tables and other Aids to Computation* (*The National Research Council*, Washington D. C.), nos 29 et 30 (janvier et avril 1950).

calcule une fonction $\varphi(n)$ des écarts au bout de $n$ épreuves, cette fonction $\varphi(n)$ variera, tantôt en croissant, tantôt en décroissant et aura par suite des maxima et des minima, Si l'on considère un des minima de $\varphi(n)$, observé pour $n = n_1$, il pourra arriver que ce minimum soit assez petit pour que la probabilité *a priori* de cette valeur $\varphi(n_1)$ soit très faible lorsque l'on donne $n_1$, mais que cependant cette probabilité devienne beaucoup moins faible si on l'évalue en sachant que $n_1$ a été précisément choisi de telle manière que $\varphi(n_1)$ soit un minimum.

C'est ainsi que, si l'on étudie une suite indéfinie de parties de pile ou face, on constatera souvent qu'il se produit, pour une série de valeurs de $n$ : $n_1$, $n_2$, ..., $n_k$, ..., un écart égal à zéro, c'est-à-dire l'égalité entre les gains et les pertes; cependant, si l'on se donne une très grande valeur de $n$, il est très improbable que cet écart nul se produise précisément pour cette valeur de $n$.

En fait, après avoir constaté un écart anormalement bas pour les 2 000 premières décimales de $e$, on a calculé 500 décimales de plus, et l'on a constaté une augmentation de la moyenne du carré des écarts, cette moyenne restant cependant inférieure à la moyenne théorique.

A mon avis, les résultats acquis ne permettent pas de formuler une conclusion vraiment très probable au sujet de la loi des décimales de $e$. De nouveaux calculs seraient nécessaires et c'est sans doute au moins 5000 chiffres, sinon 10000 qu'il faudrait calculer pour observer plusieurs maxima et minima de la fonction numérique que J. von Neumann appelle $a_n$ et qui est égale au quotient de la moyenne des carrés des écarts par le dixième du nombre probable de chacun des chiffres décimaux. Dans l'exemple donné plus haut, on doit diviser 22,2 par le dixième de 200, ce qui donne 1,11. La valeur de $a_n$ décroît presque constamment de 6,72 à 2,22 lorsque $n$ croît de 500 à 1900. Pour $n = 2000$ nous avons vu que sa valeur est 1,11, mais elle devient 1,94 pour 2 100 et varie peu jusqu'à 2500. Il ne me paraît donc pas possible de tirer une conclusion formelle du fait que la probabilité *a priori* pour que $a_{2000}$ soit égal à 1,11 est 0,0008, soit 1/1250. On n'a pas tenu compte, en effet, dans l'évaluation de cette probabilité, du fait qu'elle se rapporte à la valeur de $n$, comprise entre 10 et 2500, pour laquelle $a_n$ est minimum. Cette difficulté se présentait également dans mes recherches sur $\sqrt{2}$ et explique la prudence de mes conclusions.

Je signale, en terminant une singularité, *a priori* assez peu probable, pour les chiffres décimaux de $e$ compris entre 1500 et 2500. On y trouve, aux rangs 1729, 2030, 2031 et 2432, quatre séries (dont deux juxtaposées) de dix chiffres consécutifs tous différents entre eux :

0 719 425 863, 2 457 803 619, 4 578 036 192, 1 285 904 138.

Il est assez remarquable que cette singularité se produise au voisinage du minimum de $a_n$. La probabilité pour que dix chiffres tirés au sort soient tous différents est 0,0 003 628 ...; dont le produit par 2 500 est 0,907.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Relation entre le magnétisme terrestre et la propagation des ondes radioélectriques entre Washington et Bagneux.* Note (*) de M. **Pierre Lejay**, M^lle **Jeanne-Marie Ardillon** et M. **Gérard Bertaux**.

Nous avons profité des enregistrements continus des émissions de fréquences étalon de la station américaine WWV exécutés au Laboratoire National de Radioélectricité pour étudier les variations de l'intensité du champ de cette station. Les conditions sont particulièrement favorables du fait de l'absence quasi totale de brouillage sur 20 MHz et de la possibilité de discriminer le brouillage de l'émission sur 15 MHz par l'étude de la modulation de cette dernière (1).

La comparaison des valeurs moyennes diurnes du champ de WWV et du caractère magnétique journalier déduit des enregistrements de l'Observatoire magnétique de Chambon-la-Forêt a révélé une corrélation très étroite entre *la qualité de réception* du champ et *l'agitation magnétique.* Il apparaît immédiatement sur les graphiques que lorsque le caractère magnétique de force 5 (perturbation modérée) est atteint (*cf.* par exemple *fig.* 1 A) le champ reçu s'effondre (jusqu'à s'annuler dans 12 cas sur 14 observés en 16 mois) et reste pratiquement nul pendant 2 ou 3 jours. Alors que presque tous les affaiblissements d'intensité du champ sont concomitants avec l'augmentation de l'agitation magnétique (ceci bien entendu au degré de précision dans le temps que comporte le caractère journalier), la propagation ionosphérique demeure perturbée *pendant plusieurs jours* après la fin de la perturbation magnétique. On ne constate à ce point de vue aucune différence entre les mois d'été et les mois d'hiver.

Les phénomènes observés lorsque le caractère magnétique atteint le niveau immédiatement inférieur (force 4), ne sont pas de nature différente (*fig.* 2 B). Les perturbations de propagation correspondant à cette catégorie sont seulement moins importantes en intensité et en durée, ont un début moins brusque et le champ remonte plus rapidement au niveau normal.

Enfin l'étude de la relation générale entre les agitations magnétiques de faible importance et la propagation nous permet une remarque intéressante. En hiver, les courbes représentant les variations du magnétisme et de l'intensité du champ reçu sur 15 et 20 MHz présentent un parallélisme quasi parfait; par contre, durant les mois d'été, lorsque l'agitation magné-

---

(*) Séance du 21 mai 1951.

(1) B. Decaux, M. Barré et G. Bertaux, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 378.

tique se situe au niveau 2 ou 3, l'intensité du champ de 15 MHz est renforcée alors que celle de 20 MHz subit un affaiblissement (*fig.* 2 C). Ce dernier phénomène semble trouver son explication dans un abaissement de la fréquence maximum utilisable.

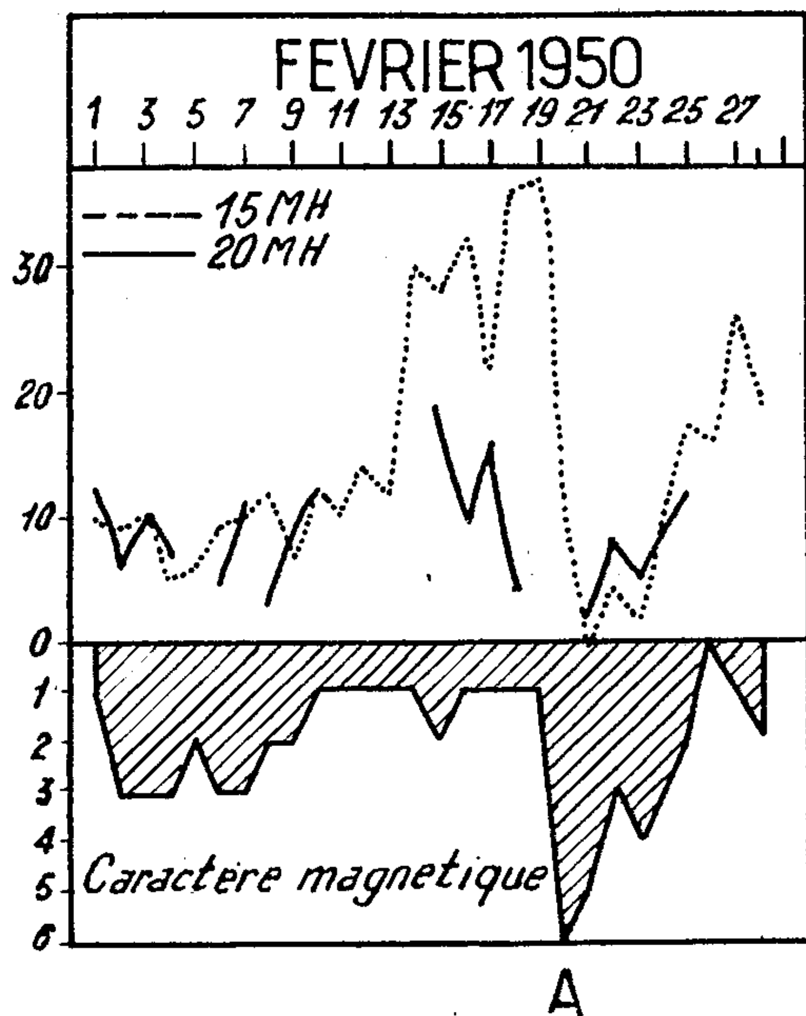



Fig. 1.

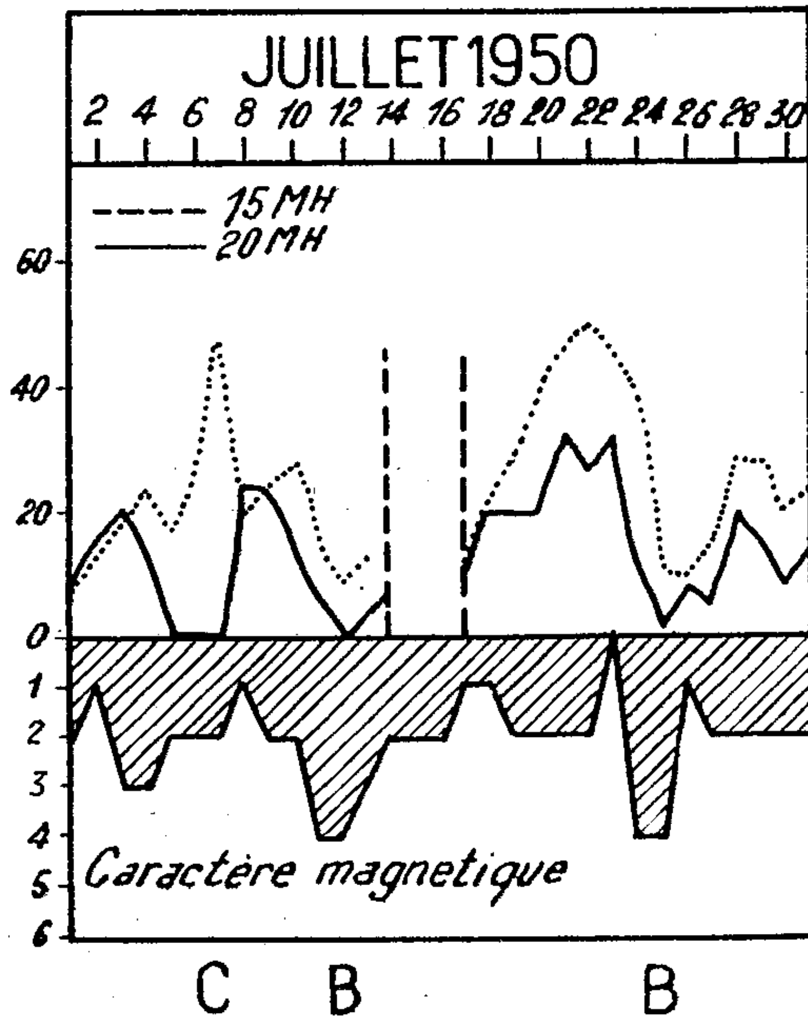



Fig. 2.

Une confirmation des faits exposés ci-dessus se trouve dans l'étude des relevés d'écoute de WWV exécutés chaque matin, de 1947 à 1951, à Turin, par l'Institut Électrotechnique national Italien G. Ferraris. Cette étude porte sur le champ des émissions de WWV sur 10 MHz; les résultats sont identiques au cours des périodes pendant lesquelles la fréquence utilisée se trouve en dessous de la fréquence critique. (Durant les 4 derniers mois de 1950, la propagation des ondes de 10 MHz, au lever du Soleil, était normalement interrompue).

Nous pouvons conclure qu'il existe une relation certaine entre l'agitation magnétique et la propagation des ondes décamétriques entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Le trajet direct s'approchant de la zone aurorale, ce phénomène est probablement particulièrement favorisé. Il serait intéressant d'étudier si la même corrélation se manifesterait sur un trajet situé dans un azimut différent.

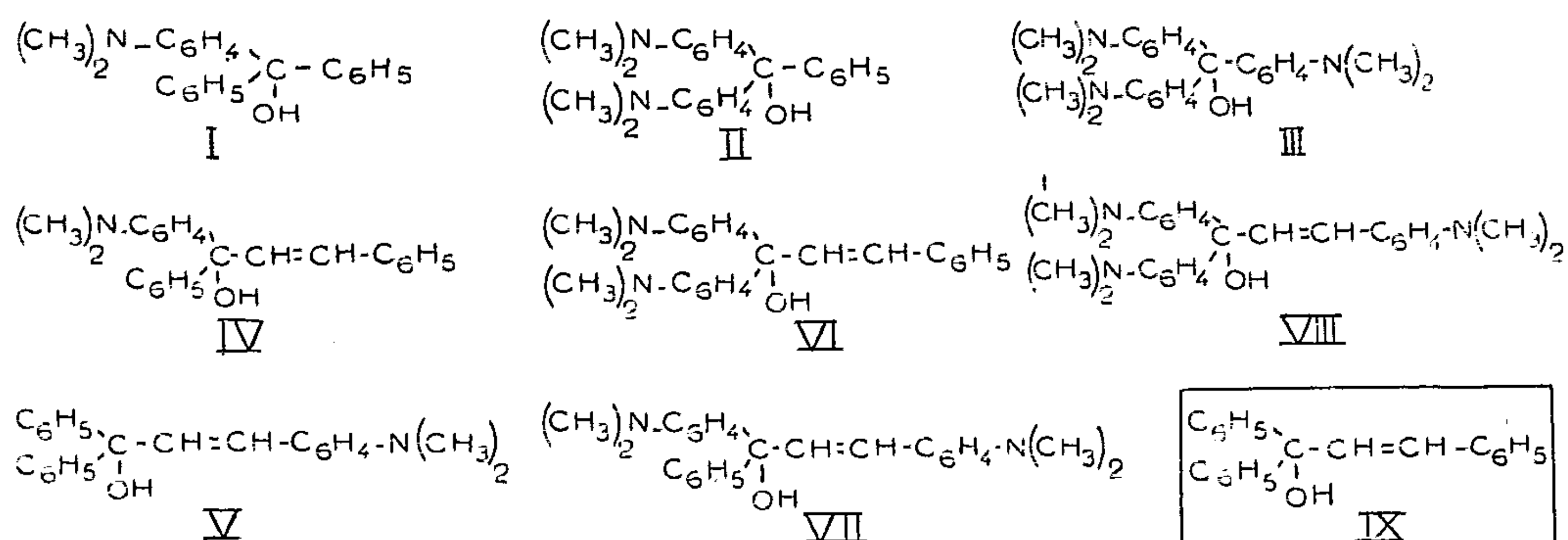
CHIMIE ORGANIQUE. — *Colorants acétyléniques. Comparaison avec les colorants éthyléniques correspondants.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Pierre Barbieri** †.

Les colorants éthyléniques correspondant aux cinq colorants acétyléniques, antérieurement étudiés, ont été préparés; deux d'entre eux seulement étaient déjà connus. Le pouvoir chromophorique de l'éthynylène, —C ≡ C— s'est montré comparable à celui du vinylène, —CH = CH—, tantôt plus faible et tantôt plus fort.

Ayant reconnu un pouvoir chromophorique considérable à la liaison acétylénique ([1]), nous n'avons pas manqué de le comparer à celui de la liaison éthylénique dans les mêmes conditions.

En parallèle avec l'étude précédente ([1]) un vinylène, —CH = CH—, a été introduit à la place de l'éthynylène, —C ≡ C—, dans nos colorants acétyléniques. Ceux-ci résultaient eux-mêmes d'une intercalation, en toutes positions possibles, du doublet carboné dans les trois types de colorants aminés triphénylméthaniques : I, II et III ([2]).

Les colorants ainsi définis sont au nombre de cinq, dérivant de l'alcool triphényl-1.1.3 allylique, IX. Aucun de ceux de la série acétylénique n'était connu auparavant; deux seulement de la série éthylénique, IV et V, ont été déjà signalés ([3]), l'obtention des trois autres, VI, VII et VIII, sera décrite par la suite.



Examinons en premier lieu, comme précédemment, l'exemple correspondant au vert malachite, II, dont dérivent les deux colorants VI et VII.

On retrouve ici, pour l'action du vinylène, la constatation faite avec l'éthy-

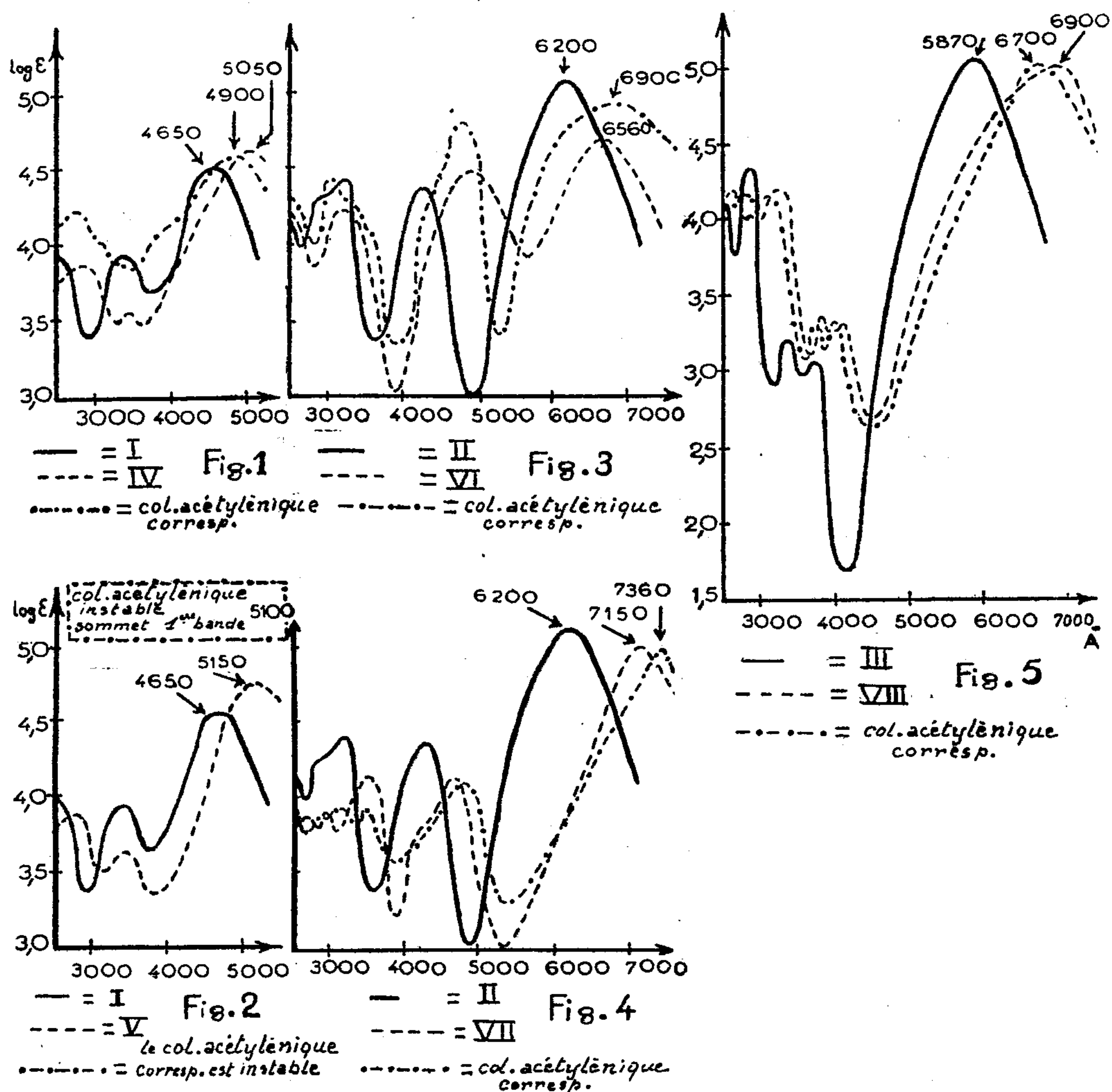
(*) Séance du 16 mai 1951.

([1]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et P. Barbieri, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1043.

([2]) Ces colorants, de même que tous ceux qui sont envisagés dans ce travail, sont des sels, mais, pour simplifier la représentation, on n'a formulé que leurs bases carbinoliques.

([3]) H. Gilman et R. H. Kirby, *Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2046.

nylène sur les différences de pouvoir chromophorique d'après le lieu de l'implantation, suivant que l'implant est extérieur au système chromogène, VI, ou bien qu'il en fait partie intégrante, VII. L'effet bathochrome




du vinylène par rapport au vert malachite se traduit par un déplacement de la bande principale égal, dans le premier cas, à 360 Å (*fig.* 3 et tableau A), et, dans le second, à 950 Å (*fig.* 4 et tableau A). L'influence de la double liaison se montre ainsi inférieure à celle de la triple liaison, laquelle déterminait (¹) un déplacement de la bande principale égal, dans le premier cas, à 700 Å, et, dans le second, à 1160 Å, soit des excédents respectifs de 340 et 210 Å par rapport à la double liaison (*fig.* 3 et 4 et tableau A). On arrive alors à la conclusion, plutôt imprévue, que la triple liaison a un pouvoir chromophorique notablement plus grand que celui de la double liaison.

Cette suprématie de la triple liaison ne se maintient pas, il est vrai, dans les trois autres colorants, IV, V et VIII, où la double liaison reprend l'avantage : celle-ci marque, sur sa concurrente, des avances de 150 et 50 Å

*Tableau A.* — *Écarts entre les sommets des 1^res^ bandes des colorants*
*acétyléniques* *triphénylméthaniques* *éthyléniques*

N⟩C≡C— [4900 Å] ← +250 Å — N-I [4650 Å] — +400 Å → IV N⟩C=C— [5050 Å] (+150 Å)
⟩C≡C—N [5100 Å] ← +450 Å — I — +500 Å → V ⟩C=C—N [5150 Å] (+50 Å)

N,N⟩C≡C— [6900 Å] ← +700 Å — N-N II [6200 Å] — +360 Å → VI N,N⟩C=C— [6560 Å] (−340 Å)
N⟩C≡C—N [7360 Å] ← +1160 Å — II — +950 Å → VII N⟩C=C—N [7150 Å] (−210 Å)

N,N⟩C≡C—N [6700 Å] ← +830 Å — N,N,N III [5870 Å] — +1030 Å → VIII N,N⟩C=C—N [6900 Å] (+200 Å)

*Tableau B.* — *Écarts entre les sommets des 2^mes^ bandes des colorants*
*acétyléniques* *triphénylméthaniques* *éthyléniques*

N⟩C≡C— [2710 Å] ← −740 Å — N I [3450 Å] — −50 Å → IV N⟩C=C— [3400 Å] (+690 Å)
⟩C≡C—N INSTABLE non déterminé ← ? — I — −50 Å → V ⟩C=C—N [3400 Å]

N,N⟩C≡C— [4890 Å] ← +610 Å — N-N II [4280 Å] — +620 Å → VI N,N⟩C=C— [4900 Å] (+10 Å)
N⟩C≡C—N [4775 Å] ← +495 Å — II — +345 Å → VII N⟩C=C—N [4625 Å] (−150 Å)

N,N⟩C≡C—N [3950 Å, 4150 Å] ← +400 Å — N,N,N III [3550 Å, 3750 Å] — +450 Å → VIII N,N⟩C=C—N [4000 Å, 4200 Å] (+50 Å)

pour les colorants IV et V (*fig.* 1 et 2 et tableau A), correspondant aux sels de fuchsonimonium, I, et de 200 Å pour le colorant VIII, correspondant au violet cristallisé, III (*fig.* 5 et tableau A).

On se trouve ainsi fort embarrassé pour décider quel est, de l'éthynylène ou du vinylène, le chromophore le plus puissant, ou même seulement pour faire ressortir quelque régularité dans les intensités des écarts entre leurs effets.

Plus irréguliers encore sont les déplacements des deuxièmes bandes comme le montrent les courbes d'absorption (*fig.* 1, 2, 3, 4 et 5) et le tableau B, irrégularités qui affectent d'ailleurs les nuances des couleurs des solutions.

Ayant conclu antérieurement ([1]) que la triple liaison avait un pouvoir bathochrome élevé, nous sommes en mesure maintenant d'affirmer qu'elle est comparable en puissance chromophorique à la liaison éthylénique, lui laissant parfois la supériorité, mais la dominant aussi à l'occasion.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur l'existence ancienne en Afrique équatoriale, au sud de la cuvette centrale du Congo, d'un désert intégral dont il subsiste des reliques appartenant au règne végétal.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Au cours du voyage que je viens de faire en Afrique équatoriale dans une partie des pays situés entre le 8° de latitude Nord (Oubangui-Chari et Haute-Sangha) et le 4° de latitude Sud (environs de Brazzaville et de Pointe-Noire, bassins du Bas-Congo et du Niari, plateaux Batéké), j'ai été frappé par l'importance qu'ont prises, dans ces pays depuis 50 ans, les savanes herbeuses brûlées chaque année deux ou trois fois pendant la saison sèche et où n'existent plus, en diverses régions, les arbustes et petits arbres rabougris qui y vivaient encore lors de mon premier voyage en 1902-1904. On peut voyager aujourd'hui sur des dizaines de kilomètres sans voir, près de la route, le moindre arbuste. La plus grande partie des galeries forestières elles-mêmes ont disparu, soit qu'on ait coupé arbres et arbustes, soit que tout ait été détruit par les feux de brousse. En ces régions, il tombe encore actuellement de 1,50 m à 1,70 m de pluie par an. La vocation climatique est donc la forêt dense équatoriale. En saison des pluies, époque à laquelle j'ai traversé le Moyen Congo, on n'aperçoit de toutes parts qu'une mer immense de hautes herbes s'élevant au moment de la floraison de 1 m à 3 m de haut suivant les espèces et les terrains. J'ai recueilli, au cours de mon voyage, environ 300 espèces de Graminées formant le fond de la végétation de cet océan de hautes herbes qui s'étend presque jusqu'à l'Équateur, à proximité de la rive française du Congo et qui, par le bassin du Niari et Pointe-Noire, rejoint aussi les savanes herbeuses du littoral recouvrant d'anciennes dunes. La forêt dense recule d'année en année et la savane herbeuse substituée à la steppe arborée progresse constamment. Elle recouvre déjà des millions de kilomètres carrés tant au Sud qu'au Nord de l'Équateur. J'ai eu l'avantage de voir, il y a 48 ans, ces pays; on y voyait déjà de grandes savanes herbeuses, mais elles

étaient encore arborées çà et là; les feux de brousse existaient déjà, mais ils n'avaient pas complètement mutilé ou détruit les arbustes et petits arbres vivant dans ces savanes. En 1902, j'étudiai aux environs de Brazzaville les plantes à latex qui vivaient dans ces savanes. Il existait, à travers les herbes, trois espèces d'Apocynées de très petite taille (les parties aériennes n'avaient que 20 cm à 50 cm au-dessus du sol). Le caoutchouc était renfermé dans les rhizomes souterrains qu'on arrachait pour en retirer le latex. Ces trois plantes étaient : 1° *Landolphia humilis* K. Schum.; 2° *L. thollonii* Dewèvre; 3° *Carpodinus lanceolata* K. Schum. (celui-ci donnant une résine gluante, mais pas un vrai caoutchouc); une quatrième espèce qui donne du caoutchouc, *Clitandra henriquesiana* K. Schum. vit dans l'Angola, mais ne pénètre pas au Congo. Je publiai, en 1902 puis en 1913, des notes attribuant le nanisme de ces plantes et d'autres espèces que j'observai ensuite dans l'Oubangui-Chari, à l'action des feux de brousse (1).

A la suite du voyage que je viens de faire, j'ai constaté que toutes les plantes ligneuses naines vivant parmi les herbes n'ont pas la même origine. Il existe effectivement des plantes mutilées par les feux, qui se maintiennent en produisant de forts rhizomes développant chaque année des pousses qui fleurissent presque aussitôt et fructifient parfois. Si le feu de brousse ne sévit pas pendant plusieurs années, les parties aériennes grandissent et s'élèvent chez certaines espèces à plusieurs mètres; diverses Landolphiées naines à caoutchouc (*L. humilis*, etc.) acquièrent alors des vrilles et redeviennent de véritables lianes à caoutchouc.

Il existe aussi parmi les herbes d'autres espèces ligneuses naines qui restent toujours minuscules, même si le feu ne sévit pas. Il en est même dont la partie aérienne se développe chaque année. A ce groupe appartiennent les deux plantes citées plus haut : *Landolphia thollonii* et *Carpodinus lanceolata*. Nous avons observé, au cours du voyage récent, d'autres arbrisseaux nains rappelant ceux des déserts ou de la toundra. Un des plus remarquables est une Rosacée du genre *Parinarium* auquel appartiennent quelques espèces de grands arbres de la forêt équatoriale. Notre plante n'a que 15 à 30 cm de haut, ses tiges, très grêles, meurent chaque année, mais les rhizomes sur lesquels s'insèrent ces tiges sont vivaces. Cette plante que nous avons trouvée aux environs de Brazzaville avait déjà été recueillie par Thollon, compagnon de Brazza, dès 1885, sous l'Équateur même et nommée par Baillon *Parinarium nanum*; elle a, depuis, reçu le nom de *P. congoense* Engler. Ce qui est extraordinaire c'est que ce *Parinarium* nain est très proche de *P. excelsum* et *P. curatellifolium* qui sont

(1) *Comptes rendus* **135**, 1902, p. 512. *Études sur la Flore de l'Afrique Centrale française*, 1913, p. 188-193.

des arbres de forêt. Le dernier, parfois, s'est nanisé par le feu de brousse, mais il a encore 5 à 10 m de haut.

Dans les savanes herbeuses du Congo on trouve aussi, parmi les Graminées, quelques plantes charnues et des éphémérophytes dont une très remarquable du genre *Ilysanthes* (Scrophulariée) qui fleurit et fructifie 8 jours après la germination. Toutes les plantes que nous venons de citer présentent l'écologie de la végétation des déserts chauds très arides. Quant aux herbes, peu sont endémiques, la plupart sont venues de diverses régions des pays tropicaux et elles ont colonisé des places libres.

M. J. Trochain (*Encyclopédie de l'A. E. F.*, 1950, p. 136) s'appuyant sur les travaux de T. Monod, A. Aubréville, J. Lebrun, rapporte que les modifications du climat à la fin du tertiaire ont amené la substitution au manteau forestier d'une flore de savanes et il cite, parmi les facteurs intervenus, l'apparition d'écotypes nés sur place d'une stirpe sylvicole.

Non seulement je partage ces vues ([2]), mais les observations que je viens de faire m'amènent à penser qu'il a existé, au centre de l'Afrique, à une époque indéterminée, un grand désert très aride situé au Nord et à l'Ouest de la mer intérieure dans lequel venaient se jeter le Congo, la Sangha, l'Oubangui, le Kasaï, le Niari, etc. Des amoncellements de sables, d'autres éléments d'érosion notamment de l'argile avaient été déversés sur les régions voisines et avaient formé des dunes et des plateaux dont on trouve encore des traces sur des terrains plus anciens. Ce désert possédait une flore xérothermique qui simulait celle du Sahara actuel, mais était, semble-t-il, d'origine australe; il subsiste encore un certain nombre de reliques qui rappellent la flore actuelle du Kalahari, près du lac Ngami.

Les géologues ont, du reste, donné le nom de Kalahari (*cf.* M. Nicklès, *Encyclopédie* citée, p. 158) à ce terrain, d'origine continentale, qui couvrait, non seulement le Pays Batéké actuel, mais chevauchait sur les terrains anciens voisins, allant jusqu'à l'Équateur vers le Nord, au Sud vers l'Angola et au Sud-Ouest il regagnait les dunes, longeant l'Atlantique. Dans ces régions, on trouve encore çà et là des reliques de la flore xérothermique qui se sont adaptées au climat actuel et même aux feux de brousse.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone à basse température.* Note de MM. **René de Mallemann**, **François Suhner** et **André Malevergne**.

La variation thermique de la Constante de Verdet $\Lambda$ du sulfure de carbone entre 0 et 40°, pour la radiation $\lambda = 589\,\mathrm{m}\mu$, est connue avec précision

([2]) Il s'agit toutefois de savoir si en Afrique tropicale occidentale la végétation forestière a précédé la flore xérothermophile.

depuis les mesures de Rodger et Waston. D'après les nombres de ces auteurs, rassemblés dans la formule :

$$\Lambda = 0,04347 - 0,0000737\, t. \text{ (min)},$$

la rotation *spécifique* [Λ] *décroîtrait* de 0',03362 à 0',03288 quand la température passe de 0 à 40°, et, des valeurs connues de l'indice *n*, on peut déduire que la *rotativité* $[\Omega]_M$ varie régulièrement de 1',712 à 1',716 entre ces mêmes limites : [Ω] augmenterait donc légèrement, mais sa variation relative serait nettement inférieure à celle de [Λ].

Néanmoins, l'intervalle de température exploré par Rodger et Waston est trop restreint pour une comparaison réellement significative.

Nous avons donc procédé à une série d'observations pour des températures allant de + 20° à — 80°; les mesures comprennent celles de : 1° la *rotation* Λ; 2° la *densité d*; 3° *l'indice de réfraction n*. La technique a été décrite récemment dans une Note relative à l'oxyde de méthyle (¹).

Le tableau ci-dessous fait connaître l'ensemble des résultats pour $\lambda = 578$ mμ. ($\rho_M$ désigne le pouvoir rotatoire moléculaire *rapporté à celui de l'eau à* 20°).

| $t°$. | $d_{t/4°}$. | $n_t$. | $\Lambda_t.10^3$ (min). | $[\Lambda].10^3$ (min). | $\rho_M$. | $[\Lambda]_M.10^5$ (rad). | $[\Omega].10^3$ (min). | $[\Omega]_M.10^5$ (rad). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| —80.... | 1,389 | 1,7145 | 5,253 | 3,771 | 11,66 | 83,50 | 2,387 | 52,86 |
| —70.... | 1,381 | 1,7064 | 5,167 | 3,740 | 11,57 | 82,82 | 2,382 | 52,75 |
| —60.... | 1,3695 | 1,6983 | 5,077 | 3,709 | 11,47 | 82,13 | 2,377 | 52,64 |
| —50.... | 1,357 | 1,6904 | 4,991 | 3,678 | 11,37 | 81,45 | 2,372 | 52,52 |
| —40.... | 1,346 | 1,6821 | 4,902 | 3,647 | 11,28 | 80,76 | 2,367 | 52,41 |
| —30.... | 1,333 | 1,6739 | 4,816 | 3,616 | 11,18 | 80,08 | 2,362 | 52,29 |
| —20.... | 1,319 | 1,6650 | 4,727 | 3,585 | 11,09 | 79,39 | 2,3565 | 52,18 |
| —10.... | 1,3065 | 1,6562 | 4,641 | 3,555 | 10,99 | 78,71 | 2,353 | 52,11 |
| 0.... | 1,292 | 1,6477 | 4,555 | 3,5235 | 10,90 | 78,02 | 2,351 | 52,06 |
| 20.... | 1,2635 | 1,6300 | 4,400 | 3,481 | 10,77 | 77,11 | 2,354 | 52,14 |

D'après nos mesures, [Ω] *décroîtrait* nettement de — 80° à 0° pour *croître* au delà et ce changement d'allure de la courbe, aux environs de 0°, s'accorde avec le résultat indiqué plus haut. Cependant, *alors que dans cet intervalle de* 100°, *la variation de la rotation spécifique* (*ou moléculaire*) *dépasse* 8 %, *la rotativité est constante à* 1,4 % *près*.

La valeur moyenne $[\Omega]_M = 52.10^{-5}$ (rad) serait néanmoins supérieure (de 4 %) au nombre $49,9.10^{-5}$ déduit des mesures faites par P. Gabiano et l'un de nous à partir du $CS^2$ *en vapeur*, à 75°. Mais ces observations, déjà anciennes (²), n'offraient pas toutes les garanties de notre technique actuelle et des dispositions sont prises pour les contrôler.

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1385.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 487; *Ann. de Phys.*, **20**, 1933, p. 68-131.

M. **Albert Michel-Lévy** fait hommage à l'Académie de son Mémoire intitulé : *Reproduction artificielle de minéraux silicatés à haute pression. Métamorphisme artificiel des roches*, et de divers tirages à part de ses travaux.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Auguste Chevalier** :

*Flore de Madagascar et des Comores* (*Plantes vasculaires*). Familles 1-4, 21-22, 41-43, 44-44 *bis*, 72-76, 81, 104-105, 108, 123, 132-134, 135-136, 142, 146, 154-155.

## COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Jacques Hadamard**, **Charles Maurain**, pour la Division des Sciences mathématiques; **Maurice Caullery**, **Louis Blaringhem**, pour la Division des Sciences physiques; **Pierre Lejay**, **Gaston Dupouy**, pour la Division des Membres non résidants, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Lucien Cuénot*.

## DÉSIGNATIONS.

M. **Maurice Javillier** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du médaillon qui sera apposé, le 9 juin 1951, sur la maison où habita **Eugène Chevreul**, à l'Haÿ-les-Roses.

## CORRESPONDANCE.

M. **Émile Guyénot** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Lucien Cuénot*.

L'Académie est informée de la réunion à Lille, du 22 au 28 juin 1951, du **XII<sup>e</sup> Congrès national d'habitation et d'urbanisme** et du **Congrès national 1951 des organismes d'habitations a loyer modéré**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national de l'Upemba. *Mission G. F. de Witte*, en collaboration avec *W. Adam*, *A. Janssens*, *L. Van Meel* et *R. Verheyen* (1946-1949). Fascicule 3.

Il signale également un Ouvrage polycopié :

Organisation météorologique internationale. Sous-Commission pour la comparaison des radiosondes. *Comparaison mondiale des radiosondes. Acte final de la première expérience à la Station aérologiqne de Payerne* (*Suisse*) (8 *au* 30 *mai* 1950), en trois volumes. Volumes I et II.

ALGÈBRE. — *Corps valués quasi algébriquement clos.*

Note de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Un corps K est dit quasi algébriquement clos (q. a. c.) ([1]) si toute équation homogène de degré $d$ à $s$ inconnues sur K telle que $d < s$ admet une solution non triviale dans K.

Théorème 1. — *Si $k$ est un corps algébriquement clos, les corps $k(T)$ et $K = k((T))$ des fractions rationnelles* ([2]) *et des séries formelles à une variable sur $k$ sont q. a. c.*

Soit $F(X_1, \ldots, X_s)$ une forme de degré $d < s$ sur K. Nous pouvons supposer que ses coefficients sont des séries à exposants positifs. Il s'agit de montrer l'existence d'une solution $(x_1, \ldots, x_s)$ de $F(X) = 0$ en séries à exposants positifs, dont l'une au moins est d'ordre o pour la valuation classique de K. Soit $F_n(X)$ la forme obtenue à partir de $F(X)$ en supprimant de ses coefficiénts tous les termes en $T^m$ pour $m \geq n$. L'équation $F_n(X) = 0$ a une solution non triviale $(P_i(T))$, les $P_i$ étant des polynomes de degrés $\leq n+1-s$ : en effet la relation $F(P_i(T)) = 0$ se traduit par $d(n+1-s)+n$ équations homogènes entre les $s(n+2-s)$ coefficients des $P_i$, et l'on a $d(n+1-s)+n < s(n+2-s)$ puisque $d < s$; ceci donne le théorème de Tsen pour $k(T)$ ([2]). On peut supposer que l'un des $P_i(T)$ est d'ordre o. Soit alors $E_n$ l'espace (de dim. $ns$) des $s$-uples de polynomes de degrés $\leq n-1$ sur $k$; pour $j \geq n$ notons $p_{nj}$ la projection canonique de $E_j$ sur $E_n$. Les $s$-uples de polynomes $x_i(T)$ de degrés $\leq n-1$ qui sont solutions de la congruence $F(X) \equiv 0 \pmod{T^n}$ forment un cône algébrique $B_n$ dans $E_n$. Ce qui précède montre que $p_{0n}(B_n)$ est $\neq (0)$. Pour $n$ fixe et $j \geq n$, les $p_{nj}(B_j)$ forment donc une suite décroissante de cônes algébriques $\neq (0)$ de $E_n$. Par conséquent leur intersection $C_n$ est $\neq (0)$, et l'on a $p_{ij}(C_j) = C_i$. On peut donc former $s$ suites « cohérentes » de polynomes $(x_{l,n}(T))$ avec $(x_{l,n}(T)) \in C_n$ pour tout $n$. Les séries formelles $x_k(T)$ limites des $x_{l,n}(T)$ fournissent la solution cherchée.

On peut conjecturer le résultat plus général : si L est un corps valué q. a. c. à valuation discrète, le complété de L est q. a. c.

---

([1]) Chevalley, *Abh. Math. Sem. Hamb.*, 11, 1935, p. 73-75.

([2]) Tsen, *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, II, 48, 1933, p. 335-339.

THÉORÈME 2. — *Le corps* K *des séries formelles à coefficients complexes qui convergent au voisinage de l'origine est q. a. c.*

Soit $R(X_1, \ldots, X_s)$ une forme de degré $d < s$ sur K; écrivons

$$R(X) = F(X, T),$$

F étant une série à coefficients complexes. Pour $|t|$ assez petit l'équation

$$F(x, t) = 0$$

définit une variété analytique V. Soit $\overline{V}$ la « variété algébroïde » de même équation (les guillemets indiquent les notions considérées au sens des séries formelles, sans tenir compte de la convergence). Le théorème 1 fournit une « courbe » $\overline{C}[X_i = x_i(T)]$ située sur $\overline{V}$. Nous passons à partir de là à l'espace affine. En remplaçant $\overline{V}$ par son ensemble singulier, et ainsi de suite autant qu'il sera nécessaire, on obtient une « variété » $\overline{W}^u$ contenant $\overline{C}$ et dont « l'ensemble singulier » ne contient pas $\overline{C}$. Par « projection générique » (les nouvelles variables étant T et $u$ combinaisons linéaires $Y_j$ des $X_i$ dont les coefficients sont des nombres complexes algébriquement indépendants sur un corps de définition de $\overline{W}$ et $\overline{C}$), on obtient une « variété » $\overline{P}$ définie par *une* équation $G(Y_1, \ldots, Y_u, T) = 0$. On remarque que G est un polynome en les $Y_j$ dont les coefficients sont des séries convergentes en T, qu'il existe $u$ séries formelles $y_j(T)$ telles que $G[y_1(T), \ldots, y_u(T), T] = 0$, et que l'un au moins des $(\partial G/\partial Y_i)[y(T), T]$ est $\neq 0$ (puisqu'on a évité les points singuliers). Soit $q$ le plus petit des ordres des $(\partial G/\partial Y_i)[y(T), T]$, et $j$ un indice pour lequel ce minimum est atteint. Prenons $n > q$, et soit $y_i^{(n)}(T)$ le polynome de degré $n - 1$ section de $y_i(T)$. Considérons l'équation $G[y_1^{(n)}(T) + T^n Z_1, \ldots, y_u^{(n)}(T) + T^n Z_u, T) = 0$. Elle s'écrit

$$(1) \qquad G[y^{(n)}(T), T] + T^n \sum_{i=1}^{u} Z_i \frac{\partial G}{\partial Y_i}[y^{(n)}(T), T] + T^{2n} H(Z, T) = 0.$$

Comme elle a une solution en séries formelles $z_i(T)$, $G[y^{(n)}(T), T]$ est d'ordre $\geq n + q$. Divisons alors par $T^{n+q}$ et prenons tous les $Z_i$ nuls sauf $Z_j$. On obtient une équation de la forme

$$(2) \qquad a(T) + Z_j b(T) + T^{n-q} Z_j^2 S(Z_j, T) = 0,$$

où $a(T)$ et $b(T)$ sont des séries convergentes, où $b(0) \neq 0$, et où S est un polynome en $Z_j$ dont les coefficients sont des séries convergentes en T. Le théorème des fonctions implicites fournit une solution convergente $z_j(T)$ de (2). D'où une solution de $G(Y, T) = 0$ en séries convergentes, et, en remontant de $\overline{P}$ à $\overline{W}$, une solution en séries convergentes de $F(X, T) = 0$.

C. Q. F. D.

Le théorème 2 reste valable si l'on remplace le corps des nombres complexes par un corps valué complet algébriquement clos quelconque.

Les théorèmes 1 et 2 admettent une sorte de réciproque :

THÉORÈME 3. — *Si un corps valué à valuation discrète* K *est q. a. c., son corps des restes $k$ est algébriquement clos.*

Soient $f(X)$ un polynome de degré $d$ sur $k$, $F(X, Y)$ la forme obtenue en rendant $f$ homogène, $t$ un élément d'ordre 1 de K, et $G(X, Y)$ une forme de degré $d$ sur K donnant F par réduction mod $t$. L'équation homogène

$$G(X_0, Y_0) + tG(X_1, Y_1) + \ldots + t^{d-1}G(X_{d-1}, Y_{d-1}) = 0$$

a une solution non triviale $(x_0, y_0, \ldots, x_{d-1}, y_{d-1})$ dans K par hypothèse. On peut supposer que le plus petit des ordres des $x_i$ et $y_i$ est 0; soit $j$ le plus petit indice pour lequel cet ordre est atteint; par division par $t^j$ on obtient

$$G(x_j, y_j) \equiv 0 \quad (\mathrm{mod}\, t).$$

D'où une solution, dans $k$, de $f(X) = 0$. C. Q. F. D.

ALGÈBRE. — *Sur les équivalences régulières dans les demi-groupes.* Note de M<sup>lle</sup> **MARIANNE TEISSIER**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit, dans un demi-groupe D, un complexe quelconque A ; nous étudions : 1° les équivalences régulières pour lesquelles A est *indivisible*, c'est-à-dire contenu dans *une* classe; 2° les équivalences régulières pour lesquelles A est *saturé*, c'est-à-dire réunion de classes.

1. Parmi les équivalences régulières de D pour lesquelles le complexe A est indivisible (équivalences $\mathcal{H}_A$), il existe une équivalence maximum triviale (l'équivalence universelle). Construisons l'équivalence minimum $\mathcal{E}_A$, intersection des $\mathcal{H}_A$.

$D^*$ étant le demi-groupe obtenu en adjoignant à D un élément-unité bilatère $e$ (on peut avoir $D = D^*$), deux complexes $xAy$ et $x'Ay'$ $(x, y, x', y' \in D)$ sont dits *enchaînés* s'il existe une suite finie de complexes $xAy$, $x_1Ay_1, \ldots, x_nAy_n, x'Ay'$ $(x_i, y_i \in D^*)$ dans laquelle deux complexes consécutifs se coupent. On définit $\mathcal{E}_A$ dans D de la manière suivante :

1° Tout élément de D n'appartenant pas à l'idéal bilatère $D^*AD^*$ forme à lui seul une classe;

2° Deux éléments de $D^*AD^*$ appartiennent à la même classe si et seulement s'ils appartiennent au même complexe $xAy$, ou à deux complexes $xAy$ et $x'Ay'$ enchaînés.

Nous pouvons écrire

$$a \equiv a(\mathcal{E}_A)$$

$$a \neq b \rightarrow [\, a \equiv b(\mathcal{E}_A) \rightleftarrows (a = x\alpha y,\ x\alpha_1 y = x_1\alpha_2 y_1,\ x_1\alpha_3 y_1 = x_2\alpha_4 y_2 \ldots x_n\alpha_{2n+1} y_n = b)\,]$$
$$(x_i, y_i \in D^*,\ \alpha_i \in A).$$

Nous avons bien une partition de D; $\mathcal{E}_A$ est régulière, A est indivisible (puisque $A = eAe$); et $\mathcal{E}_A$ est contenue dans toutes les équivalences $\mathcal{H}_A$, car un complexe $xAy$ et tous les complexes $x'Ay'$ qui lui sont enchaînés appartiennent nécessairement à la même classe modulo $\mathcal{H}_A$. De plus, A est indivisible modulo toutes les équivalences régulières qui contiennent $\mathcal{E}_A$; ce sont donc des équivalences $\mathcal{H}_A$; donc :

Les équivalences $\mathcal{H}_A$ sont toutes les équivalences régulières qui contiennent $\mathcal{E}_A$.

Théorème d'isomorphisme. — $D' = D/\mathcal{E}_A$ est un demi-groupe homomorphe à D; il existe une correspondance biunivoque conservant l'inclusion entre l'ensemble des équivalences régulières $\mathcal{H}'$ de $D'$ et l'ensemble des équivalences $\mathcal{H}_A$, qui sont les équivalences induites dans D par les $\mathcal{H}'$ [pour une $\mathcal{H}'$ particulière et l'équivalence $\mathcal{H}_A$ qu'elle induit, les ensembles-quotients $D'/\mathcal{H}'$ et $D/\mathcal{H}_A$ sont isomorphes (1)].

2. Parmi les équivalences régulières de D pour lesquelles le complexe A est saturé (équivalences $\mathcal{K}_A$), il existe une équivalence minimum triviale (l'égalité). L'équivalence maximum $\mathcal{M}_A$ est définie de la manière suivante :

$$a \equiv b(\mathcal{M}_A) \rightleftharpoons [xay \in A \rightleftharpoons xby \in A]\ x,\ y \in D^*.$$

Nous avons bien une partition de D (la réunion des idéaux bilatères ne coupant pas A, qui est le plus grand idéal ayant cette propriété, forme une classe appelée *résidu* de A); cette équivalence est régulière; A est saturé ($a \equiv b,\ a \in A \rightarrow eae \in A \rightarrow b = ebe \in A$) et toute équivalence régulière pour laquelle A est saturé est contenue dans $\mathcal{M}_A$; inversement A est saturé modulo toute équivalence régulière contenue dans $\mathcal{M}_A$.

Les équivalences $\mathcal{K}_A$ sont donc toutes les équivalences régulières contenues dans $\mathcal{M}_A$.

*Cas où A est une classe.* — Pour qu'il existe une équivalence régulière dans laquelle A soit une classe, il faut et il suffit que

$$\mathcal{C}. \qquad xAy \cap A \neq 0 \rightarrow xAy \subseteq A \qquad (x, y \in D^*).$$

La condition est *nécessaire* : une classe contenant A (ici A lui-même) doit contenir tout complexe $xAy$ enchaîné avec A; elle est *suffisante* : A vérifiant $\mathcal{C}$ est la réunion de tous les complexes qui lui sont enchaînés, donc est une classe modulo $\mathcal{E}_A$. De plus, A est une classe modulo $\mathcal{M}_A$, car pour $a,\ b \in A$

$$xay \in A \rightarrow xAy \cap A \neq 0 \rightarrow xAy \subseteq A \rightarrow xby \in A, \quad \text{et inversement.}$$

La famille des équivalences régulières pour lesquelles A est une classe (équivalences $\mathcal{L}_A$), c'est-à-dire pour lesquelles A est indivisible et saturé, est l'intersection des familles $\mathcal{H}_A$ et $\mathcal{K}_A$. Les équivalences $\mathcal{L}_A$ sont toutes les équi-

(1) *Cf.* P. Dubreil, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 239-241.

valences contenant $\mathcal{E}_A$ et contenues dans $\mathfrak{M}_A$; la condition $\mathcal{E}_A \subseteq \mathfrak{M}_A$ est équivalente à la condition $\mathcal{C}$.

*Remarque.* — Si un complexe A est indivisible (ou saturé) modulo les équivalences régulières $\mathcal{R}_1$ et $\mathcal{R}_2$, A est indivisible (ou saturé) modulo les équivalences régulières $\mathcal{R}_1 \cap \mathcal{R}_2$ et $\mathcal{R}_1 \times \mathcal{R}_2$. Chacune des familles d'équivalences $\mathcal{H}_A$, $\mathcal{K}_A$, $\mathcal{L}_A$ est donc un sous-treillis du treillis des équivalences régulières de D. La famille $\mathcal{K}_A$ est un idéal et la famille $\mathcal{H}_A$ un idéal dual au sens de la théorie des treillis ([2]).

*Cas où* $\mathcal{E}_A = \mathfrak{M}_A$. — A est nécessairement une classe; si $D' = D/\mathcal{E}_A$, d'après le théorème d'isomorphisme $D/\mathfrak{M}_A \simeq D'/\mathfrak{M}'_a$, $a$ étant l'image de A dans D' et $\mathfrak{M}'$ défini dans D' comme $\mathfrak{M}$ dans D. Pour que $\mathcal{E}_A = \mathfrak{M}_A$, c'est-à-dire pour qu'il existe une seule équivalence dans laquelle A soit une classe, il faut et il suffit que $\mathfrak{M}'_a$ soit l'égalité dans D', c'est-à-dire que

$$b,\, c \in D', \qquad b \neq c \rightarrow \exists\, x,\, y \in D'^{*} : xby = a \quad \text{et} \quad xcy \neq a,$$

sauf peut-être si $b = w$, image du résidu de A. Cette condition est vérifiée en particulier : si D' est un semi-groupe (donc si $\mathcal{E}_A$ est simplifiable); et si D' est un pseudo-semi-groupe, l'élément permis étant $w$ ([3]).

ALGÈBRE. — *Sur un domaine à trois opérations.*

Note de M. **Jacques Lévy-Bruhl**, présentée par M. Jean Chazy.

I. Définition du domaine D. — 1. D est un module, sur lequel on peut définir deux structures d'anneau par la donnée de deux lois de multiplication internes :

multiplication intérieure notée par . (que nous pourrons omettre) ;

multiplication extérieure notée par &.

2° D contient deux espaces vectoriels sur un corps K de caractéristique o : U et V, éventuellement confondus, et l'on a :

$$(1) \qquad (a_1 \,\&\, a_2,\, \ldots,\, \&\, a_k).(b_1 \,\&\, b_2,\, \&\, b_k) = \Sigma(a_1 b_{i_1} \,\&\, a_2 b_{i_2} \,\&,\, a_k b_{i_k}),$$

tous les $a_i$ appartenant à un de ces deux espaces vectoriels, U par exemple, les $b_i$ appartenant soit à U, soit à V, et la somme du deuxième membre étant étendue à toutes les permutations $i_1, \ldots, i_k$ des entiers 1 à $k$, et appartenant à D.

II. Élément quasi neutre à droite. — Il y a intérêt à adjoindre à D un élément L, que nous nommerons quasi neutre à droite, défini par les axiomes suivants :

1° Le produit extérieur de $n$ facteurs égaux à I, noté $I^{\&n} = n\,!\,I$;

2° $A \,\&\, I = I \,\&\, A$, quel que soit A dans D;

---

([2]) *Cf.* G. Birkhoff, *Lattice theory*, p. 21.

([3]) *Cf.* P. Dubreil, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 63, p. 25.

3° $I.I = I$;

4° $I.v = 0$, si $v$ est dans V.

Quoique I ne puisse appartenir à D, en vertu de la non-associativité de (II, 1), son introduction est justifiée par le

Théorème. — *Le produit intérieur* P.Q, *où*

$$P = u_1 \& \ldots \& u_{p_1}, \qquad u_i \in U,$$
$$Q = v_1 \& \ldots \& v_{p_2}, \qquad v_j \in V,$$

*et*

$$p_2 \geqq p_1$$

*peut s'effectuer par la formule* (I), *à condition de multiplier au préalable extérieurement* P *par* $I^{\&(p_2-p_1+n)}$ *et* Q *par* $I^{\& n}$, *quel que soit n entier positif.*

Pour effectuer le produit P.Q, où $p_1 < p_2$, on introduira un élément quasi neutre à gauche J, satisfaisant aux trois premiers axiomes II et où II, 4° est remplacé par $u.J = 0$, si $u$ est dans U.

III. Exemples de domaines D. — 1° *Opérateurs de dérivation.* — V est l'ensemble des fonctions de $n$ variables indéfiniment dérivables. U est l'ensemble des opérateurs de dérivation par rapport aux variables. La multiplication extérieure est le produit ordinaire, la multiplication intérieure est le produit symbolique des opérateurs de dérivation. L'élément quasi neutre à gauche est égal à 1.

2. *Matrices carrées d'ordre n.* — Les deux espaces vectoriels U et V sont confondus avec l'espace vectoriel des matrices d'ordre $n$ sur un corps commutatif K de caractéristique nulle. Le produit intérieur de deux matrices est le produit matriciel ordinaire.

Si $\varepsilon_p^q$ désigne la matrice carrée d'ordre $n$, ayant tous ses éléments nuls, sauf l'intersection de la $p^{\text{ième}}$ ligne de la $q^{\text{ième}}$ colonne qui vaut un, le produit extérieur $\varepsilon_p^q$ et $\varepsilon_{p'}^{q'}$ se transforme par définition en son opposé, si l'on permute les deux indices supérieurs ou les deux indices inférieurs. Cette multiplication extérieure est commutative.

Il existe un domaine D défini par l'addition, et les multiplications intérieure et extérieure. D est le produit tensoriel de deux algèbres extérieures construites sur deux espaces vectoriels sur K.

Le produit extérieur des $n$ matrices carrées d'ordre $n$, qu'on peut écrire sous forme de déterminant à trois indices, est invariant si l'on effectue sur tous ses facteurs une même transmutation, ou si l'on multiplie chaque facteur par une même matrice de déterminant un.

La puissance extérieure $n^{\text{ième}}$ d'une matrice carrée d'ordre $n$ est le produit par $n!$ du déterminant de cette matrice. On retrouve que le déterminant d'un produit de matrices est le produit des déterminants des facteurs.

On peut calculer un déterminant en groupant arbitrairement les éléments

de la matrice associée, et en formant la puissance extérieure $n^{\text{ième}}$ de la somme ainsi obtenue. On retrouve ainsi en particulier le développement de Laplace.

Le rang d'une matrice A est le plus grand entier $k$, tel que $A^{\&k} \neq 0$.

Les traces successives d'une matrice, égales à $E^{\&k} \& A^{\&(n-k)}$, sont les coefficients de l'équation caractéristique de A : $(A - tE)^{\&n} = 0$.

Par l'introduction de l'élément quasi neutre, on voit que, si T et T′ sont deux éléments de D, et X une matrice, les relations $T.X = 0$ et $T'.X = 0$ entraînent $(T \& T').X = 0$. Donc, si une matrice vérifie $f(t) = 0$ et $g(t) = 0$, $f$ et $g$ polynomes en $t$ à coefficients dans D, elle vérifie $f(t) \& g(t) = 0$. On retrouve un théorème de Philips, et la formule de Cayley-Hamilton comme cas particuliers.

3. *Fonctions symétriques de n variables.* — Si $x_1, \ldots, x_n$ sont les racines de l'équation caractéristique de A : $(A^{\alpha_1} \& A^{\alpha_2} \& A^{\alpha_n}) = S(x_1^{\alpha_1}.x_n^{\alpha_n})$, la somme S étant étendue à toutes les permutations de $x_1, \ldots, x_n$. Il y a donc isomorphisme entre les produits extérieurs des puissances d'une même matrice, et les polynomes symétriques complets de $n$ variables. Des identités obtenues par la formule (1), ou par dérivation par rapport à la matrice A, peuvent simplifier le calcul des fonctions symétriques.

Les résultats se généralisent pour plusieurs séries de variables.

Pour que $(A^{k_1} \& \ldots A^{k_n})(B^{l_1} \& \ldots \& B^{l_n}) = (A^{l_1} \& \ldots \& A^{l_n})(B^{k_1} \& \quad B^{k_n})$ chaque fois qu'on a $k_1 + \ldots + k_n = l_1 + \ldots + l_n$, il faut et il suffit que les matrices A et B aient deux équations caractéristiques ayant des racines proportionnelles. Il suffit donc de la vérifier pour les expressions correspondant aux fonctions symétriques élémentaires des racines, pour qu'elles soient vraies quel que soit $k_1 + \ldots + k_n$.

Grâce à cette remarque, on retrouve simplement les résultats obtenus [1] par M. J. G. Van der Corput, à l'aide d'opérateurs différentiels, qui sont isomorphes à $(A^{\alpha_1} \& \ldots \& A^{\alpha_n})$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le groupe exceptionnel* ($E_6$).

Note de M. **Claude Chevalley**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient K un corps algébriquement clos de caractéristique 0 et $\mathfrak{g}$ une algèbre de Lie simple de type ($E_6$) sur K; $\mathfrak{g}$ est donc de dimension 78 et de rang 6. E. Cartan a montré que $\mathfrak{g}$ admet une représentation simple de degré 27, et que l'image de $\mathfrak{g}$ par cette représentation se compose de toutes les transformations infinitésimales X telles que $XF = 0$, F étant une certaine forme cubique à 27 variables dont il a donné l'expression explicite; il a de plus observé que la variété projective dont on obtient les équations en annulant toutes les déri-

(1) *Math. Centrum, Scriptum* 3, Amsterdam, 1950.

vées partielles de F est de dimension 16. Nous allons donner une interprétation de la forme F.

Nous utiliserons les notations suivantes : V sera un espace vectoriel de dimension 6 sur K, $V^*$ le dual de V, E et $E^*$ les algèbres extérieures sur V et $V^*$, $E_p$ et $E_p^*$ les espaces d'éléments homogènes de degré $p$ de E et de $E^*$. Nous désignerons par $\langle u, u^* \rangle$ la forme bilinéaire sur $E \times E^*$ définie par les conditions suivantes : $\langle u, u^* \rangle = 0$ si $u \in E_p$, $u^* \in E_q^*$ et $p \neq q$ ; si $x_1, \ldots, x_p$ sont dans V et $x_1^*, \ldots, x_p^*$ dans $V^*$, $\langle x_1 \ldots x_p, x_p^* \ldots x_1^* \rangle$ est le déterminant de la matrice $(x_j^*(x_i))_{1 \leq i, j \leq p}$ [1]. Nous désignerons par $e$ un élément $\neq 0$ de $E_6$, choisi une fois pour toutes, et par $e^*$ l'élément de $E_6^*$ tel que $\langle e, e^* \rangle = 1$. La donnée de $e$ permet de définir sur E une opération de produit régressif : à tout $u \in E$ on fait correspondre l'élément $u^*$ de $E^*$ tel que $\langle v, u^* \rangle = \langle vu, e^* \rangle$ pour tout $v \in E$, et le produit régressif $u \vee w$ est défini par $(u \vee w)^* = u^* w^*$. Si $u \in E_p$ et $w \in E_q$, on a $u \vee w \in E_{p+q-n}$ ; si $p + q = n$, $u \vee w$ est un scalaire et l'on a $wu = (u \vee w)e$.

Nous désignerons par W l'espace $V \times V \times E_4$, de dimension 27. Si $w = (x, y, a)$ est un point de cet espace, nous poserons

$$F(w) = 6xy \vee a + a \vee a \vee a ;$$

F est une forme cubique sur W. Nous désignerons par $F(w, w', w'')$ la forme trilinéaire symétrique telle que $F(w, w, w) = F(w)$. Nous dirons que F est harmonique par rapport à un endomorphisme X de W si l'on a l'identité $F(w, w, Xw) = 0$ pour tout $w$ (c'est-à-dire si X, considéré comme transformation infinitésimale, annule F). Les endomorphismes X qui jouissent de cette propriété forment une algèbre de Lie $\mathfrak{g}$ qui est de type $(E_6)$. Si Y est un endomorphisme de V, soit $\sigma(Y)$ la dérivation de E qui prolonge Y ; soient $\sigma_p(Y)$ la restriction de $\sigma(Y)$ à $E_p$ et $\rho_0(Y)$ l'endomorphisme $(x, y, a) \to [Yx, Yy, \sigma_4(Y)a]$ de W. Si Y est de trace nulle, $\rho_0(Y)$ appartient à $\mathfrak{g}$ ; on obtient ainsi une sous-algèbre $\mathfrak{a}$ de $\mathfrak{g}$, de type $(A_5)$ et de dimension 35.

Les opérations $H_0$, $X_0$, $Y_0$ définies par

$$H_0(x, y, a) = (x, -y, 0), \qquad X_0(x, y, a) = (y, 0, 0), \qquad Y_0(x, y, a) = (0, x, 0)$$

appartiennent à $\mathfrak{g}$. Enfin, si $u$ est un élément quelconque de $E_3$, les opérations $U(u)$ et $U'(u)$ définies par

$$U(u).(x, y, a) = (u \vee a, 0, yu), \qquad U'(u).(x, y, a) = (0, -u \vee a, xu)$$

appartiennent à $\mathfrak{g}$. Réciproquement, tout élément de $\mathfrak{g}$ se met d'une manière et d'une seule sous la forme $A + \lambda H_0 + \mu X_0 + \nu Y_0 + U(u) + U'(u')$ avec $A \in \mathfrak{a}$, $\lambda, \mu, \nu \in K$, $u, u' \in E_3$.

---

[1] Si $u$ est dans $E_p$ et $u^*$ dans $E_p^*$, $\langle u, u^* \rangle$ ne diffère que par le facteur $(-1)^{p(p-1)/2}$ de la valeur en $(u, u^*)$ de la forme bilinéaire canonique sur $E \times E^*$ telle qu'elle est définie dans N. BOURBAKI, *Éléments de Mathématique*, Alg., Chap. III.

Soit $\{x_1, \ldots, x_6\}$ une base de V. Ceux des éléments de $\mathfrak{g}$ qui admettent chacun des vecteurs $(x_i, 0, 0)$, $(0, x_i, 0)$ $(1 \leq i \leq 6)$ comme vecteurs propres forment une algèbre de Cartan $\mathfrak{h}$ de $\mathfrak{g}$, i. e. une sous-algèbre abélienne maximale dont les éléments sont représentés par des matrices diagonales dans la représentation adjointe de $\mathfrak{g}$ (relativement à une base convenable de $\mathfrak{g}$). L'algèbre $\mathfrak{h} \cap \mathfrak{a}$ se compose des $\rho_0(H)$, où $Hx_i = \lambda_i x_i$ $(1 \leq i \leq 6)$, $\sum_{i=1}^{6} \lambda_i = 0$; $\mathfrak{h}$ est somme directe de $\mathfrak{h} \cap \mathfrak{a}$ et de l'espace engendré par $H_0$. Soit $\omega_i$ la fonction linéaire sur $\mathfrak{h}$ telle que $Hx_i = \omega_i[\rho_0(H)]x_i$ si $\rho_0(H) \in \mathfrak{h} \cap \mathfrak{a}$, et $\omega_i(H_0) = 1/3$; soit $\omega_0 = \sum_{i=1}^{6} \omega_i$. Les racines de $\mathfrak{g}$ par rapport à $\mathfrak{h}$ sont les fonctions $\omega_i - \omega_j$ $(1 \leq i, j \leq 6)$, $\pm(\omega_i + \omega_j + \omega_k)$ $(i, j, k$ distincts) et $\pm \omega_0$. Les poids de la représentation identique de $\mathfrak{g}$ comme algèbre d'endomorphismes de W sont les fonctions $\omega_i + (1/3)\omega_0$, $\omega_i - (2/3)\omega_0$ $(1 \leq i \leq 6)$ et $-\omega_i - \omega_j + (1/3)\omega_0$ $(i \neq j)$; $x_i$ appartient à $\omega_i + (1/3)\omega_0$, $(0, x_i, 0)$ à $\omega_i - (2/3)\omega_0$ et $(0, 0, x_k x_l x_m x_n)$ à $-\omega_i - \omega_j + (1/3)\omega_0$ si

$$\{i, j, k, l, m, n\} = \{1, \ldots, 6\}.$$

L'algèbre de Lie $\mathfrak{g}$ est l'algèbre de Lie du groupe algébrique G de tous les automorphismes $s$ de l'espace W qui laissent la forme F invariante ([2]). Ce groupe est irréductible (i. e. c'est une variété algébrique irréductible). Ses opérations transforment en lui-même le cône $\mathfrak{F}$ d'équation $F = 0$, ainsi que la variété $\mathfrak{S}$ formée des points multiples de $\mathfrak{F}$. Cette dernière est un cône rationnel de dimension 17 et se compose des points $(x, y, a)$ tels que l'on ait

$$xa = 0, \qquad ya = 0, \qquad 2xy + a \vee a = 0.$$

La variété $\mathfrak{S}$ n'a pas de point multiple en dehors de l'origine. La variété linéaire tangente à $\mathfrak{S}$ en un point $w \neq 0$ de cette variété est contenue dans $\mathfrak{F}$; plus généralement, la droite (affine) qui joint deux points de $\mathfrak{S}$ est contenue dans $\mathfrak{F}$. Si $c$ est une constante $\neq 0$, G permute transitivement entre eux les points de l'hypersurface $F = c$; G opère aussi transitivement sur l'ensemble des points simples de $\mathfrak{F}$ ainsi que sur l'ensemble des points $\neq 0$ de $\mathfrak{S}$. Nous nous proposons d'indiquer d'autres propriétés de la variété $\mathfrak{S}$ dans une prochaine Note.

---

([2]) La théorie de la correspondance entre groupes et algèbres de Lie s'étend au cas où l'on considère des groupes linéaires algébriques sur un corps de base quelconque de caractéristique 0; *cf.* mon ouvrage *Théorie des groupes de Lie*, II, à paraître prochainement à la librairie Hermann.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Algèbres auto-adjointes faiblement fermées et algèbres hilbertiennes de classe finie.* Note (*) de M. **Robert Pallu de la Barrière**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Généralisation au cas d'un centre quelconque de résultats de J. von Neumann sur les facteurs de classe finie et interprétation des résultats à l'aide de la notion d'algèbre hilbertienne.

Soit H un espace de Hilbert, $M$ et $M'$ deux *algèbres faiblement fermées d'opérateurs dans H, supposées de classe finie, C leur invariant à valeur dans $M^\natural$ [1]. Un élément $a \in H$ sera dit élément-trace pour $M$ si $(ABa, a) = (BAa, a)$ pour $A, B \in M$. Un projecteur P sera dit projecteur-trace pour $M$ si $PABP = PBAP$ pour $A, B \in M$. Dans ce cas la variété de P est dite variété-trace pour $M$. Une variété-trace $\mathcal{M}$ est dite variété-$\natural$ si $\mathcal{M}$ est stable, essentielle et simple pour $M^\natural$ [2].

**Théorème 1.** — *Si* $C \geq 1$ *il existe des variétés-*$\natural$ *pour* $M$ *et si* P *est le projecteur sur une variété-*$\natural$ *on a* $PAP = A^\natural P$ [3].

Ce théorème donne une forme explicite de la trace de Dixmier car $\mathcal{M}$ étant simple $(PAP)_{\mathcal{M}} \in (M^\natural)_{\mathcal{M}}$ et $A^\natural$ est le prolongement à H (unique puisque $\mathcal{M}$ est essentielle) de $(PAP)_{\mathcal{M}}$. Supposons $C \geq 1$.

**Théorème 2.** — *Si* $\mathcal{M}$ *est variété-*$\natural$ *pour* $M$, $\mathcal{M}$ *est variété génératrice pour* $M'$.

**Théorème 3.** — *Si* $\mathcal{M}$ *est variété-*$\natural$ *pour* $M$, *il en est de même de* $U(\mathcal{M})$ *et de* $U'(\mathcal{M})$, *si* $U \in M_U$ *et* $U' \in M'_U$.

**Théorème 4.** — *Si* $\mathcal{M}$ *et* $\mathcal{M}_1$ *sont deux variétés-*$\natural$ *pour* $M$ *il existe* $U \in M_U$ *tel que* $\mathcal{M}_1 = U(\mathcal{M})$ *et, si* $C = 1$, $U' \in M'_U$ *tel que* $\mathcal{M}_1 = U'(\mathcal{M})$.

**Théorème 5.** — *Si* $C = 1$ *toute variété-*$\natural$ $\mathcal{M}$ *pour* $M$ *est variété-*$\natural$ *pour* $M'$ *et il existe un anti-isomorphisme unique* $A \to A'$ *de* $M$ *sur* $M'$ *tel que* $Ax = A'x$ *pour tout* $x \in \mathcal{M}$.

**Théorème 6.** — *L'application* $A \to A^\natural$ *est faiblement continue (si* $C \geq 1$*)* [4].

**Théorème 7.** — *L'application* $A \to A^\natural$ *se prolonge en une application* $A \to A^\natural$ *de l'ensemble auto-adjoint* $\widetilde{M}$ *des opérateurs fermés* $\eta M$, *à domaine de définition* $D_A$ *dense, tels que* $D_A \cap \mathcal{M}$ *soit dense dans* $\mathcal{M}$, *sur l'ensemble* $\widetilde{M}^\natural$ *des opérateurs fermés à domaine dense,* $\eta M^\natural$ *(*$\mathcal{M}$ *étant une variété-*$\natural$ *pour* $M$*).* $\widetilde{M}$ *est indépendant de* $\mathcal{M}$. *Pour* $A \in \widetilde{M}$ *et* $U \in M_U$, *on a* $(U^{-1} AU)^\natural = A^\natural$.

---

(*) Séance du 21 mai 1951.

(1) Kaplansky, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 485.

(2) Une variété $\mathcal{M}$ est dite essentielle pour une * algèbre faiblement fermée $N$ si elle est génératrice pour $N'$. Elle est dite simple pour une * algèbre faiblement fermée commutative si $N_{\mathcal{M}} = (N_{\mathcal{M}})'$.

(3) La démonstration de ce théorème utilise le théorème 2 de Kaplansky (*loc. cit.*).

(4) La continuité forte a été démontrée par Kaplansky dans un cas plus étendu (*loc. cit.*).

THÉORÈME 8. — *Si* $C = 1$, *l'anti-isomorphisme* $A \to A'$ *se prolonge en un anti-isomorphisme de* $\widetilde{M}$ *sur* $\widetilde{M}'$.

THÉORÈME 9. — *Toute trace sur* $M$, *finie pour tout* $A \in M_+$ *est de la forme* $(A a, a)$ *où* $a$ *est un élément-trace quelconque. Si* $C = 1$, *tout élément-trace pour* $M$ *est élément-trace pour* $M'$.

Appelons algèbre hilbertienne tout espace de Hilbert sur lequel une multiplication est partiellement définie, avec les axiomes de Ambrose ([5]). Une algèbre hilbertienne sera dite de classe finie si les algèbres faiblement fermées $L$ et $R$ engendrées par les opérateurs de multiplication à gauche et à droite sont de classe finie.

THÉORÈME 10. — *Tout couple formé d'une variété-*$\natural$ *et d'une trace numérique sur* $M$, *sans composante purement infinie* ([6]), *définit si* $C = 1$ *une structure d'algèbre hilbertienne sur* H (*avec élément unité, si la trace est finie pour tout* $A \in M_+$), *telle que* $M = L$ *et* $M' = R$.

Appelons centre $H^\natural$ d'une algèbre hilbertienne H l'ensemble des $u \in H$ tels que $ux = xu$ pour tout $x \in H$, borné.

THÉORÈME 11. — $H^\natural$ *est une algèbre hilbertienne commutative.*

THÉORÈME 12. — *La condition nécessaire et suffisante pour que* H *soit de classe finie est que* $H^\natural$ *soit une variété essentielle pour* $L \cap R$ (*c'est-à-dire génératrice pour* $R$ *et* $L$).

THÉORÈME 13. — *Si* H *est de classe finie,* $H^\natural$ *est une variété-*$\natural$ *pour* $L$ *et* $R$ *et* $L_x^\natural = L_{x^\natural}$ $(R_x^\natural = R_{x^\natural})$, $x^\natural$ *étant la projection de* $x \in H$ *sur* $H^\natural$ (*$x$ est quelconque, borné ou non*) ([7]).

CALCUL GRAPHIQUE. — *L'inévitable intervention d'une clause de régularité dans le lissage des courbes expérimentales.* Note de M. **PIERRE VERNOTTE**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons indiqué dans une Note précédente ([1]) comment représenter un arc expérimental par une succession de petits arcs de parabole raccordés l'un à l'autre en deux points et tels que la valeur moyenne de leurs ordonnées fût égale à la valeur moyenne de l'ordonnée expérimentale dans cet intervalle, l'arbitraire subsistant pour les ordonnées médianes des intervalles extrêmes devant permettre une variation suffisamment régulière de la courbure.

En fait, dès que le nombre des arcs de parabole n'est plus très petit, on ne

---

([5]) AMBROSE, *Transactions of the American Mathematical Society*, 65, 1949, p. 26.

([6]) Une trace T est dite sans composante purement infinie si $1 = \sup_{A \in M_+^\natural, A < 1, T(A) < \infty} A$.

([7]) Ce théorème a été démontré par Godement dans le cas de certaines doubles représentations unitaires de groupes localement compacts.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951.

peut éviter la multiplication des points d'inflexion, et par suite il devient nécessaire de retoucher les données pour leur conférer plus de régularité, ce qui ne peut être fait sans risques que si la connaissance que l'on a *a priori* du phénomène physique à représenter, ou la conception *a priori* que l'on s'en fait, précise les conditions qualitatives à imposer.

Ces conditions de régularité s'expriment par des inégalités relatives à des différences successives, les ordonnées étant supposées équidistantes. Comme on a ramené le tracé de la courbe régularisée au calcul d'un nombre relativement faible d'arcs de parabole, on échappe au nombre très grand d'inégalités qu'il aurait fallu écrire entre les différences successives d'ordonnées expérimentales; et le problème peut être abordé.

Nous aurons déterminé, par la procédure indiquée, les ordonnées médianes, que nous nommerons $y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7$, des 7 arcs, par exemple, comportant chacun 9 points. Il s'agit de leur apporter des retouches $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 \varepsilon_5 \varepsilon_6 \varepsilon_7$, dont nous fixons la valeur absolue limite d'après ce que nous croyons savoir de la précision expérimentale, et telles que certaines inégalités linéaires soient satisfaites. La méthode toute théorique consisterait à chercher, dans l'hyperespace aux $\varepsilon$, les sommets d'un polyèdre limite obtenu en remplaçant certaines inégalités par des égalités, et à prendre pour les $\varepsilon$ les coordonnées d'un point intérieur à ce polyèdre; ce qui supposerait la considération méthodique d'un nombre immense de systèmes d'inégalités.

Supposons, pour préciser, que nous voulions imposer aux différences secondes (fixant la concavité) les inégalités suivantes : les $C_i$ étant les différences secondes $y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i$ :

$$C_1 < C_2, \qquad C_3 > C_4 > C_5 > 0, \qquad C_3 - 2C_2 + C_1 < 0, \qquad C_5 - 2C_4 + C_3 > 0.$$

Essayons d'une solution géométrique, moins aveugle et moins longue que la solution algébrique. Pour cela, ne remontons pas aux $\varepsilon$, mais considérons seulement l'espace des $C_1 C_2 C_3$, d'une part, d'autre part des $C_3 C_4 C_5$. Les incertitudes se combinant et non s'ajoutant, nous admettrons que l'incertitude sur C, somme algébrique de 4 ordonnées, est $\sqrt{4} = 2$ fois l'incertitude sur $\varepsilon$. Par une construction à 3 dimensions nous déterminerons le polyèdre limite relatif à $C_3$ dans l'espace $(C_1 C_2 C_3)$, et celui qui est relatif à $C_3$ dans l'espace $(C_3 C_4 C_5)$, et nous les adapterons l'un à l'autre pour avoir la meilleure valeur de $C_3$ et des autres C. Pour remonter aux $\varepsilon$, nous avons, par les C, 5 équations pour 7 inconnues $\varepsilon$, auxquelles nous ajoutons la condition $\Sigma\varepsilon = 0$, de sorte que nous pouvons exprimer linéairement 6 des $\varepsilon$ en fonction de l'un d'eux. Un graphique facile à 2 dimensions permet de choisir cet $\varepsilon$ de façon que le plus grand des $|\varepsilon|$ soit aussi petit que possible.

Nous avons appliqué cette procédure qui s'est révélée satisfaisante, mais il semble préférable de partir d'une autre idée d'un usage plus général.

Nous imposerons à cet effet aux retouches $\varepsilon$ d'être telles qu'elles n'altèrent

ni la valeur moyenne, ni la pente moyenne, ni la courbure moyenne, ni la dissymétrie moyenne des ordonnées, ce qui revient à préciser l'échelle des erreurs accidentelles auxquelles nous entendons ne pas superposer d'erreurs systématiques.

Ceci conduit à écrire que les $\varepsilon$ ont nulles leur somme, la somme de leurs différences premières, celle de leurs différences secondes et celle de leurs différences troisièmes. De sorte que, liés par quatre relations, les $\varepsilon$ s'expriment tous en fonction des seuls $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$ :

$$\varepsilon_4 = -8\varepsilon_1 + 4\varepsilon_2 - 2\varepsilon_3, \qquad \varepsilon_5 = \varepsilon_3 - 4\varepsilon_2 + 4\varepsilon_1, \qquad \varepsilon_6 = 2\varepsilon_2 - \varepsilon_1, \qquad \varepsilon_7 = \varepsilon_1.$$

Nous sommes alors ramenés à discuter un système d'inégalités à trois inconnues, ce qui revient à déterminer un polyèdre-limite par une épure ou un dessin perspectif. On prend pour $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$ les coordonnées d'un barycentre des sommets auxquels on donne des poids proportionnels à la somme des arêtes qui y aboutissent. Les résultats sont excellents.

Ayant ainsi corrigé les ordonnées médianes, on en déduit par des formules simples les valeurs retouchées des moyennes H d'ordonnées, en fonction de deux d'entre elles (ici $H_3$ et $H_5$) que l'on choisit telles qu'elles rendent la plus régulière possible l'évolution de la courbure.

## CALCUL MÉCANIQUE. — *Un appareil utilisant la série Renard.* Note de M. **Julien Allais**, présentée par M. Joseph Pérès.

Deux séries Renard-Androuin de 200 termes sont gravées sur deux cylindres translucides le long de deux échelles en éléments discontinus. Prospection continue par disques. Obtention du rang, positif ou négatif, de la virgule de résultats s'étendant de dix milliards à un dix-milliardième. Temps pour règle de trois $< 10$ s.

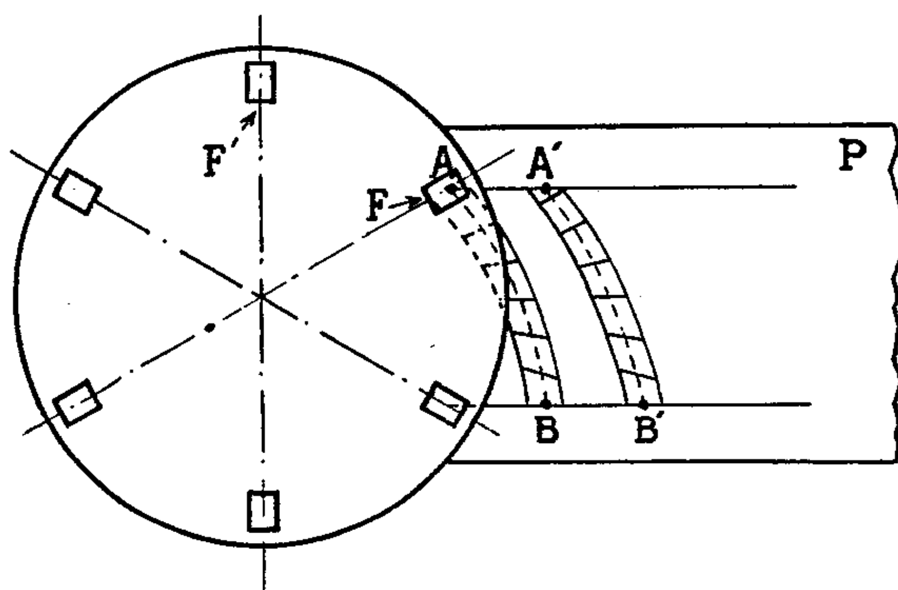
L'emploi des séries Renard-Androuin en progression géométrique de raison $r = \sqrt[n]{10}$, est actuellement généralisé dans la normalisation des dimensions des produits industriels. Pour $n$ = 10, 20, 40, 200, 1000, etc., on obtient des séries d'antilogarithmes $R_{10}$, $R_{20}$, $R_{40}$, $R_{200}$, $R_{1000}$, etc., qui se prêtent au calcul approché.

Le principe de l'appareil breveté présenté dérive de celui de la règle (ou du cercle) à calcul. Mais les deux échelles, à divisions inégales, du cercle à calcul sont remplacées par deux tables, établies sur film lumineux et où figurent, à des intervalles égaux, les nombres d'une série Renard : les lectures sont ainsi plus aisées et plus sûres, avec l'approximation que permet la série utilisée (0,6 % maximum pour la $R_{200}$ du prototype construit).

Le mouvement de chacun des films doit être commandé par un disque lecteur mettant en évidence successivement chacun des nombres de la série Renard, par des rotations du cylindre de $2\pi/n$ par terme. Mais, pour une

réalisation pratique, il était impossible d'envisager l'enregistrement des tables sur des films continus (dont la longueur eût été trop grande, de l'ordre de 2 500 mm dans le prototype). La difficulté fut résolue par l'artifice suivant :

Imaginons que la rotation du disque lecteur entraîne une translation d'un plan P situé en dessous. Des fenêtres équidistantes pratiquées dans le disque décrivent dans leur mouvement relatif au plan des arcs de cycloïde allongée. Nous disposons, suivant ces arcs, les nombres de la série Renard



La fenêtre F décrit l'arc de film AB et au moment où elle arrive en B, c'est la fenêtre F' qui vient décrire l'arc suivant A'B'.

et, pour une rotation déterminée du disque, l'un de ces nombres apparaît seul lumineux dans l'une des fenêtres. Bien entendu, pour la réalisation pratique, la portion du plan P qui porte la table est enroulée sur un cylindre (diamètre 70 mm, hauteur 62 mm dans le prototype) dont la rotation est solidaire de celle du disque, elle-même commandée par un moteur électrique silencieux. La zone de prospection manuelle pour l'affichage d'un nombre de la série Renard est ramenée à quelques termes voisins à l'aide d'une aiguille parcourant, pendant le déroulement complet du film, un cadran d'approche gradué en $R_{10}$, cadran qui peut être complété par des logs, sinus et tangentes.

La disposition ainsi adoptée pour des tables sur cylindre ou sur film partiellement enroulé avec disque lecteur se prête à beaucoup d'autres applications.

Dans notre appareil, le décalage possible des deux tables, terme à terme et avec indépendance ou non des mouvements, permet les mêmes calculs approchés que ceux que l'on obtiendrait par une règle ou un cercle à calcul.

Pour une règle de trois $X = A/B$ multiplié par C, par exemple ce qui peut s'écrire $A/B = X/C$ l'angle de rotation correspondant à la sélection du terme A sur le premier lecteur, est assuré par un verrouillage positif

pendant la recherche du terme B sur le second lecteur, ce verrouillage s'efface automatiquement dès que les rotations des deux lecteurs sont rendues solidaires en vue de la sélection de C sur le second lecteur, ce qui entraîne l'apparition de X sur le premier.

Nous avons complété l'appareil par un dispositif enregistrant sur deux petits cadrans, dont les mouvements sont commandés par les disques, les puissances de 10 (entre $10^{-10}$ et $10^{+10}$). Les graduations des petits cadrans donnent le rang (lu entre des traits de division en puissances de 10) avant ou après la virgule du premier chiffre significatif. On a ainsi, par le maniement de deux boutons seulement (l'un pour les termes, l'autre pour les virgules), et en moins de 10 s, le résultat d'une règle de trois entre nombres décimaux, y compris la place de la virgule.

La rotation par multiples de $2\pi/n$ a nécessité l'emploi de couples d'engrenages droits ou hélicoïdaux de raisons diverses. L'originalité des mécanismes n'apparaît que dans la conjugaison des commandes électromécaniques et manuelles. La manipulation du bouton commandant les termes (déplacement longitudinal sur 14 mm et rotation de 10 degrés environ) enclenche 28 fonctions cinématiques, dont 20 à l'insu de l'opérateur et ce, en quelques fractions de seconde.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une propriété caractéristique de la loi de probabilité de Laplace.* Note de M. **Georges Darmois**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un Mémoire récent [1], M. M. Fréchet généralise à un élément aléatoire quelconque dans un espace vectoriel distancié, la loi de probabilité de Laplace [2].

Une des généralisations s'appuie sur une propriété caractéristique de cette loi. On sait que si $x_1, x_2, \ldots, x_n$ désignent $n$ nombres aléatoires laplaciens et indépendants, il existe une infinité de transformations linéaires des $x_i$ en $X_j$ où les X restent indépendants. Si l'on ramène les $x$ à suivre la même loi, ce sont des substitutions orthogonales quelconques.

Dans le cas où $n=2$, M. S. Bernstein a démontré qu'inversement deux variables indépendantes $x$ et $y$, ayant même fluctuation finie $\sigma^2$ et pourvues d'une densité de probabilité sont nécessairement laplaciennes si $x+y$ et $x-y$ sont indépendantes.

M. Fréchet donne de ce théorème une démonstration nouvelle, qui ne suppose plus l'existence d'une densité, mais seulement que les fluctuations

---

(1) *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, I, 1951.

(2) Dite souvent de Gauss, ou de Laplace-Gauss.

sont finies. On peut, en supprimant toute hypothèse, démontrer le théorème pour une transformation linéaire quelconque :

$$\begin{cases} X = ax + by \\ Y = cx + dy \end{cases}$$

toujours ramenable à

$$\begin{cases} X = \quad x + y \\ Y = -x + \lambda y \end{cases}$$

La condition nécessaire et suffisante d'indépendance de X et Y est que la fonction caractéristique

$$\Phi_{XY}(uv) = \mathrm{E}\, e^{i(ux+vy)}$$

soit le produit de deux fonctions, l'une de $u$, l'autre de $v$, soit ici :

$$(1) \qquad \Phi(uv) = \varphi_x[au + cv]\, \varphi_y[cu + dv] = \varphi_X(u)\, \varphi_Y(v).$$

On peut montrer que $\Phi(uv)$ ne peut s'annuler. Soient, dans le plan des $uv$, les axes $D_1 D_2$ ($u = 0$, $v = 0$) et les droites $\Delta_1 \Delta_2 [au + cv = 0,\ bu + dv = 0]$.

Si $\Phi$ est nulle en un point M, cette propriété se conserve, soit le long d'une parallèle à $D_1$, soit le long d'une parallèle à $D_2$, et de même pour $\Delta_1 \Delta_2$. Si M est sur $D_1$, $\Phi$ s'annule forcément sur la parallèle à $D_2$.... Ces remarques, appliquées au cas $\lambda > 0$, $\lambda < 0$, permettent toujours d'associer à une racine $u_0$ de $\varphi_X$ par exemple, des racines de module décroissant, de $\varphi_X$ ou $\varphi_Y$.

S'il s'agit de $\lambda = +1$ (cas de Serge Bernstein), on voit immédiatement que $\pm(u_0/2)$ est la nouvelle racine (résultat de M. Fréchet).

En répétant l'opération, on est conduit à une impossibilité, $\varphi$ ne pouvant être nulle pour l'argument zéro.

On peut donc transformer l'équation (1) en une équation aux $\psi = \mathrm{Log}\,\varphi$

$$(2) \qquad \psi_x[au + cv] + \psi_y[bu + dv] = \psi_X(u) + \psi_Y(v).$$

Il est alors immédiat, en changeant $u$ en $u + h$, $v$ en $v + k$, de manière que $bh + dk$ soit nul, qu'on obtient par différence :

$$\Delta\varphi = \psi_x[au + cv + l] - \psi_x[au + cv] = \mathrm{A}(u) + \mathrm{B}(v),$$

ce qui donne :

$$\Delta\psi[au + cv] - \Delta(0) = \Delta\psi(au) - \Delta(0) + \Delta\psi(cv) - \Delta(0).$$

La fonction $\Delta(au + cv) - \Delta(0)$ est ou nulle ou proportionnelle à son argument. Il en résulte immédiatement que $\psi_x$ est du premier ou du second degré, ce qui démontre le théorème.

Ces résultats s'étendent à une valeur quelconque de $n$.

ANALYSE PROBABILISTE. — *Ensembles flous et fonctions aléatoires.*
Note (*) de M. **Karl Menger**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous étudions des relations probabilistes, surtout la probabilité que deux éléments d'un univers soient équivalents. Les relations probabilistes monaires sont des ensembles flous. Au lieu de fonctions classiques nous étudions l'association de nombres aléatoires aux éléments du domaine.

Dans la théorie classique on entend par relation $n$-aire définie dans un univers U, un ensemble de systèmes ordonnés de $n$ éléments de U. Dans une théorie probabiliste de relations que nous avons esquissée récemment ([1]), nous associions à tout système ordonné de $n$ éléments de U un nombre réel compris entre 0 et 1, que nous interprétions comme la probabilité que cette relation subsiste entre les $n$ éléments.

Par exemple, au lieu d'une relation binaire d'équivalence qui est réflexive, symétrique et transitive, nous étudions une fonction E des paires d'éléments de U dont les valeurs $E(x, y)$ sont comprises entre 0 et 1, et qui jouit des propriétés suivantes :

1. $E(x, x) = 1$ pour tout élément $x$ de U ;
2. $E(x, y) = E(y, x)$ pour tout couple d'éléments de U ;
3. $E(x, y).E(y, z) \leqq E(x, z)$ pour tout triplet d'éléments de U.

Les propriétés 1 et 2 correspondent à la réflexivité et à la symétrie de l'équivalence. La propriété 3 est une transitivité rudimentaire ([2]).

Nous dirons que deux éléments $x$ et $y$ donnés sont *certainement équivalents* (*certainement non-équivalents*) si $E(x, y) = 1 (= 0)$. Nous appelons *ensemble d'équivalence certaine* un ensemble X qui, avec tout élément $x$, contient tout $y$ tel que $E(x, y) = 1$. Deux tels ensembles sont disjoints ou identiques. Nous pouvons définir une probabilité d'équivalence entre ces ensembles en posant $E(X, Y) = E(x, y)$ pour tout $x \in X$ et tout $y \in Y$. En remplaçant, s'il le faut, les éléments par les ensembles d'équivalence certaine, nous pouvons donc admettre l'hypothèse suivante :

4. $E(x, y) < 1$ pourvu que $x \neq y$.

Appelons *morceau* un ensemble qui avec tout $x$ contient tout $y$ tel que $E(x, y) > 0$. Deux morceaux sont disjoints ou identiques. Deux éléments appartenant à deux morceaux disjoints sont certainement non équivalents.

---

(*) Séance du 21 mai 1951.

([1]) Cf. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **37**, 1951, p. 178.

([2]) Comme nous l'avons souligné (*loc. cit.*), cette notion est applicable à l'indiscernabilité des éléments du continu physique et explique la remarque de Poincaré que dans ce continu (par contraste avec le continu mathématique) les égalités $x = y$ et $y = z$ soient compatibles avec l'inégalité $x < z$. Dans le continu physique, il s'agit d'une probabilité d'indiscernabilité.

Un morceau devient un espace distancié au sens de M. Fréchet si nous posons $-\log E(x, y) = d(x, y)$. D'autre part, si dans un espace distancié donné nous posons $E(x, y) = e^{-d(x,y)}$, nous obtenons une probabilité d'équivalence d'après laquelle l'espace ne contient qu'un seul morceau.

Une relation monaire au sens classique est un sous-ensemble F de l'univers. Au sens probabiliste, c'est une fonction $\Pi_F$ définie pour tout $x \in U$. Nous appellerons cette fonction même un *ensemble flou* et nous interpréterons $\Pi_F(x)$ comme la probabilité que $x$ appartienne à cet ensemble. Si $\Pi_F$ ne prend que les valeurs 1 et 0, il s'agit essentiellement d'un sous-ensemble de U au sens classique et nous parlerons d'un ensemble *rigide*. Par exemple, l'univers $\Pi_U$ (le vide $\Pi_V$) dont toutes les valeurs sont 1(0), sont des ensembles rigides. La somme et le produit de deux ensembles non rigides ne sont pas déterminés par les ensembles. L'égalité de $\Pi_F$ et $\Pi_G$ est une relation probabiliste qui dépend de $\Pi_{F+G}$ et $\Pi_{F.G}$.

Des relations, le point de vue probabiliste peut être étendu aux fonctions réelles. Au lieu des nombres nous associons des nombres aléatoires ou des fonctions de répartition aux systèmes ordonnés de $n$ éléments de U. Un exemple que nous avons étudié ailleurs ([3]), est une métrique probabiliste. A toute paire d'éléments on associe une fonction de répartition dont les propriétés correspondent à celle d'une distance.

Dans le cas $n = 1$, une fonction de répartition est associée à tout élément $x$ de U. Sa valeur $f(x, t)$, définie pour $t$ réel, peut être interprétée comme la probabilité qu'un nombre $< t$ soit associé à $x$. Considérons le cas où U est l'intervalle fermé $a \leq x \leq b$. Pour tout $t$ réel, $y = f(x, t)$ est une courbe $C_t$. L'ensemble des $C_t$ est une courbe floue. Quelle est l'aire du domaine compris entre l'axe des $x$ et cette courbe? Nous choisissons une division de l'intervalle $a = x_0 < x_1 < \ldots < x_m = b$ et des nombres $\xi_i (x_{i-1} \leq \xi_i \leq x_i)$. La probabilité que l'aire sous le polygone en escalier, défini par la division de l'intervalle, soit $< t$, est la valeur pour $t$ de la fonction $g_1 \star g_2 \star \ldots \star g_m$, où l'astérisque indique la composition des fonctions de répartition et où

$$g_i(t) = f\left(\xi_i, \frac{t}{x_i - x_{i-1}}\right) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

Si toute fonction $f(x, t)$ est normale avec la moyenne $\mu(x)$ et la déviation $\sigma(x)$, alors la répartition de l'aire sous le polygone est normale avec la moyenne $\Sigma \mu(\xi_i)(x_i - x_{i-1})$ et la déviation

$$\sqrt{\Sigma \sigma^2(\xi_i)(x_i - x_{i-1})^2} \leq \sqrt{\Sigma \sigma^2(\xi_i)(x_i - x_{i-1})} \sqrt{\max(x_i - x_{i-1})}.$$

Pour toute suite de divisions telles que $\max(x_i - x_{i-1})$ tende vers zéro, les aires convergent donc vers une fonction de répartition qui prend la valeur 0

(3) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 37, 1951, p. 226.

ou 1 selon que $t$ est $\leqq$ ou $> \int_a^b \mu(x)\,dx$, pourvu que les fonctions $\mu(x)$ et $\sigma^2(x)$ soient intégrables au sens de Riemann. L'aire du domaine sous la courbe floue (l'intégrale de la fonction aléatoire) est donc rigide. Évidemment cette simple remarque reste valable pour des classes assez étendues de fonctions de répartition et pour des domaines très généraux.

Cette méthode a des conséquences importantes pour l'idée d'une métrique *convexe* (une métrique d'après laquelle la distance entre deux points est égale à la longueur d'un chemin qui les joint). Il semble que cette idée soit limitée aux métriques rigides.

MÉCANIQUE STATISTIQUE ET THÉORIE DE L'INFORMATION. — *Adaptation du message à la ligne de transmission. II. Interprétations physiques.* Note de M. **Benoît Mandelbrot**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le comportement des mots comme quanta dans la théorie de l'information [1], bien que d'origine cybernétique, est susceptible d'interprétation physique détaillée dans le cadre de la théorie de la Mesure [2], [3]. *Mots* $(M_n)$ = *états purs. Message* (M) = *mélange* $(\Sigma M_n)$. *Probabilités* $(p_n)$ de $(M_n)$ = *valeurs propres* d'un spectre ponctuel. *Coût* = *entropie* : le deuxième principe en donnera une limite inférieure.

Soit un processus complexe de transmission, cybernétiquement réversible (qui conserve l'information). Il sera décomposé en une chaîne de processus conceptuels élémentaires : *différentiation* (D) *et intégration* $(D^{-1})$.

1. (D) est le passage d'une représentation de M comme concept synthétique à une représentation comme suite de mots $\Sigma M_n$; par exemple le découpage d'un code en tranches correspondant aux quanta et l'identification de ces quanta. C'est l'analogue du *processus* 1 de von Neumann [3] (expérience) ou du processus de séparation des éléments d'un mélange. Il est caractérisé par l'augmentation d'entropie $S_n$ de tout le système quand on identifie l'état $(M_n)$ *sans le détruire*. Posons $S_n = -k \log_n q_n + S_0$, où $\Sigma q_n = 1$. Appelons $q_n$ *probabilités propres* de (D). L'augmentation moyenne de S par mot du message M sera $S_1 = -k\Sigma p_n \log_n q_n + S_0$.

2. $(D^{-1})$ sera le processus inverse passant de $\Sigma M_n$ à M. Le couple $(D^{-1}.D)$ sera le processus de traduction d'un code à un autre. $S_2 = kH = -k\Sigma p_n \log_n p_n$ est alors récupéré en mélangeant le code initial devenu inutile. H = débit d'information de (M) par mot.

Le couple $(D.D^{-1})$ sera le processus de compréhension. $S_2$ est encore

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1638.
(2) L. Szilard, *Zeits. f. Phys.*, **53**, 1929, p. 840.
(3) J. von Neumann, *Mécanique quantique*, Berlin, 1932, Paris, 1947.

récupéré sous forme d'entropie de mélange en stabilisant (fixant, inscrivant, « comprenant ») le nouveau code compréhensible.

3. *Critères d'adaptation du message* (M) *au mécanisme* (D).

3*a*. *Bilan par mot* (*délai nul : critère d'imprévoyance totale ou de moindre fatigue*). $S = S_1 - S_2$ est minimum si $p_n = q_n$ : *égalité des probabilités de* (M) *et des probabilités propres de* (D). Dans ce cas $(D.D^{-1})$ se traduit par une augmentation d'entropie $S_0$ qui doit être $\geq 0$; d'où la relation de Szilard $\Sigma \exp(-S_n/k) \leq 1$ qui donne une limite inférieure au coût en entropie ([2]). Si $S_0 = 0$, il y a aussi réversibilité thermodynamique; on peut supprimer ou rajouter des $(D.D^{-1})$ ou $(D^{-1}.D)$ et par suite accoupler des (D) et $(D^{-1})$ contigus ou non, en supposant les autres couplages parfaits (d'où l'avantage de ces concepts pour l'analyse détaillée de la transmission).

3*b*. *Amplification et pertes; bilan par mot.* — $f(S_1) - g(S_2)$ est minimum si

$$-f'(S_1)(\Sigma \Delta p_i \log_n q_i) + g'(S_2)(\Sigma \Delta p_i \log_n p_i) - K(\Sigma \Delta p_i) = 0,$$

d'où

$$p_n = Q(q_n)^B \qquad \text{avec} \quad B = \frac{f'(S_1)}{g'(S_2)} = V(B).$$

Cette équation détermine $B \geq 0$. Elle pourrait avoir plusieurs solutions ou aucune; dans le cas linéaire : $f' = B_1$ ; $g' = B_2$ ; $B = B_1 B_2^{-1}$.

3*c*. *Bilan par unité d'information* (*délai infini; critère de prévoyance totale*). — $S/H = -1 + k S_1/S_2$ est minimum si

$$(\Sigma \Delta p_i \log_n q_i) S_2 - (\Sigma \Delta p_i \log_n q_i) S_1 - K S_2^2 \Sigma \Delta p_i = 0,$$

d'où

$$p_n = Q(q_n)^B \qquad \text{avec} \quad B = \frac{S_2(B)}{S_1(B)} = W(B).$$

Cette équation détermine $0 \leq B \leq 1$. Pour $S_0 = \infty$, $V(B) = 0$, $B = 0$, $p_n =$ const. indépendamment de $q_n$; pour $S_0$ variant de $\infty$ à 0, B va de 0 à 1. Pour $S_0 = 0$, $B = 1$, $p_n = q_n$, ce critère mène au même résultat que le critère d'imprévoyance totale.

4. *Adaptation du mécanisme* (D) *au message* (M). — Avec tous les critères du paragraphe 3 elle exigerait $q_n = p_n$ : couplage parfait.

5. *Différentiations réalisables sans erreur ni indétermination.* — (D) est l'étude expérimentale des propriétés du système physique, support du signal, faite suivant un *mode opératoire*, qui est une *Stratégie*, au sens de von Neumann. Cette étude n'est physiquement valable que si l'identification complète du signal exige un nombre *fini* $f$ d'opérations, dont chacune a un nombre *fini* $q$ de résultats possibles.

*Si* (D) *est indécomposable en expériences élémentaires*, $S_n$, donc $q_n$ est indéterminé, mais le nombre de mots possibles est limité.

*Si* (D) *est décomposable*, le nombre de mots est illimité, mais $S_n$ est la somme

des coûts des expériences élémentaires, et sa forme est déterminée. Si le coût de $E_g$ est indépendant de $g$ (par exemple si les opérations sont des choix entre $q$ alternatives *simultanées*), la fonction de coût est dite *simple* ([4]). Si le coût ne dépend que du résultat (par exemple si l'on essaye *successivement* d'identifier la propriété étudiée à l'une des propriétés possibles connues d'avance), la fonction de coût sera dite *semi-simple*.

Les résultats des expériences constituent un code pour le signal. Le code donnant l'identification complète *a posteriori* la plus économique, s'obtient avec des expériences indépendantes, donc stratégie invariable, conduisant au *codage ordinal*, sur une ligne à $q$ états, de coûts égaux (cas simple), ou inégaux (cas semi-simple), d'où résulte que $S_n = k\mathrm{B}\log_n \mathrm{M} j_n + \mathrm{X}$, où $\mathrm{X} = \log_n(\Sigma \mathrm{M}^{-\mathrm{B}/n})$ est $> 0$ si B est petit. X est le coût des renseignements complémentaires, tels les tops.

L'avantage du cas semi-simple est que M peut être non entier. Si $\mathrm{M} = 1 + m$, ou $m \leqslant 1$, la quantification artificielle qu'introduit [ ] est d'autant plus insignifiante que $m$ est plus petit.

*Les considérations stratégistes qui précèdent redonnent donc intégralement les résultats de* ([1]), *basés sur la théorie probabiliste des processus ponctuels purement aléatoires* ([5]).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'entretien des oscillations des eaux portuaires sous l'action de la haute-mer.* Note de M. **John S. Mc Nown**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que la houle périodique, venant de haute-mer et pénétrant, par une passe étroite, dans un port protégé par une digue, provoque des oscillations de la masse d'eau enfermée dans l'ouvrage. Malgré son intérêt, à la fois pratique et théorique, ce phénomène ne semble pas avoir été étudié systématiquement en raison, sans doute, de son extrême complexité. C'est pourquoi nous croyons utile de présenter ci-après l'ébauche d'une théorie, qui, sans avoir la prétention d'être entièrement satisfaisante, donne l'explication d'un certain nombre de faits réellement observés.

A l'état de repos, la masse d'eau enfermée dans le port, occupe un volume limité par : 1° une surface libre plane horizontale; 2° le fond; 3° les parois de l'ouvrage; 4° la section d'entrée par où le port communique avec la haute-mer.

L'ensemble des parois et de l'entrée d'une part, le fond d'autre part, seront des morceaux de surface régulière. Le système de référence $Oxyz$ a une origine située sur la surface libre; $Oz$ est vertical ascendant. L'eau sera traitée comme un fluide parfait, incompressible; le champ des vitesses dérivera, par

([4]) *Comparer* J. Ville et M. P. Schützenberger, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 206.
([5]) *Comparer* : J. Ville, *Câbles et Transmission*, 5, 1951, p. 76.

hypothèse, du potentiel uniforme $\varphi(x, y, z, t)$; les équations du problème seront linéarisées. On a alors les résultats classiques $\Delta\varphi = 0$; la dérivée normale $d\varphi/dn = 0$ sur les frontières solides : $g(\partial\varphi/\partial z) + \partial^2\varphi/\partial t^2 = 0$ pour $z = 0$ (condition de Poisson).

Pour achever de déterminer $\varphi$, il faut, outre la donnée $\overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi|_{t=0}$, fixer $d\varphi/dn$ à l'entrée. A cet effet, nous admettrons que : 1° l'entrée est relativement petite; 2° la surface fluide constituée par les molécules fluides réparties à l'entrée à l'état de repos, se déforme peu au cours du mouvement et peut, dès lors, en première approximation, être à tout instant confondue avec la section d'entrée.

Cela entraîne, qu'au degré d'approximation consenti, la masse d'eau enfermée dans le port, ne dépend pas du temps; dès lors l'action excitatrice de la houle peut être traduite analytiquement par la donnée à tout instant de $d\varphi/dn$ à l'entrée. L'observation confirme cette hypothèse qualitative. Mais dans l'état actuel de notre théorie, il n'est pas possible de calculer *a priori* cette donnée frontière, que l'on essaiera de fixer, dès lors, au moyen de considérations semi-empiriques, adaptées à chaque cas particulier. Le plus souvent on pourra adopter pour $d\varphi/dn$ à l'entrée les valeurs déduites du potentiel des vitesses de la houle extérieure; il arrive fréquemment, d'ailleurs, qu'un clapotis s'établisse dans le voisinage de la section d'entrée.

En résumé, le problème revient à trouver une solution de $\Delta\varphi = 0$ sachant que : $\overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi|_{t=0}$ est connu; la condition de Poisson est remplie à la surface libre, $d\varphi/dn$ est connu sur le reste de la frontière.

Pour illustrer les généralités qui précèdent par le calcul explicite d'une solution, nous nous limiterons ici au cas, très particulier, des ports à profondeur constante $h$, les parois étant constituées par la surface latérale d'un cylindre vertical droit. La théorie classique des seiches dans les bassins permet alors de mettre $\varphi$ sous forme d'une somme (série) de solutions élémentaires du type

$$\varphi = \mathrm{A}\sin(2\pi ft)\,\mathrm{ch}[\omega(z+h)]\Phi(x, y);$$

A est une constante; $f^2 = (4\pi^2)^{-1} g\omega\, th(\omega h)$; $\Phi$ est une solution définie sur la surface libre du problème aux limites ([1])

$$\Delta\Phi + \omega^2\Phi = 0; \tag{1}$$

Les conditions aux limites données :

1° $d\Phi/dn = 0$ aux parois;

2° $d\Phi/dn = \mathrm{B} = \text{const.} \neq 0$ à l'entrée, chaque fois qu'on peut prendre

$$\frac{d\Phi}{dn} = \mathrm{B}\,\mathrm{ch}[\omega(z+h)]\sin(2\pi ft)$$

([1]) H. Lamb, *Hydrodynamics*, New-York, Dover Publication, 1945, p. 282-290.

à l'entrée. On aura $\Phi$ explicitement chaque fois que l'on saura résoudre pour la surface libre [2]

1° le problème de Neumann pour $\Delta\Phi = 0$; 2° le problème de la membrane à bords libres. La résonance se produit chaque fois que $\omega$ (lié à la fréquence de la houle) coïncide avec une valeur propre $\omega_n$ de (1) avec $d\Phi/dn = 0$ sur tout le pourtour; dans ce cas, la section d'entrée est une crête du clapotis extérieur.

Si $d\Phi/dn = \text{Cte} \neq 0$ à l'entrée, il se formera un filet tourbillonnaire le long des génératrices communes à l'entrée et aux parois.

Nous donnerons ultérieurement le détail des calculs numériques pour quelques modèles de ports ainsi que les résultats des mesures effectuées depuis un an et dont l'accord avec la théorie est extrêmement satisfaisant.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quatrième relation d'incertitude.* Note de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

En utilisant des résultats antérieurs [1], on se propose de démontrer en toute généralité la quatrième relation d'incertitude. La façon même dont est obtenu le résultat permet d'en préciser la portée exacte et d'indiquer notamment ce qui *la distingue des* autres relations d'incertitude.

I. Nous considérons un système qui, étant dans un état pur $\Phi_a$, est soumis à un potentiel perturbateur pendant un temps limité. Le calcul des probabilités de transition a été ramené à la détermination de $\Psi_a(E)$ donnée par l'équation suivante [1] :

$$\text{(A)}\qquad (E - H_0 - H_1)\Psi_a(E) = i\hbar \exp\left(\frac{i}{\hbar}(E - E_a)t_1\right)\Phi_a - i\hbar \exp\left(\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t_2\right)G\left(\infty, -\infty, -\frac{i}{\hbar}\right)\Phi_a.$$

En multipliant par $\delta(E - H_0)$, intégrant sur E de $-\infty$ à $+\infty$, et après avoir posé $t_1 = -T$, $t_2 = +T$, on obtient pour $\Psi_a(E)$ l'équation intégrale

$$\text{(I)}\qquad (E - H_0 - H_1)\Psi_a(E) = 2\hbar \sin\frac{T}{\hbar}(E - E_a)\Phi_a - \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)T\int_{-\infty}^{+\infty}\delta(E' - H_0)H_1\Psi_a(E')\,dE'.$$

A partir de cette équation intégrale nous pouvons utiliser une méthode de perturbation en développant $\Psi_a(E)$ suivant les puissances successives de $H_1$. En écrivant

$$\Psi_a^n(E) = \Psi_a^0(E) + \Psi_a^1(E) + \ldots + \Psi_a^n(E) + \ldots$$

---

(2) R. Courant und D. Hilbert, *Methoden der Mathematischen Physik*, Berlin, Springer 1931, Chap. V, p. 234-343.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1338 *et* 1049.

nous obtenons la loi de récurrence

$$\Psi_a^n(E) = (E - H_0)^{-1} H_1 \Psi_a^{n-1}(E) - (E - H_0)^{-1} \exp \frac{i}{\hbar}(E - H_0) T \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(E' - H_0) H_1 \Psi_a^{n-1}(E')\, dE'.$$

avec évidemment, comme valeur initiale :

$$\Psi_a^0(E) = 2\hbar \Phi_a (E - E_a)^{-1} \sin \frac{T}{\hbar}(E - E_a)\, \Phi_a.$$

L'approximation d'ordre zéro sur $\Psi_a(E)$ donne la première approximation sur les probabilités de transition, l'approximation d'ordre un sur $\Psi_a(E)$ donne l'approximation d'ordre deux sur les probabilités de transition. C'est là un des avantages de la représentation employée.

II. D'après la courbe représentative bien connue de $x^{-1} \sin x$, le module de $\Psi_a^0(E)$ n'est important que pour des valeurs de E vérifiant :

$$|E - E_a| \, 2T \leqq h.$$

Comme c'est le carré de ce module qui intervient dans les probabilités de transition, on voit que la quatrième relation d'incertitude est vérifiée en première approximation, $2T$ représentant la durée totale de la perturbation. Nous étendrons, par récurrence, cette propriété à tous les ordres d'approximation. Nous supposons pour cela que $\Psi_a^{n-1}(E)$ a la forme :

$$\Psi_a^{n-1}(E) = \sum_b \Phi_b t_{ba}^{n-1}(E - E_a, T),$$

les coefficients étant tels que leur module ne soit important que si :

$$(1) \qquad |E - E_a| \, 2T \leqq h\alpha.$$

$\alpha$ étant de l'ordre de l'unité; de plus on suppose que ce module diminue vite quand E s'écarte de $E_a$. La formule de récurrence donne alors :

$$\Psi_a^n(E_d) = \sum_{E_c \neq E_d} \sum_b \Phi_c \frac{(H_1)_{cb}}{E_d - E_c} t_{ba}^{n-1}(E_d - E_a, T) - \frac{iT}{\hbar} \sum_{d'} \sum_b \Phi_{d'} (H_1)_{d'b} t_{ba}^{n-1}(E_d - E_a, T) - \sum_{E_c \neq E_d} \sum_b \Phi_c \frac{\exp \frac{i}{\hbar}(E_d - E_c) T}{E_d - E_c} (H_1)_{cb} t_{ba}^{n-1}(E_c - E_a, T).$$

Selon les hypothèses faites, les deux premières sommations ne donnent une contribution appréciable que si $E_d$ vérifie l'inégalité (1). Maintenant seuls les termes de la dernière sommation avec un $E_c$ vérifiant (1) auront de l'importance; chacun de ces termes se décompose en une partie réelle et une partie imaginaire qui n'ont, chacune, leur module important que si :

$$|E_d - E_c| \, 2T \leqq h.$$

Mais la décroissance rapide du module de $t_{ba}^{n-1}(E_c - E_a, T)$ au fur et à mesure que $E_c$ s'éloigne de $E_a$ a pour effet que son facteur multiplicatif n'agit vraiment que pour $E_c$ proche de $E_a$; pour $E_c$ tant soit peu loin de $E_a$, le rôle de ce facteur est de plus en plus masqué. Pour conclure, $\Psi_a^n(E_d)$ n'a une valeur appréciable que pour $E_d$ vérifiant :

$$|E_d - E_a|\, 2T \leqq \alpha' h,$$

$\alpha'$ étant de l'ordre de l'unité. Enfin on voit directement sur la relation de récurrence que le module de $\Psi_a^n(E_d)$ diminue vite quand $E_d$ s'éloigne de $E_a$. Comme les propriétés supposées sont celles de $\Psi_a^0(E)$, on déduit la validité pour tous les ordres d'approximation de la formule :

$$|E - E_a|\, 2T \leqq A h$$

(A de l'ordre de l'unité) pour définir l'intervalle où prendre E afin d'obtenir une valeur appréciable de ces ordres d'approximation. Ceci démontre en toute généralité la quatrième relation d'incertitude.

III. La démonstration qui précède met en évidence ce qui distingue la quatrième relation d'incertitude des autres relations d'incertitude. Ce caractère particulier tient évidemment au fait que le temps n'est pas une variable aléatoire et se manifeste principalement par les deux faits suivants : il n'existe pas de forme précise de la relation d'incertitude; elle n'est valable que pour une durée de perturbation assez longue, car si T est petit $(E - E_a)^{-1} \sin(T/\hbar)(E - E_a)$ est sensiblement nul partout et les raisonnements ci-dessus ne s'appliquent plus. Ceci est du fait que si T est très petit, il n'y a pas de mesure, mais seulement validité persistante d'une connaissance antérieure de l'énergie (²).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Rayonnement électromagnétique de grande longueur d'onde dans un milieu très fortement ionisé.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Critique des tentatives faites en vue d'obtenir les formules relatives à l'émission et à l'absorption des ondes électromagnétiques de grande longueur d'onde en partant des formules quantiques. Condition d'applicabilité de la théorie classique du rayonnement dans un plasma ionique et détermination des limites pour les paramètres de choc.

1. Dans un milieu très fortement ionisé (plasma ionique de Langmuir), les électrons, qui en font partie, émettent un spectre continu de rayons X au cours des chocs radiogènes avec les noyaux des ions positifs.

2. La théorie classique du spectre continu des rayons X a été développée

(²) Remarque de M. Louis de Broglie.

par Kramers (¹), tandis qu'une théorie ondulatoire quantique fut donnée par Sommerfeld (²). Plusieurs auteurs ont essayé, en partant de la théorie de Sommerfeld, ou d'autres théories quantiques approchées, d'obtenir des formules s'appliquant à l'émission ou à l'absorption des ondes électromagnétiques de grande longueur dans un milieu très fortement ionisé.

Ces tentatives ne nous paraissent pas justifiées, car *même la théorie de Sommerfeld*, qui s'appuie sur des solutions rigoureuses de l'équation de Schrödinger et est valable pour toutes les vitesses non relativistes (sans être assujettie à la condition $v \gg Zc/137$, comme le sont les théories, basées sur l'approximation de Born), *n'est pas valable pour la partie du spectre qui correspond aux faibles fréquences*. Elle conduit, en effet, à une probabilité (section efficace) d'émission d'un quantum de la tranche spectrale ($\nu$, $\nu + d\nu$), qui est proportionnelle à $d\nu/\nu$ et qui diverge donc aux faibles fréquences (³). Ce résultat est inhérent à la méthode d'approximation employée (développement en série de puissances de $2\pi e^2/hc$) comme l'ont montré en détail Bloch et Nordsieck (⁴), méthode qui n'est applicable qu'aux processus dans lesquels n'est émis qu'un seul quantum $h\nu$, ce qui a lieu précisément près de la limite du spectre continu et non du côté des fréquences faibles, où ce sont les phénomènes avec *l'émission simultanée* d'un grand nombre des quanta qui prédominent.

3. Mais en revanche, nous nous trouvons ici, en général, dans le domaine d'applicabilité de la théorie classique du rayonnement.

Dans le plasma ionique, où le potentiel électrostatique $V(r)$, émanant de chaque ion est de la forme

$$V(r) = \frac{Ze^2}{r} \exp \frac{-r}{D}, \tag{1}$$

la condition d'applicabilité de la théorie classique du rayonnement s'écrit

$$\frac{2\pi Z e^2}{v} \exp \frac{-r}{D} \gg h. \tag{2}$$

Pour les vitesses $v$ qui correspondent aux températures de l'ordre de $10^6$ degrés (espace interstellaire, couronne solaire), la condition (2) est toujours satisfaite, *sauf pour les paramètres de choc très grands par rapport au rayon de Debye*, ce qui affecte l'émission des fréquences très faibles par rapport à la fréquence critique de Langmuir, fréquences pour lesquelles d'ailleurs l'indice de réfraction $K = (1 - \nu_L^2/\nu^2)^{1/2}$ du milieu ionisé est imaginaire.

---

(¹) *Phil. Mag.*, **46**, 1923, p. 836.

(²) *Ann. der Physik*, **11**, 1931, p. 257.

(³) N. F. Mott, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **27**, 1931, p. 255; N. F. Mott et H. S. W. Massey, *The theory of Atomic Collisions*, 2ᵉ éd., 1949, Chap. XV, § 9 et 10.

(⁴) *Phys. Rev.*, **52**, 1937, p. 54 et 59.

Pour ce qui est de l'émission des fréquences $\nu \geqq \nu_L$ nous devons prendre comme paramètre minimum de choc $r_0 = e^2/KT$ et comme paramètre maximum $r_m = v/2\pi\nu$, fonction de la fréquence. Pour les fréquences $\nu \leqq \nu_L$ et tant qu'on puisse appliquer les théories classiques, l'effet d'écran conduit à négliger les paramètres de choc supérieurs à $r_{lim} = v/2\pi\nu_L$, ce qui a pour effet de rendre indépendante de $\nu$ l'émission sur les fréquences inférieures à $\nu_L$.

ULTRASONS. — *Cavitation et hémolyse par ultrasons de fréquences différentes.* Note (*) de M. **André Dognon** et M^lle **Yvonne Simonot**, transmise par M. Jacques Duclaux.

A basse fréquence (19 kc) on a presque exclusivement une cavitation de vapeur, de seuil élevé; à haute fréquence (500 à 1200 kc) une cavitation de gaz, de seuil bas. Il existe des différences très importantes dans l'effet hémolysant de ces deux ordres de fréquence, mais dont le sens est variable suivant les circonstances expérimentales, en particulier d'intensité et de dilution.

Il est bien connu que les actions dispersantes et cyto-destructrices des ultrasons sont liées à la cavitation. En particulier nous avons montré [1] que, dans une suspension où le volume relatif des particules est supérieur à environ 2 % (pour 960 kc), il n'y a plus ni cavitation ni action. Les auteurs qui ont observé l'hémolyse de suspensions concentrées en haute fréquence ont négligé d'en maintenir l'homogénéité, que la vibration tend rapidement à détruire, ou employé des intensités et des durées d'observations telles que des altérations thermiques ont pu survenir à la longue.

Nous avons étudié quantitativement hémolyse et cavitation pour quatre vibrations : 1° trois « haute fréquence » (500, 960, 1200 kc); 2° une « basse fréquence » (19 kc). Les différences obtenues entre les trois premières sont seulement quantitatives et feront l'objet d'une Note ultérieure. Par contre, entre haute et basse fréquence, elles sont si profondes qu'on est surpris de n'en pas trouver mention jusqu'à présent.

*En haute fréquence* : les bulles se dégagent dans tout le volume vibrant. Leur diamètre est souvent de quelques dixièmes de millimètre. Elles ne donnent lieu à aucun bruit notable. Elles subsistent et montent à la surface après l'arrêt. Le seuil d'apparition est très bas (environ 0,05 W : cm$^2$, mesuré par pression de radiation). On ne voit rien dans un liquide dégazé.

*En basse fréquence* : un nuage laiteux de très fines bulles est localisé autour du pôle vibrant. Elles engendrent un bruit strident. Elles disparaissent dès l'arrêt. Le seuil d'apparition est élevé (0,7 W : cm$^2$, mesuré calorimétriquement). Le dégazage ne change pas sensiblement le phéno-

(*) Séance du 16 mai 1951.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1234.

mène. Ces caractères montrent qu'il s'agit dans le premier cas d'une *cavitation de gaz* (dite parfois pseudo-cavitation), dans le second, d'une *cavitation de vapeur* (ou cavitation vraie).

Parallèlement, d'importantes différences se manifestent dans les modalités de l'hémolyse. En haute fréquence, celle-ci s'obtient, dès le seuil de cavitation, avec une suspension (assez diluée) d'hématies contenue dans un tube à essai. En basse fréquence, à l'énergie maximum de 5 W : cm², on n'obtient rien ainsi, ni même dans un large récipient à fond de nylon mince appliqué contre le pôle vibrant. Aucune bulle n'est d'ailleurs observée dans ce récipient. Par contre, l'hémolyse s'obtient, même en suspension concentrée, lorsque celle-ci est *directement au contact* du pôle vibrant. Elle est *progressive*, parce que la zone de destruction est limitée au voisinage immédiat du vibrateur. Elle cesse au-dessous du seuil de cavitation, bien que l'énergie soit alors dix fois supérieure à celle qui serait encore efficace en haute fréquence.

Nous tirerons de ces observations les conclusions suivantes :

1° Le mécanisme de la cavitation est différent en haute et en basse fréquence, et toute théorie générale de la formation des bulles doit tenir compte de ce fait. Comme on sait que, en haute fréquence, le seuil de cavitation de gaz s'abaisse avec la fréquence, il faut admettre à partir d'un certain domaine, l'apparition de phénomènes nouveaux (peut-être simplement la grandeur de la longueur d'onde par rapport aux dimensions des récipients utilisés).

2° Toute comparaison entre les actions de ces diverses vibrations est *a priori* dépourvue de signification si les circonstances expérimentales ne sont pas précisées dans les moindres détails. Suivant celles-ci, on pourra tirer des conclusions contraires. Par exemple, une suspension concentrée est (dans les conditions ci-dessus précisées) plus facilement hémolysée en basse fréquence. Pour une suspension diluée, le résultat peut être inverse, car au-dessous de l'intensité de 0,7 W : cm², seuil de cavitation de vapeur, seule la haute fréquence reste active.

MAGNÉTISME. — *Sur les mesures de susceptibilités magnétiques par la méthode de Faraday*. Note (*) de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gaston Dupouy.

On sait qu'une substance, de volume V et de susceptibilité magnétique $\varkappa$, placée dans le vide dans un champ magnétique non uniforme d'intensité H subit, dans une direction donnée $x$, une force $f_x$

$$f_x = \mathrm{H}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}\mathrm{V}\varkappa.$$

Si l'on place dans un semblable champ, et dans l'air, un tube de verre de susceptibilité $\varkappa''$ et de volume extérieur $\mathcal{V}$, renfermant un volume V d'air, de susceptibilité $\varkappa_0$, la force $f''_x$ subie par ce tube est

$$f''_x = \mathrm{H}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}[(\mathcal{V} - \mathrm{V})(\varkappa'' - \varkappa_0)].$$

Le même tube, toujours dans l'air, renfermant un volume $v$ de substance, de susceptibilité $\varkappa$, subirait une force $f_x$

$$f_x = \mathrm{H}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}[(\mathcal{V} - \mathrm{V})(\varkappa'' - \varkappa_0) + v(\varkappa - \varkappa_0)],$$

de sorte que la force nette à laquelle le volume $v$ de substance se trouve soumis est

$$\mathrm{F}_x = f_x - f''_x = \mathrm{H}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x} v(\varkappa - \varkappa_0).$$

P. Curie a montré dans sa thèse ([1]), qu'avec un électroaimant de Faraday, dont les axes des deux bras formaient un certain angle, il était assez facile de déterminer, dans l'espace, la région où $\mathrm{H}(\partial \mathrm{H}/\partial x)$ était pratiquement constant et que cette région, qui correspondait au maximum de ce produit, était suffisamment étendue pour qu'on puisse, d'une part, y placer des corps assez volumineux, et, d'autre part, les déplacer de plusieurs millimètres, suivant la direction $x$, sans que la force agissante soit sensiblement différente de ce qu'elle serait si le corps était au centre de cette région du maximum. De sorte que, si l'effet de la force $\mathrm{F}_x$ se traduit par un déplacement tout petit de la substance, limité par la torsion d'un fil convenablement choisi, on peut relier, comme on sait, le déplacement $\delta$ d'un spot lumineux, qui est la mesure amplifiée de l'angle de torsion, au volume $v$ et aux susceptibilités de la substance et de l'air par la relation simple :

$$\delta = k\, v(\varkappa - \varkappa_0), \qquad (1)$$

qui n'est valable que tant que la substance, en se déplaçant, suivant la direction $x$, ne sort pas des limites de la région du maximum. On voit aussitôt la prudence que nécessite cette méthode, pour déterminer en valeur absolue les susceptibilités, lorsque le déplacement de la substance est assez marqué.

Cependant, lorsqu'on désire faire des mesures avec une substance de comparaison, l'eau par exemple, en utilisant le même tube, l'écart $\delta'$ du spot pour le corps de comparaison est lié à sa susceptibilité $\varkappa'$ par

$$\delta' = k\, v(\varkappa' - \varkappa_0),$$

(*) Séance du 16 mai 1951.

([1]) P. Curie, *Œuvres*, Gauthier-Villars, édit. Paris, 1908, p. 233.

pourvu que le volume $v$ soit le même et identiquement placé dans l'espace par rapport à l'électroaimant, lorsque l'équilibre entre la force magnétique et la torsion du fil est atteint.

Si, alors, $\rho$ est le rapport $\delta/\delta'$, on trouve facilement

$$x = \rho x' - x_0(\rho - 1),$$

et cette détermination expérimentale est correcte, parce que la constante $k$ de l'équation (1) demeure bien constante lorsque les conditions ci-dessus sont réalisées.

A la vérité, si $\delta$ et $\delta'$ sont trop différents, le volume $v$ ne peut pas se situer identiquement dans l'espace, ce qui enlève tout crédit aux mesures faites par la méthode inaugurée par P. Curie. Cette critique prend toute son acuité lorsque le volume $v$ est trop grand, enveloppant totalement la région spatiale, où $H(\partial H/\partial x)$ est maximum.

Supposons maintenant que nous utilisions soit un aimant, soit un électro-aimant à pièces polaires biseautées, créant ainsi un champ magnétique non uniforme, mais que nous balayions l'espace par déplacement de cet aimant précisément dans la direction $x$. Si, sur son parcours, la région où $H(\partial H/\partial x)$ est maximum rencontre un volume $v$ de substance inférieur à sa propre étendue spatiale, il sera possible, si la substance est solidaire d'une balance de torsion d'équilibrer par la torsion du fil l'effet de la force $F_x$ et par la continuation du mouvement, si la substance est diamagnétique, ou au contraire la rétrogradation si elle est paramagnétique, de la maintenir dans la région du maximum. On aura alors la plus grande sécurité pour appliquer l'équation (I) aussi bien pour les mesures absolues que relatives. On pourra même obtenir deux écarts de part et d'autre de l'entrefer, comme c'est le cas dans l'appareil réalisé par P. Curie et C. Cheneveau ([2]).

Mais il est difficile d'avoir un entrefer biseauté donnant de part et d'autre de sa région polaire, et dans une même direction $x$, deux régions à maximum de même étendue et de produit $H(\partial H/\partial x)$ identique.

C'est pourquoi, lorsqu'on construit la courbe donnant $\delta$ en fonction des déplacements de l'aimant dans la direction $x$ on obtient deux valeurs un peu différentes en valeur absolue et asymétriques par rapport à la position initiale de repos de la substance ([3]), ([4]).

J'espère pouvoir montrer, dans une prochaine Note, comment malgré toutes ces difficultés, on peut faire des mesures correctes de susceptibilités et de coefficients d'aimantation, par la seule confrontation de résultats expérimentaux.

---

([2]) *Ibid.*, p. 594.

([3]) Wolfers, *Diplôme d'Études supérieures de Physique*, Fac. Sc., Paris, 1914.

([4]) C. Courty, *Thèse de Sc. phys.*, Fac. Sc. Paris, 1935.

ÉLECTRONIQUE. — *Influence de la radioactivité sur l'émission thermoélectronique des cathodes.* Note (*) de MM. **Jean Debiesse, Georges Neyret, Jean Challansonnet** et **Jacques Amoignon**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons signalé la possibilité d'obtenir des cathodes radioactives en irradiant aux neutrons thermiques des alliages de nickel contenant du cobalt (1). Il est aisé d'obtenir ainsi des cathodes présentant des activités de quelques microcuries.

On sait, par ailleurs, que le courant de saturation pour unité de surface thermoélectronique est assez convenablement représenté par une formule du type suivant (2) :

$$i_s = \frac{I_s}{S} = AT^2 e^{-\frac{11\,600\,\varphi}{T}} e^{\frac{4,39}{T}\sqrt{\frac{V}{D}}},$$

formule dans laquelle le terme $e^{\frac{4,39}{T}\sqrt{\frac{V}{D}}}$ correspond à l'effet Schottky, c'est-à-dire à l'influence du champ électrostatique sur l'émission de la cathode.

Au moment où des $\beta$ ou des $\gamma$ quittent un métal radioactif, on peut admettre qu'il se produit une perturbation électrostatique intense dans les points du réseau cristallin sièges de l'émission. Nous avons étudié si de telles perturbations n'avaient pas un effet sensible sur l'émission thermoélectronique. *A priori*, les deux phénomènes sont sans aucune commune mesure puisque la cathode dégage $10^{13}$ électrons thermiques dans le temps où elle émet un seul électron $\beta$.

Dans une première série de recherches, nous avons utilisé comme cathodes du Ni à 5 % de Co. Des cathodes radioactivées ou inertes étaient montées après badigeonnage aux carbonates de Ba/Sr dans des diodes identiques. Les résultats ont été les suivants : dans tous les cas, les courants des tubes à cathodes activées sont plus faibles que ceux des tubes à cathodes inertes.

Utilisant pour la densité du courant de saturation la formule simplifiée suivante :

$$i_s = AT^2 e^{-\frac{11\,600\,\varphi}{T}}, \qquad (1)$$

la moyenne des résultats obtenus sur 9 tubes actifs et 9 tubes inertes permet de calculer un potentiel d'extraction $\varphi$ variant de 1,5 à 2 V dans le premier cas, tandis qu'il est de l'ordre du volt dans le deuxième.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons essayé de localiser

(*) Séance du 21 mai 1951.

(1) J. Debiesse, J. Challansonnet et G. Neyret, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 602.

(2) Hermann et Wagener, *Les cathodes à oxydes*, p. 120, traduction du C. N. E. T.

le phénomène observé. Nous avons utilisé avec les mêmes diodes des cathodes de Ni pur, recouvertes d'un dépôt électrolytique de Co (épaisseur : quelques microns).

Seule la couche de passage métal-oxyde était radioactive. Dans ces conditions, l'émission des cathodes actives est, là encore, plus faible que celle des cathodes inertes. Le potentiel d'extraction des premiers est plus grand que celui des seconds. Il semble bien que cette variation soit liée à la radioactivité plus ou moins grande des cathodes.

Afin d'interpréter ces premiers résultats, nous avons repris la même étude sur des cathodes de tungstène pur. On sait que par irradiation aux neutrons, il est possible d'obtenir les radio-éléments suivants :

— le 187 W de période 24 heures;

— et le 185 W de période 77 jours.

Ayant monté des diodes à filaments de tungstène radioactifs ou inertes, nous avons obtenu cette fois encore des courants thermo-électroniques bien plus faibles, avec les premières diodes qu'avec les secondes. En utilisant la formule (1) les résultats pourraient s'interpréter par une augmentation du potentiel d'extraction. La radioactivité n'agit donc pas seulement sur la conductibilité des oxydes [excitons de Mott (3) ou gaz électronique de Loosjes (4)], comme nous le pensions tout d'abord.

En conclusion, l'étude systématique du fait signalé doit permettre de préciser la théorie même de l'émission thermo-électronique des métaux purs. C'est l'étude que nous avons entreprise dès maintenant.

SPECTROSCOPIE. — *Une nouvelle bande infrarouge caractéristique des amidoacides et des chlorhydrates d'aminoacides.* Note de M^lle^ **Marie-Louise Josien** et M. **Nelson Fuson**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de l'étude de huit acides mercapturiques de formule générale $R-S-CH_2-CH\begin{matrix}\diagup COOH \\ \diagdown NH-CO-CH_3\end{matrix}$, R représentant les radicaux *p*-fluorophényle, *p*-chlorophényle, *p*-bromophényle, *p*-iodophényle, phényle, benzyle, α-naphtyle, α-anthryle, outre les bandes caractéristiques des amidoacides devenues classiques (1), une bande d'absorption très intense a été remarquée vers 1225 $cm^{-1}$ (valeurs limites 1215 $cm^{-1}$ et 1232 $cm^{-1}$). Cette bande existe

(3) N. F. Mott et R. W. Gurney, *Electronic processes in ionic crystals*, Clarendon Press, Oxford 1948; Mott, *Les électrons dans les solides*, C. D. U., 1950.

(4) R. Loosjes and H. J. Vinck, *The conduction mecanism in oxyde coated cathodes* (*Philips Res. Rep.*, 4449, 1949).

(1) Randall, Fowler, Fuson and Dangl, *Infrared Determination of Organic Structures*, Van Nostrand Company, New-York, 1949, p. 13.

aussi pour les N-acétylcystéine (²), N-acétylβ-, β-diméthylcystéine (²) et N-acétoacétyl-β, β-diméthylcystéine (³). Les détails de cette étude seront publiés ailleurs, mais nous voulons dès maintenant discuter la signification de cette bande que nous croyons n'avoir pas encore été signalée.

I. *Le groupe carboxyle semble responsable pour cette absorption à* 1225 cm⁻¹. — C'est en effet la seule hypothèse conciliable avec les faits expérimentaux suivants.

1° Cette bande n'est pas présente dans les spectres des cystéines substituées $R—S—CH_2—CH\langle^{COOH}_{NH_2}$, les *p*-chlorophénylcystéine, *p*-bromophénylcystéine, phénylcystéine, α-naphtylcystéine (²); or il a été montré que les acides aminés existent à l'état d'ion amphotère et que leur spectre est profondément modifié par la substitution du radical carboxyle ionisé au groupe carboxyle non ionisé (⁴), (⁵), (⁶), (⁷).

2° Les spectres des chlorhydrates d'acides aminés possèdent eux aussi une forte bande à 1 225 cm⁻¹. Personnellement, nous n'avons eu à notre disposition que le chlorhydrate de naphtylcystéine; mais l'existence de la bande dans ce composé permet déjà de rejeter l'hypothèse d'une relation avec le groupement acétyle des acides mercapturiques. Un examen comparatif des onze acides aminés (⁸) et des chlorhydrates correspondants étudiés par Randall (⁹) montre, de plus, que ces derniers présentent tous une bande très intense qui oscille entre 1 240 et 1 210 cm⁻¹, la même région étant particulièrement claire dans les spectres des premiers. Klotz (⁷), de son côté, publie les spectres des chlorhydrates de valine, glycine et norleucine, chacun avec une bande très proéminente à 1 212 cm⁻¹, 1 227 cm⁻¹ et 1 198 cm⁻¹ respectivement; dans les deux derniers cas, cependant, la comparaison avec l'acide aminé similaire est moins frappante, car les spectres de la glycine et de la norleucine conservent une absorption non négligeable dans cette région.

3° Les deux acides aminés dicarboxyliques, les acides aspartique et glutamique, montrent une forte bande vers 1 210 cm⁻¹ (⁹). Il paraît logique d'attribuer cette bande au second carboxyl non inonisé (⁶), (⁹), (¹⁰).

---

(²) Résultats personnels.

(³) RANDALL et collaborateurs, *loc. cit.*, p. 67.

(⁴) EDSALL, *J. of Chem. Phys.*, **5**, 1937, p. 508.

(⁵) DUVAL et LECOMTE, *Bull. Soc. Chim. France*, **10**, 1943, p. 180.

(⁶) LENORMAND, *J. de chim. phys.*, **43**, 1946, p. 327.

(⁷) KLOTZ et GRUEN, *J. of Phys. Chem.*, **52**, 1948, p. 961.

(⁸) Ce sont les acides α-amino-α-méthylbutyrique, α-aminoisobutyrique, α-amino-*n*-valérique, α-amino-*n*-caproïque, l'alanine, la sarcosine, la cystine, la tyrosine, la proline, la phénylalanine et la phénylglycine.

(⁹) RANDALL et collaborateurs, *loc. cit.*, Chap. VII.

(¹⁰) N. WRIGHT, *J. of Biol. Chem.*, **127**, 1939, p. 137.

4° La bande 1225 cm⁻¹ est présente dans les quatorze amidoacides [11] simples analysés par Randall [9].

5° Les spectres des quelques sels métalliques d'acides aminés et d'amido-acides que nous avons trouvés dans la bibliographie, n'ont pas par contre d'absorption dans la région de 1225 cm⁻¹. Cette affirmation repose sur l'analyse des phénacéturates de baryum et d'argent, du phénylglycinate de potassium, du phénacétate de sodium [9]; des valinate, glycinate et norleucinate de sodium [7].

II. *La bande* 1225 cm⁻¹ *peut vraisemblablement être assignée à une vibration du groupe* C—O—H. — En effet, il a été reconnu que la présence d'un groupe carboxyle non ionisé donne naissance à deux bandes d'absorption dans la région qui nous intéresse, entre 7 et 9 μ. Toutes deux sont généralement associées avec le radical C—O—H, l'une avec la liaison C—O, l'autre avec une vibration de déformation de l'oxhydrile [12]. Les valeurs discutées récemment pour leurs fréquences dans les acides acétique, trideutéroacétique, propionique, phénique, [13] inclineraient à penser que la bande 1225 cm⁻¹ est une vibration de déformation du groupe OH; mais une bande vers 1200 cm⁻¹ ayant été assignée à la première liaison C—O contenue dans les esters [14], de nouvelles expériences sont nécessaires pour permettre de préciser l'attribution de la bande 1225 cm⁻¹ à l'une ou l'autre des liaisons du groupe C—O—H.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la répartition de divers rayonnements dans les gerbes d'Auger.* Note de MM. **Guy Carmouze** et **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

I. Dans une Note antérieure [1] nous avions étudié les gerbes de Rossi abondantes créées dans le plomb à 2860 m d'altitude. Nous avions distingué parmi ces événements une fraction associée aux gerbes de l'air, parce que des compteurs éloignés sont simultanément touchés. Le reste en est-il réellement indépendant? Nous avons tenté de le savoir en faisant varier la surface du compteur éloigné à 3,80 m. Le tableau I montre que le nombre de

---

[11] Ce sont les acides α-acétamido-β, β-diméthylacrylique, α-phénacétamido-β, β-diméthoxypropionique, α-phénacétamido-*n*-valérique, phénacéturique, ω-benzamido-*n*-caproïque, α-benzamido-β, β-diméthylacrylique, α-phénacétamido-*n*-caproïque, α-phénacétamidoisobutyrique, α-phénacétamido-α-méthyl-*n*-butyrique; les N-phénacétyl-β-alanine, N-phénacétylalanine, N-phénacétyl-β-phénylalanine, N-phénacétylisoleucine et phénacétylvaline.

[12] Lecomte, *Traité de Chimie organique*, Masson, Paris, **2**, 1936.

[13] M. Davies, *J. of Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 267.

[14] Lecomte, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 1000; Thompson et Torkington, *J. of Chem. Soc.*, 1945, p. 640.

[1] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 572.

gerbes locales « associées » varie comme le logarithme de la surface de ce compteur. La surface maxima atteinte (2300 cm²) est encore très petite par rapport à l'aire comprise entre les deux systèmes de compteurs (environ 12 m²). En augmentant la surface on trouve toujours de nouvelles gerbes du plomb accompagnées de trajectoires dans l'air. Il n'y a pas de tendance à la saturation et il n'est pas prouvé qu'une fraction de *ces événements soit réellement indépendante des gerbes de l'air*. D'ailleurs le coefficient barométrique de ces événements est de 8,7 %/cm mercure, très voisin de celui des gerbes de l'air. L'anticoïncidence d'un compteur éloigné améliore simplement la courbe de Rossi en éliminant les fortes densités dans l'air qui en faussent le départ. Dans la Note précédente (¹) il convient donc de remplacer les mots gerbes de l'air par les mots gerbes de l'air denses.

TABLEAU I.

| Surface totale des compteurs éloignés..... | | 115 cm². | 230 cm². | 460 cm². |
|---|---|---|---|---|
| Proportion des événements associés aux compteurs éloignés.............. | 2860 m | 526/4337/58,5 h<br>12,1±0,5 % | 1169/6758/100 h<br>17,3±0,5 % | 1731/8098/140,25 h<br>21,4±0,5 % |
| | 560 m | 422/5197/359,8 h<br>8,1±0,4 % | –<br>– | –<br>– |

| Surface totale des compteurs éloignés..... | | 920 cm². | 1150 cm². | 1600 cm². | 2300 cm². |
|---|---|---|---|---|---|
| Proportion des événements associés aux compteurs éloignés.............. | 2860 m | 1832/7631/123,8 h<br>24±0,6 % | –<br>– | –<br>– | 2307/7515/114,2 h<br>30,8±0,6 % |
| | 560 m | –<br>– | 502/2590/107,6 h<br>19,4±0,9 % | 430/2083/146,2 h<br>20,65±1 %<br>806/3581/251,1 h<br>22,5±0,8 % | – |

II. Nous avons repris une expérience identique à 560 m d'altitude dont le résultat est indiqué par une courbe semblable qui a été décalée de 20 % pour tenir compte de la plus grande densité de l'air.

1° L'association avec le compteur éloigné à 3,40 m est moins fréquente donc les électrons gerbigènes sont en moyenne plus isolés dans l'air.

2° L'association s'accroît plus rapidement avec la surface du compteur adjoint. Le rapport N (1600 cm²)/N (115 cm²) passe de $2,72 \pm 0,17$ ($2,9 \pm 0,2$ si l'on corrige la densité différente de l'air) à 560 m, à $2,3 \pm 0,1$ à 2860 m. Puisqu'on gagne davantage vers les faibles densités, c'est qu'elles sont plus fréquentes. L'indice de la loi des densités diminue en altitude. Cette propriété est, on le sait (²), (³), en désaccord formel avec tout schéma de cascade dont la

(²) P. AUGER et J. DAUDIN, *J. Phys. Rad.*, 6, 1945, p. 841.

(³) P. AUGER, MAZE et FREON, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 418.

vitesse de multiplication serait indépendante de l'énergie. Les sections efficaces doivent croître lentement avec l'énergie comme c'est le cas pour la composante nucléaire.

III. Pour appliquer correctement cette méthode dont le principe est dû à Janossy, il convient d'éliminer les gerbes denses et les primaires multiples; on doit donc employer :

*a*. Un sélecteur S d'un rayonnement déterminé R;

*b*. Un compteur proche *s* en anticoïncidence coupant les gerbes denses.

*c*. Un ou mieux plusieurs bancs E de surface variable sensibles à des gerbes de densité décroissante.

*Application*. — 1° Au rayonnement N (nucléaire) dans les gerbes de l'air. Rn est un sélecteur de bursts ([4]), $s = 230\ \text{cm}^2$ à 1 m de R, E passe de $800\ \text{cm}^2$ à $2300\ \text{cm}^2$ à 3 m. Ce rapport

$$\rho = \frac{N(R - s + E = 2300)}{N(R - s + E = 800)} = \begin{cases} \dfrac{340}{210\ \text{h}} : \dfrac{242}{402\ \text{h}} = 2,70 \pm 0,22 \\ \dfrac{425}{197,5\ \text{h}} : \dfrac{203}{260,1\ \text{h}} = 2,74 \pm 0,22 \end{cases} \bar{\rho} = 2,72 \pm 0,15.$$

Les fortuites représentent 10 % et sont dans le même rapport.

2° Au rayonnement G (électromagnétique) de grande énergie. Rg est un sélecteur de gerbes de Rossi à plus de 5 rayons sous 24 mm de plomb, *s* et E sont les mêmes que ci-dessus. La fréquence $N_R$ des événements Rg est la même que celle des événements Rn

$$\rho = \frac{\dfrac{N(R - s + E = 2300)}{NR}}{\dfrac{N(R - s + E = 800)}{NR}} = \frac{1588}{18245} : \frac{945}{19202} = \frac{8,7\%}{4,92\%} = 1,77 \pm 0,07$$

(pas de fortuites).

Ces deux rapports sont très différents. L'accroissement de surface a plus d'effet pour la composante N qui est beaucoup plus étalée que la composante G dont le libre parcours de collision dans l'air est d'ailleurs moitié moindre. Ceci confirme quantitativement les conclusions anciennes obtenues avec la chambre de Wilson ([5]).

L'avantage de cette méthode est de donner des résultats calculables théoriquement.

---

([4]) A. Daudin et J. Daudin, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1197.

([5]) Daudin, *Ann. Phys.*, 20, 1945, p. 563.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'évolution de l'activité dépolarisante et catalytique des composés oxygénés du manganèse.* Note de M. **Jean Brenet** et M[lle] **Anne-Marie Briot**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'évolution de l'activité dépolarisante et catalytique de composés oxygénés de manganèse a été étudiée en fonction de la température d'un traitement thermique appliqué au dépolarisant. On peut enregistrer ainsi une brusque discontinuité de l'activité et du potentiel électrochimique pour une température voisine de 160°. Un examen par rayons X en rayonnement monochromatique permet également de suivre l'évolution de la structure.

Dans une Note précédente (¹) nous avons présenté quelques résultats nouveaux sur l'évolution des propriétés catalytiques et dépolarisantes de composés oxygénés du manganèse après un traitement thermique à une température fixe.

Dans la présente Note, nous apportons quelques précisions à ces premiers résultats. Pour cela, nous avons opéré sur le composé dépolarisant des traitements thermiques à des températures allant de 110° à 360°. Nous avons pu suivre l'influence de ces températures de traitement sur les deux caractéristiques essentielles déjà mentionnées dans notre Note précédente (¹) : potentiel électrochimique et activité dépolarisante. Enfin, nous avons examiné par les rayons X la modification de structure cristalline en réalisant des diagrammes en rayonnement rigoureusement monochromatique avec la raie $K_\alpha$ du molybdène. Les diagrammes du dépolarisant avant et après traitement thermique étaient obtenus sur le même cliché et avec le même temps de pose.

De cette étude, nous avons pu tirer les résultats suivants : 1° le potentiel électrochimique semble peu affecté par un traitement effectué dans l'intervalle de température 110°-150°. Il décroît ensuite très rapidement pour l'intervalle 150°-330°. Il y a donc une brusque discontinuité du potentiel pour une température de traitement voisine de 150°. Le potentiel décroît ensuite linéairement avec la température du traitement. La pente de la droite peut atteindre une valeur de l'ordre de 80 mV pour 100° pour certains dépolarisants; 2° pour l'activité, nous notons également une discontinuité brutale pour un traitement thermique réalisé aux environs de 150°. Toutefois, contrairement à ce qui se passe pour le potentiel, après la brusque diminution au delà de 150°, l'activité reste à peu près constante jusqu'à 325°. Il y a donc simplement une variation discontinue, mais très marquée, de l'ordre de 25 à 50 % par rapport à l'activité initiale quand on opère le traitement thermique à une température supérieure à 160° environ;

(¹) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1300.

3° jusqu'ici, pour de simples difficultés expérimentales, vu que l'activité du produit après traitement à 325° était sensiblement la même que pour le produit traité à 175°, nous n'avons réalisé des diagrammes X en monochromatique que pour le produit traité à 325°. Il y a bien alors tendance à amélioration générale de la texture cristalline comme nous l'avons déjà signalée ([1]). Toutefois, dans certains cas, il nous a été possible d'enregistrer une tendance au retour vers la structure initiale quadratique de la pyrolusite par réapparition de certaines raies qui avaient disparu dans l'activation, sans que pour cela la structure complexe toujours observée pour les composés du manganèse utilisés comme dépolarisant paraisse sensiblement modifiée, tout au moins dans l'état actuel de nos expériences.

Il est évident, que prochainement nous préciserons encore cette évolution de la structure avec la température du traitement thermique, tant par les rayons X que par la diffraction électronique. L'ensemble de ces résultats continue à nous montrer que la phase supplémentaire à la pyrolusite existant dans un produit actif ne conditionne pas elle seule l'activité dépolarisante et catalytique. On peut d'après les diagrammes X dire que tout traitement d'activation tend à faire apparaître la phase supplémentaire à la pyrolusite, mais par contre, la diminution même très forte de l'activité ne semble pas faire disparaître cette phase supplémentaire. Il y a seulement amélioration de la cristallisation des différentes phases du composé dépolarisant. Dans la théorie donnée par l'un de nous ([2]) de la dépolarisation, nous pouvons penser que l'amélioration de l'état cristallin tend à rendre les lacunes moins accessibles aux ions $H^+$. La variation rapide de potentiel électrochimique nous montre que cette grandeur est très sensible aux modifications de l'état cristallin de la phase supplémentaire coexistant avec la pyrolusite comme de la pyrolusite elle-même. Au contraire, la méthode de détermination de l'activité dépolarisante, en raison des nombreux facteurs qui interviennent dans la dépolarisation dans une cellule électrochimique, est moins sensible et par suite nous concevons qu'entre 175° et 325° nous n'enregistrions qu'une activité sensiblement constante. Il est possible que certaines expériences soient, comme la mesure du potentiel électrochimique, plus aptes à suivre les variations d'état cristallin et l'on peut en particulier penser à la décomposition catalytique de l'eau oxygénée.

Enfin, la température de discontinuité, signalée plus haut, dans les propriétés du composé du manganèse peut correspondre également à une modification de l'état de valence ou de la nature des liaisons entre manganèse et oxygène. Toute méthode propre à enregistrer ce fait serait intéres-

---

([2]) J. Brenet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 543.

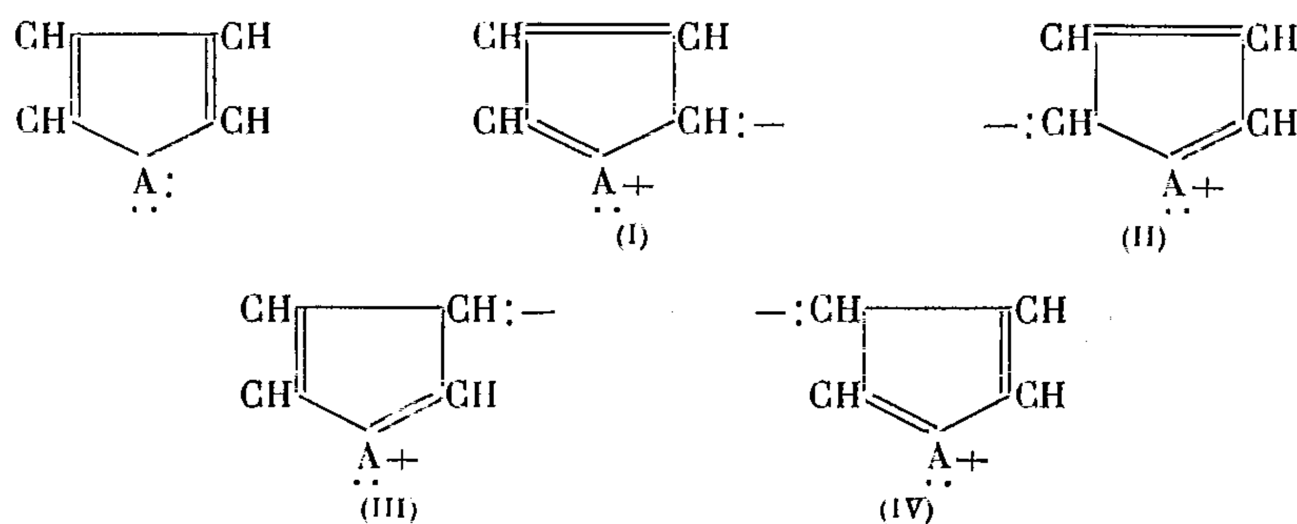
sante, en particulier la magnétochimie et peut-être même encore davantage l'étude des fréquences caractéristiques des discontinuités d'absorption X du manganèse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la conjugaison dans la série hétérocyclique pentagonale.* Note de M. **Nguyen-Quang Trinh**, présentée par M. Paul Pascal.

Si nous considérons le tétrahydrothiophène ($\mu = 1,87$ D) (1) et le tétrahydrosélénophène ($\mu = 1,79$) (1), leurs moments dipolaires (2) peuvent être considérés comme les moments $\sigma$ des liaisons aliphatiques qui constituent le squelette des cycles thiophène et sélénophène. Comme le moment du thiophène est égal à 0,56 (3) et celui du sélénophène 0,41 (3), en négligeant le changement du moment de CH (de l'ordre de 0,05) et l'effet de changement des angles valentiels, nous pouvons regarder les différences $1,87 - 0,56 = 1,31$ et $1,79 - 0,41 = 1,38$ comme mesurant dans chaque molécule le moment mésomère qui, ici, est dirigé en sens inverse du moment $\sigma$, c'est-à-dire de l'hétéroatome vers le cycle. Le même calcul appliqué au tétrahydrofurane et au furane donne la différence de

$$1,68\,(^1) - 0,67\,(^1) = 1,01$$

Ces différences indiquent une plus forte conjugaison dans la molécule du sélénophène que dans celle du thiophène. Le sélénium appartenant au même groupe que le soufre avec les électrons $4s^2$ et $4p^4$ sur la couche extérieure fait cependant partie d'une plus grande période et est plus apte à répandre son octet. Si les données thermochimiques et spectroscopiques manquent, à notre connaissance, pour la série du sélénophène, la comparaison des énergies de résonance pour le furane, le pyrrole et le thiophène 23, 31, 31 kcal/mol montre que l'extension de conjugaison augmente avec la décroissance de l'électronégativité de l'hétéroatome, celui qui est le plus électronégatif ayant la plus petite tendance à assurer la charge + accompagnant les structures I, II, III, IV dans lesquelles il perd une paire d'électrons non couplés :




(1) H. V. de Robles, *Rec. trav. Chim.*, 58, 1939, p. 111.

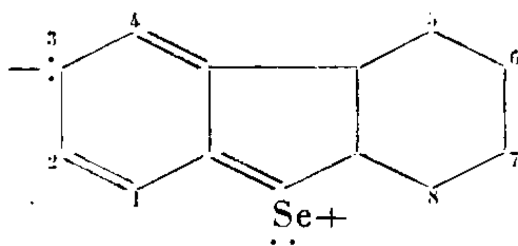
(2) Tous les moments cités ont été mesurés dans des conditions identiques : méthode des doubles battements hétérodynes — solvant : benzène — température : 20°.

Ils sont exprimés en Debyes ($10^{-18}$ C. G. S.).

(3) Mesures faites par l'auteur.

Le sélénium venant tout de suite après le soufre dans l'échelle des électronégativités, nous pouvons nous attendre à trouver pour le sélénophène une énergie de résonance légèrement supérieure à 31 Kcal/mol et une contribution totale des formes I à IV de l'ordre de 30 %, en comparaison du taux de 28 % pour le thiophène (calculé à partir des distances interatomiques) ([4]).

Si nous considérons maintenant les moments du dibenzothiophène 0,8 ([5]) et du dibenzosélénophène 0,42 ([3]), comme l'adjonction de deux noyaux benzéniques ne doit pas beaucoup influer sur le moment $\sigma$ de l'hétérocycle, les différences 1,87 — 0,8 = 1,01 pour la première molécule et 1,79 — 0,42 = 1,37 pour la seconde montrent une extension de conjugaison beaucoup plus grande dans le dibenzosélénophène. Ceci est en accord avec une plus grande réactivité ([6]) de cette molécule; ainsi, la réaction de Friedel et Crafts est complète au bout de 4 à 5 heures au lieu d'une douzaine d'heures que nécessite le dibenzothiophène et donne toujours des dérivés dicétoniques tandis que l'on peut obtenir des dérivés monosubstitués avec le dibenzothiophène. Dans les deux molécules, la substitution se fait aux sommets 3 et 6 (comme dans la molécule de phénanthrène à laquelle elles peuvent être comparées) et montre la contribution prédominante relative des structures du type




La différence dans la série du furane 1,68 — 0,88 ([7]) = 0,80 classe la réactivité du dibenzofurane au-dessous de celle du dibenzothiophène. Longuet-Higgins ([8]) a expliqué le faible caractère aromatique du furane et du pyrrole par la présence seule dans l'azote et l'oxygène des orbitales *s* et *p* capables de liaison tandis que dans le soufre, la possibilité d'hybridation des orbitales $3d$ et $4p$ fait que les orbitales moléculaires des électrons $\pi$ dans un dérivé du thiophène correspondra étroitement avec celles des dérivés analogues du benzène.

Le transfert intramoléculaire d'électrons dans tous ces dérivés « dibenzo » ne doit cependant pas être très important et la comparaison des moments mésomères indique même une diminution de ce transfert quand on passe des molécules hétérocycliques simples à leurs dérivés « dibenzo ». Ceci s'explique par le remplacement d'une liaison du cycle par un noyau benzénique dont le

---

([4]) L. PAULING, *The nature of the Chemical bond.*

([5]) ROBERT G. CHARLES et HENRY FREISER, *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 2233.

([6]) Communication privée de M. Nguyen-Hoan.

([7]) E. BRETSCHER, *Helv. Phys. Acta*, **2**, 1929, p. 257.

([8]) *Trans. Far. Soc.*, 1949, p. 173.

pouvoir de conjugaison est inférieur à celui d'une liaison éthylénique ([9]). La facilité qu'ont le dibenzothiophène et le dibenzosélénophène de donner des oxydes tandis que le thiophène et le sélénophène n'en donnent pas montre bien que dans les premières molécules il y a une importance prédominante des structures de résonance n'impliquant pas le transfert des paires d'électrons de l'hétéroatome et dans lesquelles ces électrons sont plus aptes à la coordinence avec l'oxygène. Les calculs de répartition électronique effectués par Longuet-Higgins et Coulson ([10]) dans la série du pyrrole ont donné comme charge résiduelle sur l'azote : 1,692 *e* dans le pyrrole, 1,742 *e* dans l'indole et 1,782 *e* dans le carbazole.

L'étude de la conjugaison dans la série hétérocyclique pentagonale par la considération des moments mésomères montre donc l'importance du rôle que jouent l'électronégativité de l'hétéroatome et la périphérie moléculaire, en excellent accord avec l'expérience et la méthode des orbitales moléculaires.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la phosphorescence du chlorure de sodium.* Note (*) de Mlle **Marguerite Lautout**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On sait que les rayons X colorent le chlorure de sodium en jaune brun ([1]). Ils donnent en même temps naissance à une phosphorescence de longue durée qui s'étend dans le domaine ultraviolet.

Nous avons étudié quantitativement le déclin de cette phosphorescence en fonction du temps au moyen de photocompteurs au ferro-nickel de courbe de brillance spectrale connue. Les expériences ont été effectuées à différentes températures. L'influence de la température se traduit par un accroissement de la vitesse de déclin de la phosphorescence (*fig.* 1).

La forme des courbes témoigne de l'existence de trois processus principaux de cinétiques différentes. Ces trois parties se distinguent nettement si on trace la courbe en coordonnées logarithmiques (*fig.* 1), ce qui permet également de calculer la vitesse de décroissance correspondant à chacun des processus.

Il est probable que ces trois vitesses sont la résultante d'un grand nombre de vitesses de décroissance correspondant chacune à la libération d'une espèce déterminée de pièges. Ceci semble être confirmé par l'allure de la « glow-curve ». Cette dernière présente trois pics principaux correspondant aux trois parties de la courbe de déclin, mais chacun de ces pics est

(9) L. Pauling et A. Sherman, *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 679.
(10) *Trans. Far. Soc.*, **43**, 1947, p. 87.

(*) Séance du 7 mai 1951.
(1) Fr. Seitz, *Rev. of Mod. Physics*, **18**, 1946, p. 384-408.

hérissé de pics secondaires. Une étude statistique sur un grand nombre de « glow-curves » permettra de déterminer les pics secondaires correspondant à des pièges et ceux qui sont dus aux fluctuations (*fig.* 2).

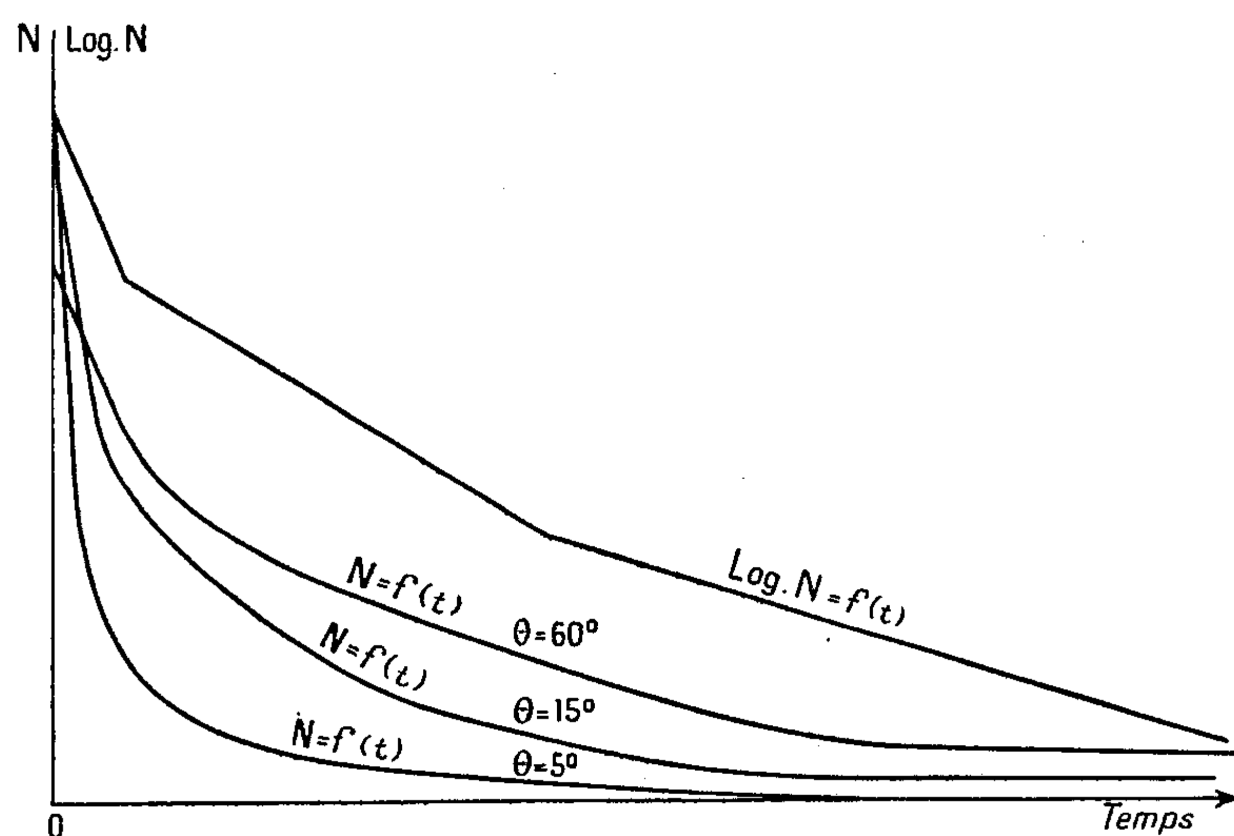


Fig. 1.

Lorsque la phosphorescence due aux rayons X s'est éteinte, des rayonnements d'énergie beaucoup plus faible que celle qui les caractérise peuvent la faire réapparaître; il suffit pour obtenir cette réanimation d'éclairer le

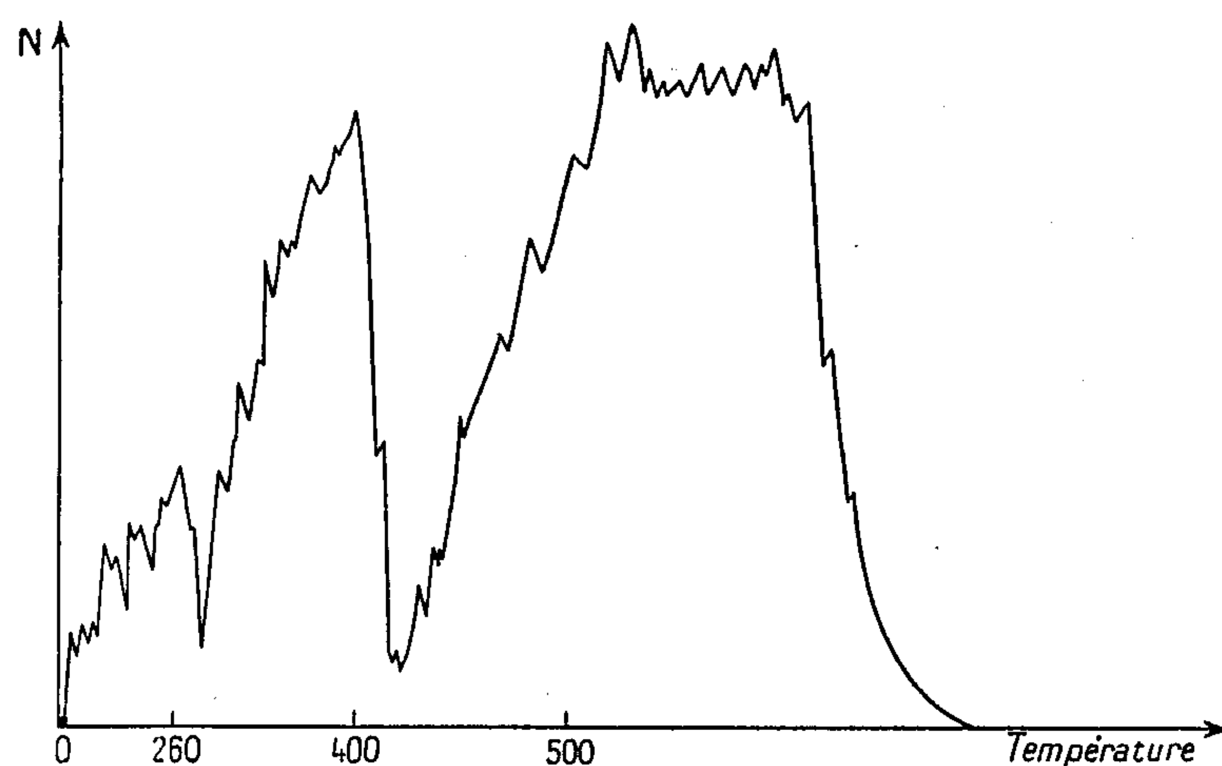


Fig. 2.

cristal à l'aide d'un rayonnement de longueur d'onde comprise entre 2 200 et 5 500 Å. Le ClNa après la première excitation ne reviendrait donc pas à son niveau fondamental, mais à un niveau intermédiaire métastable de

vie moyenne très longue puisque la réanimation est encore possible plusieurs semaines après l'excitation aux rayons X.

L'étude de la phosphorescence induite par les U. V. après cessation de l'émission due aux rayons X, montre que la courbe de déclin de cette nouvelle phosphorescence en fonction du temps présente la même allure que la courbe relative au phénomène primaire. Les vitesses de décroissance sont les mêmes, mais la durée de l'émission est dix fois plus faible environ.

Si l'on étudie l'intensité de cette phosphorescence en fonction du temps d'irradiation aux U. V. on obtient une courbe présentant un maximum.

Des expériences analogues effectuées avec du KCl ont conduit à des résultats identiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les nitro-7 et les amino-7 coumarines*. Note (*) de MM. **David Libermann, André Desnoës** et **Louis Hengl**, présentée par M. Marcel Delépine.

La préparation des nitro-7, amino-7 et nitro-7 acétyl-3 hydroxy-4 coumarines est décrite. L'acide nitro-4 hydroxy-2 cinnamique est obtenu à partir du dérivé acétylé formé en même temps que la nitro-7 coumarine.

Bien que de nombreux dérivés nitrés ou aminés de la coumarine aient déjà été préparés, on n'a pas encore décrit, à notre connaissance, l'amino-7 coumarine. Sa proche parenté avec l'acide *p*-aminosalicylique l'aurait pourtant rendue intéressante.

Il faut chercher les raisons de cette lacune dans l'absence d'une bonne méthode de préparation de l'aldéhyde *p*-nitro-salicylique. Segesser et Calvin ([1]) avaient bien préconisé une synthèse de ce produit à partir du nitro-4 acétoxy-2 toluène, mais elle nous a donné de bien mauvais résultats. Clinton et Laskowski ([2]) ont fait ressortir eux aussi la relative inaccessibilité de l'aldéhyde *p*-nitro-salicylique par cette méthode. Récemment, Bavin et collaborateurs ([3]) ont décrit une méthode d'oxydation du nitro-4 acétoxy-2 toluène. Nous nous sommes servis, après quelques modifications, de cette dernière synthèse pour préparer l'aldéhyde *p*-nitro-salicylique.

La réaction de Perkin appliquée à cet aldéhyde donne la nitro-7 coumarine avec un rendement de 58 %. En même temps, il se forme une petite quantité d'acide trans nitro-4 acétoxy-2 cinnamique qui, par saponification, se transforme en acide nitro-4 hydroxy-2 cinnamique.

(*) Séance du 16 mai 1951.

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 825.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3602.

([3]) *J. Pharm. et Pharmac.*, 2, 1950, p. 764.

Étant donné la forte activité bactériostatique de l'acétyl-3 hydroxy-4 coumarine ([4]), trop toxique malheureusement pour l'usage clinique, nous avons voulu préparer son dérivé 7-nitré. Nous y sommes parvenus en appliquant la méthode d'Anschütz ([5]) au chlorure de l'acide nitro-4 acétoxy-2 benzoïque.

*Aldéhyde p-nitro-salicylique* ($C_7H_5O_4N$). — On ajoute peu à peu, en agitant et en refroidissant, 96 cm³ d'acide sulfurique concentré à 600 cm³ d'anhydride acétique. On additionne le tout de 31,3 g de nitro-4 hydroxy-2 toluène et on agite 1 h. On ajoute 600 cm³ d'acide acétique, on refroidit à 0° et on introduit peu à peu 112 g d'anhydride chromique. On agite encore 3 h entre 5 et 10° et on coule dans 5 l d'eau glacée. Le précipité est essoré, lavé à l'eau et séché. On obtient 22 à 24 g de triacétate de 4-nitro-salicyl aldéhyde. Le triacétate est hydrolysé suivant la technique de Bavin ([3]).

*Nitro-7 coumarine* ($C_9H_5O_4N$). — On chauffe 3 h au reflux 12 g d'aldéhyde nitro-4 salicylique, 18 g d'acétate de sodium anhydre et 27 g d'anhydride acétique. On coule dans un mortier, on réduit la masse en pâte, on essore et on lave avec de petites quantités d'anhydride acétique, puis à l'eau. On traite au $CO_3Na_2$ dilué qui dissout l'acide coumarique formé. On essore et on lave à l'eau. Le produit est chauffé 2 h au reflux avec 13 g de $CO_3Na_2$ et 320 cm³ d'eau. On filtre à chaud et on précipite à chaud par ClH. On essore après refroidissement et on recristallise dans 300 cm³ d'acide acétique à 50 %. Cristaux chamois. F 196-198°. Rdt 8 g. Une nouvelle cristallisation donne un produit fondant à 198-200°.

*Analyse.* — Trouvé % : C 56,07, 56,14; H 2,68, 2,79 au lieu de C 56,54; H 2,61 calculé.

*Acide nitro-4 acétoxy-2 cinnamique* (*trans*) ($C_{11}H_9O_6N$). — La solution de carbonate qui a servi à laver la coumarine brute est acidifiée par ClH dilué. On obtient un précipité jaune pâle qui, recristallisé dans le dioxanne à 50 %, fond à 196°. Rdt 1 g (5 %).

*Analyse.* — Trouvé % : C 52,75, 52,48; H 3,84, 3,95; N 5,83, 6,05 au lieu de C 52,66, H 3,58, N 5,57 calculé.

*Acide nitro-4 hydroxy-2 cinnamique* (*trans*) ($C_9H_7O_5N$). — 1 g de l'acide précédent est chauffé 1 heure avec 1 g de $CO_3Na_2$ et 20 cm³ d'eau. On filtre et l'on précipite par ClH dilué. Après décoloration au noir animal et recristallisation dans l'alcool à 50 %, on obtient de fins cristaux jaunes, se décomposant à 267° (bloc). Rdt 0,5 g (60 %).

*Analyse.* — Trouvé % : C 51,07, 50,89; H 3,55, 3,71; N 6,83, 6,90 au lieu de C 51,16, H 3,35, N 6,70 calculé.

*Amino-7 coumarine* ($C_9H_7O_2N$). — A une suspension de 8 g de poudre de fer dans 130 cm³ d'eau contenant 1,3 g de $ClNH_4$ et maintenue à 80-90°, on ajoute peu à peu 4 g de nitro-7 coumarine. On agite encore 3 h à 90-100°, on laisse refroidir et l'on essore. On épuise le fer au Soxhlet avec 150 cm³ d'acétone. L'acétone est chassée et le résidu recristallisé dans l'alcool. Rdt 2,5 g (74 %). F 205-206°. Aiguilles jaunes. Les solutions présentent une vive fluorescence bleue.

*Analyse.* — Trouvé % : C 66,81, 67,06; H 4,36, 4,25; N 8,64, 8,58 au lieu de C 67,08, H 4,34, N 8,69 calculé.

*Nitro-7 acétyl-3 hydroxy-4 coumarine* ($C_{11}H_7O_6N$). — On ajoute 5,7 g d'acétylacétate d'éthyle dissous dans 30 cm³ d'éther à une solution d'alcoolate de sodium, préparée à partir de 1,05 g de sodium et de 20 cm³ d'alcool absolu dans 30 cm³ d'éther. On introduit

([4]) Ukita, Nojima et Matsumoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 5143.

([5]) *Ann. Chem.*, **367**, 1909, p. 169.

dans ce mélange une solution de 10 g de chlorure d'acide acétyl-*p*-nitro-salicylique dans un mélange de benzène et d'éther et l'on chauffe au reflux pendant 1 h. On ajoute alors une nouvelle portion d'alcoolate de sodium préparé de la même façon à partir de 1,05 g de sodium et l'on chauffe encore 3 h. On essore et on lave à l'éther. Le produit est mis en suspension dans l'eau et acidifié à l'acide acétique. On essore, on lave à l'eau et l'on recristallise dans le dioxanne. F 201°.

*Analyse.* — Trouvé % : N 5,59, 5,51 au lieu de 5,62 calculé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Améliorations du rendement et schémas réactionnels dans quelques réductions et réactions de composés carbonylés avec les métaux.* Note (*) de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action de l'acétone ou de l'oxyde de mésityle sur le sodium, de même que la réduction de l'acroléine par le magnésium et l'acide acétique donnent, en grande proportion, des produits de condensation élevée, mal définis [1].

Dans ces deux réactions le mécanisme s'effectue à la surface du métal, et les molécules très polaires, comme celles étudiées, se rassemblent et s'orientent sur le solide. Les produits intermédiaires très réactifs qui prennent naissance peuvent alors réagir soit entre eux, soit avec des molécules voisines. Si la surface est très grande, presque toutes les molécules seront fixées sur celle-ci, la réaction a lieu entre les produits intermédiaires très actifs, et pourra donner des polymères. Si la surface est plus réduite, le film superficiel sera composé de plusieurs molécules et l'action pourra avoir lieu entre le produit intermédiaire et des molécules n'ayant pas réagi.

C'est ainsi que semblent s'expliquer les résultats suivants : l'acétone, l'oxyde de mésityle réagissent sur le sodium dispersé dans le toluène ou le xylène selon le procédé Hansley [2] en donnant jusqu'à 40 % de produits de condensation élevée mal définis; en introduisant, au contraire le sodium progressivement, et en évitant sa dispersion, la proportion de résine est faible. Il en est de même dans la réduction de l'acroléine par le magnésium en présence d'acide acétique; c'est en introduisant le métal très progressivement que la proportion de produits élevés est diminuée.

Pour changer la nature des composés obtenus, il est nécessaire que le rapport surface-concentration puisse être modifié considérablement; ceci est possible dans les réactions envisagées qui sont assez violentes; les transformations modérées n'ont guère donné de résultats en changeant de mode opératoire; les films superficiels sont sans doute moins denses.

Les schémas réactionnels dépendent du réactant; dans le cas de l'acétone

(*) Séance du 21 mai 1951.

(1) Glacet, *Ann. Chim.*, (12), 2, 1947, p. 293.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2303.

on peut supposer avec Freer ([3]), qu'il y a d'abord substitution donnant le dérivé sodé $CH_2{=}C{-}CH_3$; celui-ci se condense avec une autre molécule

pour donner l'oxyde de mésityle; ce dernier ou l'acétone conduit au même produit de condensation, l'isophorone ([4]).

Nous voyons que la condensation se fait bien avec une autre molécule d'acétone; la polymérisation semble devoir se faire au contraire par polymérisation du composé vinylique $CH_2{=}C{-}CH_3$.

Toutes les cétones comportant le groupement $-CO-CH_3$ donnent un produit analogue à l'isophorone; il y a lieu de supposer que les hydrogènes du groupement méthyle, par suite de l'hyperconjugaison ([5]), sont particulièrement mobiles, et conduisent à des produits de substitution comme le dérivé de Freer; les réactions de condensations ultérieures doivent ensuite être du même type. Cette hyperconjugaison se traduit aussi par une augmentation du moment dipolaire, elle doit donc favoriser l'orientation des molécules à la surface des métaux, donc le mécanisme envisagé.

GÉOLOGIE. — *Sur le littoral Ouest de la pointe de Beauduc* (*delta du Rhône*). Note (*) de Mme **Lucien Razavet**, née **Christiane Duboul**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La plaine de Beauduc est formée de terrains récents constitués de la manière suivante : la sédimentation littorale, très active dans la région, donne naissance à une série de cordons littoraux emboîtés les uns dans les autres, les plus récents étant les plus externes. Entre eux subsistent des lagunes peu profondes, vite comblées par une sédimentation sablo-vaseuse résultant à la fois de troubles déposés par les eaux et d'apports éoliens.

Le rivage Ouest actuel est une ancienne flèche littorale atterrie, plus ou moins plate. En bordure de la mer se construisent par endroits des dunes mouvantes de petites dimensions, barkhanes et surtout nekbas (dunes longitudinales) dont l'existence éphémère est à la merci d'une saute de vent qui peut les disperser sans en laisser de traces. Plus haut, on voit d'abord s'implanter une timide végétation halophile (*Salicornia macrostachya*) favorisant la formation de petites dunes longitudinales embryonnaires un peu plus stables; cet édifice peut être submergé et détruit lors

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 19, 1897, p. 878.

([4]) *Voir* Note suivante.

([5]) *Voir* par exemple : Crawford, *Hyperconjugation* (*Quarterly Review*, 3, 1949, p. 226).

(*) Séance du 21 mai 1951.

des tempêtes de Sud-Ouest, mais il se reconstitue et s'accroît très vite lorsque les conditions météorologiques redeviennent favorables. Au bout d'un certain temps, et d'abord dans la région d'origine de la flèche, grâce à la résistance à l'ensevelissement des *salicornia*, le système dunaire embryonnaire a tendance à se stabiliser et est ultérieurement fixé par *Ammophila* et *Agropyrum*. Ainsi se constituent des cordons de dunes ou *montilles*, limitant une dépression lagunaire bordée vers l'intérieur des terres par une autre ligne de *montilles*, installées sur un cordon lagunaire ancien, plus ou moins étalé par le vent. Très souvent quand la dépression lagunaire est à peu près comblée, les systèmes dunaires tendent à l'envahir par l'étalement, en direction de la côte, de la ligne de montilles qui la limite sur son bord continental.

Ces systèmes dunaires longitudinaux par rapport au vent dominant (mistral) se différencient des dunes ordinaires de plages (dunes transversales) par une granulométrie plus monodispersée. Ils passent peu à peu vers l'intérieur à des formations dunaires cohérentes plus évoluées.

Corrélativement, les lagunes se transforment plus ou moins rapidement en vastes plaines salées et dénudées, les *sansouires*, parsemées par place de touffes de salicornes (l'engane) et soumises pendant l'hiver à une inondation souvent totale et de durée variable selon le régime des pluies et des vents. Elles se remblaient lentement suivant des mécanismes sédimentaires variables avec les saisons. En hiver, alors que les eaux sont très élevées, toutes ces dépressions communiquent plus ou moins entre elles et un apport important de sédiments peut provenir du déversement des étangs inférieurs, qui, sous l'influence des vents du nord, refoulent leurs eaux à travers le « pertuis de la Comtesse » vers les lagunes du Sud. Les éléments fins en suspension se déposent au centre des lagunes accompagnés d'une grande quantité de matériaux éoliens arrachés aux dunes voisines. En été, au contraire, la sédimentation éolienne domine, surtout dans les dépressions asséchées où peuvent même s'installer des dunes.

Bien que les systèmes dunaires puissent parfois déborder l'emplacement des anciens cordons littoraux sur lesquels ils ont pris naissance, ils ne paraissent pas subir de déplacements transversaux importants, ce qui tient sans doute à ce que ce sont des systèmes longitudinaux orientés Nord-Est-Sud-Est dans le lit des vents dominants. Leur absence en dehors d'une bande relativement étroite, contiguë au littoral et correspondant à un terrain récemment gagné sur la mer, donne à penser que des systèmes dunaires plus anciens sans doute établis en arrière de ceux que nous connaissons sont disparus sous l'effet de l'ablation éolienne (faute d'une alimentation suffisante).

Le régime sédimentaire que nous venons d'étudier à dû être celui de beaucoup de plaines maritimes.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la nature métamorphique des Serpentines de la Kabylie de Collo (Algérie).* Note (*) de M. **Marcel Roubault**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le problème d'une origine métamorphique possible des roches hyperbasiques, déjà abordé en 1911 par M. Longchambon ([1]), puis par R. Perrin et l'auteur ([2]) a été repris au cours de ces récentes années; dans deux Mémoires relatifs à des massifs importants, classiquement décrits comme d'origine magmatique, J. Avias pour la Nouvelle-Calédonie centrale ([3]) et S. Van Biljon pour la région du Bushweld (Afrique Australe) ([4]) ont opté pour une origine métamorphique des roches étudiées.

Ces derniers travaux m'ont incité à reprendre récemment l'étude du massif de Serpentine situé dans le secteur Nord-Est de la Kabylie de Collo (Département de Constantine, Algérie). Les recherches nouvelles ont essentiellement porté sur le flanc occidental de la Baie des Beni Saïd, le long du sentier qui relie la Zeriba des Beni-Saïd à la Baie de Tamanart.

Elles ont abouti à l'observation des faits nouveaux suivants :

1° L'importance des bancs de calcaires dolomitiques jaunes et spathiques déjà signalés et intercalés de façon isoclinale dans la serpentine est encore plus grande que les descriptions antérieures ne le laissaient supposer.

2° Il est bien exact que certains de ces bancs sont séparés de la serpentine massive par une zone laminée intéressant d'ailleurs la serpentine autant que le calcaire jaune. Mais en outre, à 300 m au Sud de l'extrémité méridionale de la masse principale, j'ai observé, sur le bord du sentier et en pleine masse de serpentine, un banc d'une puissance d'environ 2 m qui montre, du toit au mur et sans aucune interruption dans la masse, *le passage continu* d'une serpentine verte, à veinules claires caractéristiques, à la dolomie massive exclusive de toute serpentine. Ce banc ne présente aucune trace d'action dynamique.

De la dolomie à la serpentine pure, la transition se fait par apparition progressive de taches vertes de serpentine de plus en plus abondantes. La nature sédimentaire du banc ne peut être mise en doute; il plonge de 50-60° Nord, 20° Est. Au mur, il est dégagé et légèrement en surplomb au-dessus du sentier qui le recoupe en un virage. Le sol paraît être en dolomie, mais aucun autre contact avec la serpentine n'est visible en raison

(*) Séance du 21 mai 1951.

([1]) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, **21**, 1910-1911, p. 323-391.

([2]) *Bull. Serv. Carte Géol. Alg.*, 5e série, n° 4, 1939, p. 139.

([3]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, **19**, 1949, p. 439-451.

([4]) *Trans. Géol. Soc. South Afr.*, **52**, 1950, p. 1-175.

du maquis. Au toit, la serpentine est recouverte par un éboulis. La nature des minéraux a été confirmée par un examen au microscope polarisant. Ces observations seront complétées par l'étude de nouvelles sections minces et des analyses chimiques. Mais d'ores et déjà elles permettent d'énoncer des conclusions :

*a.* Les serpentines de la Kabylie de Collo sont des roches métamorphiques et non des roches magmatiques. Le passage continu observé de cette serpentine à la dolomie apporte ainsi une justification à l' « apparente stratification » des blocs et à leur « pendage assez régulier » déjà signalés antérieurement.

*b.* Les enclaves de gneiss, parfois très volumineuses (plusieurs dizaines de mètres) que l'on observe dans tout le massif de serpentine ne représentent probablement en réalité que le souvenir de zones de composition chimique différente dans un grand ensemble atteint par le métamorphisme. La disposition générale des roches a certainement été influencée par des mouvements tectoniques ultérieurs; il est en outre permis de se demander si les propriétés mécaniques de la serpentine, particulièrement friable et apte à servir de « lubrifiant », ne constituent pas une explication de la rareté des contacts non écrasés entre cette roche et des roches plus dures.

*c.* Dans le métamorphisme de la dolomie, la serpentine semble apparaître la première; je n'ai pas observé d'olivine. Cette constatation suggère la possibilité de renverser, au moins localement, l'ordre des transformations admises dans l'hypothèse d'une origine magmatique des péridotites elles-mêmes transformées ultérieurement en serpentine. L'olivine et la bronzite seraient au contraire le résultat ultime d'une transformation métamorphique de la serpentine, cette dernière provenant elle-même de la transformation d'une dolomie. Cette succession, déjà envisagée par J. Avias à propos de la Nouvelle-Calédonie, n'est pas invraisemblable dans le cas de certaines roches de la Kabylie de Collo; elle expliquerait en particulier la rareté des échantillons dans lesquelles on peut observer nettement l'olivine et les pyroxènes.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur un horizon à galets de dolomie fossilifère dans le Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges.* Note de M. **Louis Grauvogel**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Je signale la présence, dans le tiers inférieur du Grès à *Voltzia* (Trias Inférieur) de la région de Saverne, d'un niveau contenant des *galets de dolomie à fossiles marins.*

Ces galets sont en grande majorité plats; les deux faces parallèles planes, couvertes de coquilles marines convexes sur une face et concaves sur l'autre, correspondent à la stratification d'origine : ce sont des morceaux

de dolomie arrachés à des couches parfaitement litées. Ils sont arrondis sur les bords, peu ou presque pas roulés, surtout les gros. Leurs dimensions varient de la taille d'un pois à celles d'une dalle à contours arrondis de 20 à 60 cm de diamètre, parfois même plus, et de 4 à 15 cm d'épaisseur à peu près uniforme pour un échantillon. Sur la tranche l'alternance de couches de duretés différentes fait ressortir des moulures parallèles saillantes et rentrantes, évidemment sculptées par la force du sable en suspension dans l'eau (ou dans le vent ?). Ce sable a donné le grès qui entoure actuellement ces galets.

Sur cassure fraîche ils sont d'un magnifique rouge vif ou rouge brique (dans les grès rouges) ou d'un magnifique rose vif (dans les grès rosés) ou bien d'un jaune paille ou gris (dans les grès blancs ou gris). Ils sont formés de grains de quartz roulés très fins, incolores, enrobés dans une pâte de dolomie très dure, colorée, plus ou moins cristalline. Il y a des cassures ressoudées par de la dolomie cristallisée incolore et qui ne se prolongent pas dans le grès : la dolomie aurait donc cristallisé avant l'érosion qui en a fait des galets.

Le fait le plus intéressant, du point de vue paléontologique et stratigraphique, est leur richesse en fossiles marins. La plupart des galets contiennent des quantités énormes d'empreintes de mollusques bivalves semblables à celles du grès coquiller de la base du Muschelkalk inférieur, les Myophories en plus petite quantité. *Toutes les coquilles sont petites*, toutes les valves sont dissociées, couchées, orientées toutes avec leur convexité du même côté en lits parallèles. Ainsi des gros galets de 12 à 15 cm d'épaisseur montrent 4 ou 5 lits distincts.

Ces galets, surtout par leur grande taille, leur contour peu usé, leurs surfaces planes avec coquilles encore en relief nettes et leur gisement souvent sur un même niveau, donnent l'impression qu'ils ont été formés au voisinage immédiat ou sur l'emplacement même où la dolomie fossilifère s'était déposée.

Je n'ai pas trouvé de fossiles marins dans les grès qui entourent ces galets. Il y en a cependant beaucoup dans le grès coquiller du Muschelkalk inférieur, bien au-dessus de ces assises du grès à *Voltzia*.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observation d'échos de radar provenant d'une région sans nuages*. Note (*) de M. **Jean Broc**, transmise par M. Jules Rouch.

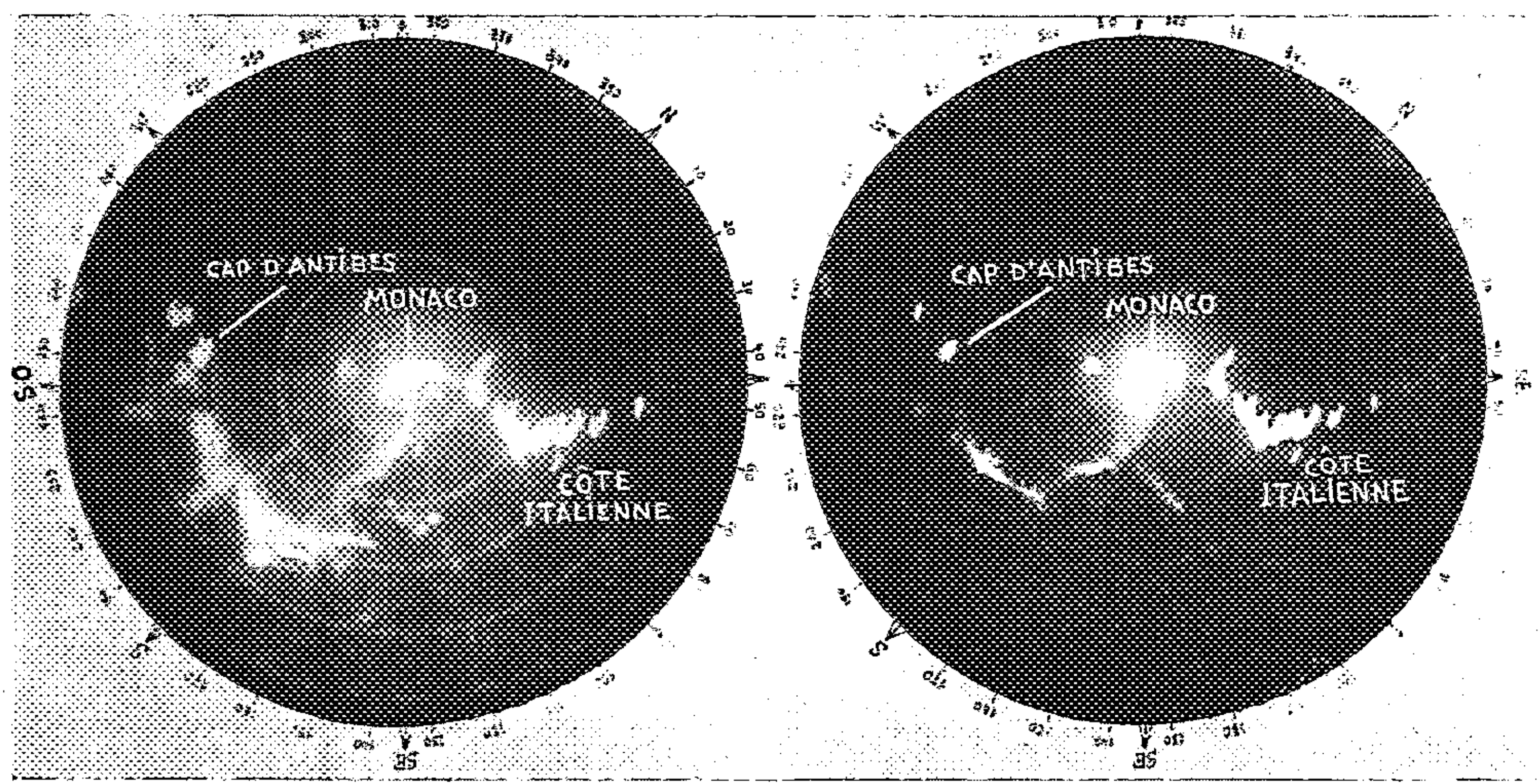
Le 20 mars 1951, il a été observé avec le radar du Musée Océanographique de Monaco, des échos en provenance de couches basses de l'atmo-

---

(*) Séance du 21 mai 1951.

sphère, sans qu'il soit possible de les rapporter à des nuages ou à d'autres phénomènes météorologiques visibles à l'emplacement des échos.

Le radar utilisé fonctionne sur 3,2 cm de longueur d'onde, avec une puissance de 30 kW crête, des impulsions de 0,5 μs se répétant 1200 fois par seconde ou de 1 μs se répétant 500 fois par seconde, et un faisceau rayonné de forme conique de 3° d'ouverture. Cet appareil est utilisé depuis novembre 1950 à des observations quotidiennes d'échos sur les précipitations et les nuages.




Photographie n° 1. 15 h 37 T. U. le 20-3-51.

Photographie n° 2. 16 h 18 T. U. le 20-3-51.

Deux des photographies de l'écran panoramique le 20 mars 1951.

Cercles espacés de 5 milles marins.

Les échos particuliers du 20 mars ont été observés de 13 h 10 mn à 17 h T. U. Ils ont pris naissance en mer à 20 milles marins de Monaco entre l'Est et le Sud-Est puis ils se sont reformés continuellement de plus en plus vers le Sud-Ouest, se rapprochant ainsi du Cap d'Antibes, mais en restant à une distance comprise entre 15 et 20 milles de Monaco. Ces échos, vus sur l'écran panoramique avaient tantôt la forme de rubans sinueux de 1 à 2 milles de largeur (photographie n° 2) tantôt une forme d'amas floconneux (photographie n° 1) qui est souvent celle des échos sur les précipitations. Ils provenaient de couches très basses de l'atmosphère, certainement au-dessous de 1000 m. Leur intensité maximum était de l'ordre de $5.10^{-10}$ W. Ils ne subissaient aucun changement lorsqu'on changeait la durée et la fréquence des impulsions. Dans l'ensemble ces échos avaient le même aspect que celui d'une précipitation de moyenne importance.

Cependant, aucun nuage n'était visible à l'emplacement de ces échos. Un banc d'alto-cumulus s'était bien développé à peu près en même temps que les échos et ces nuages ont été photographiés au cours de leur évolution, mais en confrontant nos observations avec celles des stations météorologiques de Nice, de Cannes et du Cap d'Antibes il a été possible d'acquérir la certitude que ce banc était en réalité à 10 milles au Sud de la zone d'où venaient les échos. De plus, de 15 h 30 mn à 17 h T. U., les échos ont été observés au voisinage immédiat du Cap d'Antibes (photographie n° 1). Cette station, alertée aussitôt par téléphone n'a observé pendant ce laps de temps, aucun nuage à moins de 10 milles de distance; le ciel y était clair et ensoleillé, la mer calme.

M. Barbé, Ingénieur en chef de la Météorologie Nationale, assistait à ces observations.

Au point de vue météorologique, la région de Nice était placée dans une vallée entre deux anticyclones, l'un de 1030 mb entre l'Espagne et les Açores, l'autre de 1020 mb sur l'Angleterre. L'après-midi du 20 mars les vents étaient d'Ouest et forts sur la côte, de Marseille à Saint-Raphaël, ils faiblissaient brusquement entre Saint-Raphaël et Antibes; à Monaco le vent était d'Est très faible. Une dépression très légère de 1008 mb existait au sol, centrée à 20 milles au Sud-Est de Monaco, elle disparaissait en altitude où existait à 3 000 m un front occlus à caractère de front froid.

Nous avons eu connaissance postérieurement à nos observations, que des échos qui semblent du même genre ont été observés en Méditerranée, par le radar de bord d'un avion anglais [1].

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Subsistance des facteurs de floraison à travers une année complète de vie à l'obscurité*. Note de M. PIERRE CHOUARD, présentée par M. Louis Blaringhem.

Chez la Jacinthe des Bois, le bulbe, s'il est gros à l'origine, peut, après avoir poussé et fleuri à l'obscurité totale, refleurir l'année d'après s'il reste encore assez gros, et bien que la plante ait été privée de lumière depuis 22 mois. Cette expérience associe la mise à fleur, chez cette espèce, à la *masse* des réserves, la plupart insolubles, même si elles ont été profondément remaniées en l'absence de tout apport de la photosynthèse.

Pour former leurs ébauches florales, la plupart des plantes doivent recevoir au même moment un éclairement plus ou moins intense, modelé ou non selon le rythme des jours et des nuits. On sait que certaines espèces

(1) Captain H. J. FIELD, *Report to the Ministry of Civil Aviation*, E. K. Cole Ltd, Southend on Sea (Essex), 1950.

cependant, que j'appelle « aphotiques » (¹), sont capables d'élaborer les primordia de leurs fleurs à l'obscurité complète, mais grâce aux substances fabriquées à la lumière durant le cycle de croissance immédiatement antérieur. Telles sont quelques plantes à grosses graines comme les Pois (²) utilisant les substances formées à la lumière par la plante mère et accumulées dans la graine, ou des plantes à tubercules comme les Pommes de terre (²), ou surtout des plantes à bulbe comme la Jacinthe, la Tulipe, etc. (¹).

On peut se demander si la floraison épuise les facteurs de mise à fleurs ainsi accumulés, si elle est tributaire de la photosynthèse accomplie l'année d'avant ? L'expérience suivante permet de répondre à cette question :

Une dizaine de bulbes de Jacinthe des bois [*Endymion nonscriptus* (L.) Garcke], choisis parmi les plus gros, sont prélevés en février 1950, avant que la pousse feuillée sorte de terre. Ces bulbes, replantés en pots, sont disposés, dans un sous-sol sombre, à l'intérieur d'une caisse métallique, dans une obscurité totale. Dans cette situation, les feuilles puis les hampes florales ne tardent pas à pousser, mais dans un état d'étiolement absolu; les fleurs, plus pâles, s'épanouissent, puis tout l'appareil aérien se flétrit et pourrit sur place sans avoir vu la lumière, laissant dans le sol des bulbes devenus plus petits. Remis en février 1951, en plein air, les bulbes ainsi traités ont cependant repoussé normalement. La plupart, devenus trop petits, ne fleurissent pas, mais deux d'entre eux, demeurés plus gros, viennent de fournir chacun une hampe florale bien constituée.

Pour comprendre la signification de cette expérience, il faut savoir que, chez les bulbes considérés, dans les conditions naturelles, la mise à fleur se produit toujours si le bulbe dépasse un peu une taille critique propre à l'espèce envisagée; elle n'a jamais lieu si le bulbe est un peu plus petit que cette taille. Au printemps, chez *Endymion*, les feuilles poussent en vidant totalement les tuniques du bulbe de leurs substances. Puis, grâce à leur activité de photosynthèse, les feuilles renvoient de nouvelles réserves dans leurs propres bases qui se constituent en tuniques tubérisées remplaçant totalement l'ancien bulbe. Les ébauches florales s'élaborent en été aux dépens de ces réserves tout récemment accumulées (³). Dans l'expérience réalisée ici, les feuilles, complètement étiolées au printemps de 1950, à l'obscurité, ont renvoyé, avant de mourir, une partie de leur substance s'accumuler dans les nouvelles tuniques tubérisées formées par leurs bases. Un nouveau bulbe s'est ainsi constitué, plus petit que le précédent de tout ce qui avait été perdu par la croissance et la respiration des feuilles et des fleurs, sans aucune récupération par photosynthèse. Il a suffi que quelques-

(¹) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 96 (*Mémoires* 1949), 1950, p. 106-146; et références citées dans ce Mémoire.

(²) A. C. Léopold *Plant Physiol*,, 24, 1949, p. 530-533.

(³) P. Chouard *Thèse*, Paris, 1930, et *Ann. Sc. Nat. Bot.*, série 10, 13, 1931, p. 131-323.

uns se soient reformés un peu au-dessus de la taille critique pour être encore capables de fleurir normalement en 1951 malgré l'absence de lumière en 1950.

Les facteurs de tous ordres nécessaires à la mise à fleur, trophiques et hormonaux, connus et inconnus, qui avaient été accumulés grâce à la photosynthèse en 1949 et auparavant, ont pu subsister à travers tout le cycle de croissance et de floraison de l'année 1950, sans aucun apport nouveau de lumière et malgré les remaniements considérables que représente un transfert total depuis les vieilles tuniques jusque dans les nouvelles feuilles et une réaccumulation dans la base ultérieurement tubérisée de ces feuilles. Cette expérience préliminaire indique que la *loi qui fait ici dépendre la floraison de la masse des matières disponibles* reste vraie, même après un épuisement partiel et un remaniement total des substances de réserve. Pourtant il n'y a pas de différence sensible de concentration actuelle en substances solubles entre bulbes supérieurs et inférieurs à la taille critique. Cette singulière *action de la masse des matériaux disponibles*, matériaux pourtant la plupart insolubles et sujets à une lente lyse diastasique, déjà notée par les jardiniers et rappelée par Blaauw (4) pour la floraison de bien des bulbes, est à rapprocher de l'observation que M. Georges Tessier et moi-même (5) avions faite sur la proportionalité de la vitesse de croissance des plantules de melons à la masse totale des réserves laissées à l'origine dans la graine. Sans exclure l'hypothèse de substances organo-formatives de type hormonal, la présente expérience suggère que, dans le cas des plantes aphotiques, ces substances et en tout cas les facteurs de floraison quels qu'ils soient, dépendent de la masse de matières disponibles plutôt que de la manière dont cette masse a été accumulée ou remaniée.

ÉCOLOGIE. — *Origine des substances toxiques du sol des associations sans thérophytes du Rosmarino-Ericion.* Note (*) de M. **Gabriel Deleuil**, transmise par M. Louis Emberger.

Faits nouveaux montrant que dans les associations du Rosmarino-Ericion l'absence de thérophytes est due à des sécrétions toxiques de certaines espèces, et non aux qualités physico-chimiques du sol. Il y a parallélisme entre le degré de toxicité et la qualité phytosociologique des espèces, les plus toxiques étant les plus caractéristiques des associations. Les carbonates terreux accentuent la toxicité de la substance excrétée par les racines.

Nous avons vu dans une précédente Note (1) que les sols des Associa-

(4) *Nederl. Akad. v. Wetensch. Proceed.*, **44**, 1941, p. 514-520, 684-689.
(5) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1976.

(*) Séance du 21 mai 1951.
(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1362.

tions du Rosmarino-Ericion contiennent des substances toxiques solubles dans l'eau, s'opposant au développement des thérophytes.

Si au lieu d'utiliser, comme eau d'arrosage, les eaux de lessivage du sol, l'on se sert d'eaux dans lesquelles on fait macérer, puis on broie, des racines d'espèces caractéristiques du Rosmarino-Ericion (par exemple : *Erica multiflora*, *Helianthemum lavandulæfolium*, *Globularia Alypum*, *Rosmarinus officinalis*, etc.), on observe des phénomènes identiques à ceux que nous avons observés en utilisant l'eau de lessivage : les graines de thérophytes germent, mais les plantules ne tardent pas à mourir.

De même, si l'on fait germer sur milieu gélosé les graines de ces espèces caractéristiques en mélange avec des graines de thérophytes, l'ensemble étant uniformément arrosé d'eau ordinaire, on constate que toutes les plantules d'annuelles dépérissent et meurent, alors que les autres poursuivent normalement leur croissance.

Nous pouvons en conclure que les racines des espèces caractéristiques du Rosmarino-Ericion excrètent une substance toxique, et que celle-ci est la cause de la toxicité des sols habités par ces associations et de l'élimination des thérophytes.

Nous avons remarqué que le degré de toxicité des espèces précitées n'est pas identique chez toutes et que les espèces phytosociologiquement les plus caractéristiques sont les plus toxiques. L'ordre de toxicité décroissante est le suivant : *Erica multiflora*, *Lithospermum fruticosum*, *Helianthemum lavandulæfolium*, *Andropogon pubescens*, *Globularia Alypum*, *Stæhelina dubia*, *Linum glandulosum*, *Rosmarinus officinalis*.

L'action toxique de la substance sécrétée par une même espèce varie avec la teneur en carbonates terreux du sol. Elle est d'autant plus forte que la teneur en carbonates est plus élevée, mais ces substances accentuent seulement la toxicité, qui est une propriété liée aux espèces végétales. Si l'on opère, par exemple, avec du sable siliceux pur, l'action toxique continue à se manifester, le temps écoulé entre l'apparition des premiers signes de dépérissement et la mort de la plantule étant simplement plus long que dans le cas des terres riches en carbonates terreux.

Enfin, la toxicité des sols du Rosmarino-Ericion disparaît, si l'on chauffe la terre au delà de 50°, la substance toxique étant détruite par la chaleur, ou si l'on soumet le sol à des lessivages successifs. Dans une terre débarrassée ainsi de ses substances toxiques, les graines de thérophytes germent et donnent des individus qui se développent et fructifient normalement.

Ces expériences confirment que la composition physico-chimique des terres occupées par le Rosmarino-Ericion n'est pas un obstacle au développement des thérophytes et que l'absence de représentants de ce type biologique est due à des phénomènes de télétoxie (G. Bertrand).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition des algues des Iles Kerguelen,* Macrocystis pyrifera *(L.) Ag et* Durvillæa antartica *(Cham) Hariot.* Note de M. **Charles Sannié**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une Note précédente, nous avons exposé les résultats des analyses faites sur des échantillons desséchés de *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag recueillis au début de janvier 1950 par la mission française aux îles Kerguelen, dirigée par le Commandant Sicaut. Cette mission nous ayant apporté à son retour en France de nouveaux échantillons recueillis au début de l'automne austral, nous avons pu comparer la composition de ces algues à la fin du printemps et au début de l'automne.

Les échantillons de *Macrocystis pyrifera* qui nous ont été adressés en dernier lieu n'avaient pas été desséchés à l'air comme les premiers, mais placés en baril dans une saumure assez concentrée pour qu'aucune fermentation ne put se produire. Effectivement, les algues retirées du baril et débarrassées de l'excès de saumure ont toute l'apparence d'algues fraîches. Mais il est évident qu'une diffusion des sels a dû se produire, et qu'ainsi la composition minérale des algues a été plus ou moins modifiée.

En même temps que les *Macrocystis*, nous avons reçu des spécimens desséchés à l'air d'une autre algue de très grande taille qui accompagne la première dans les anses du rivage des îles. Ils se présentent sous forme d'énormes digitations aplaties, d'environ 3 à 4 cm d'épaisseur dont la longueur doit atteindre plusieurs mètres et dont la largeur dépasse parfois 40 cm. Cette algue a été dentifiée par M. Robert Lami comme étant *Durvillæa antarctica* (Cham) Hariot, algue répandue sur les rivages antarctiques et au sujet de laquelle nous n'avons trouvé aucun renseignement d'ordre chimique. Il nous a donc paru intéressant de déterminer la composition de cette Fucale, et de la comparer à celle de *Macrocystis*, qui se rapproche des Laminaires.

Nous avons utilisé exactement les mêmes techniques que pour nos premières analyses. Mais, avec *Macrocystis*, nous nous sommes heurté à une difficulté qui ne s'était pas rencontrée sur les algues séchées à l'air, et qui tient sans doute à leur conservation dans la saumure. La fine poudre obtenue après avoir séché les algues et les avoir lavées soigneusement à l'eau douce est beaucoup plus hygroscopique que celle obtenue directement avec les échantillons non conservés dans la saumure. Aussi avons-nous dû déterminer l'humidité pour chaque série de dosages faits simultanément, et non une fois pour toutes. En outre, la présence d'un grand excès de sel provenant de la saumure ayant pénétré à l'intérieur des stipes et des flotteurs entraîne un accroissement important des cendres solubles, et surtout du chlore et du sodium, et interdit pour ces organes toute compa-

raison avec les résultats obtenus sur les algues séchées à l'air; elle n'empêche pas cependant de préciser les variations relatives de leurs constituants les uns par rapport aux autres.

La composition chimique des frondes de *Macrocystis* recueillies au début d'avril (correspondant au début de l'automne austral) n'est pas, dans son ensemble, sensiblement différente de celle des algues récoltées à la fin du printemps (fin décembre). Les seuls points à retenir sont un abaissement d'environ 50 % des cendres insolubles, une augmentation de la fucoïdine, qui a presque doublé, l'élévation marquée de la laminarine, et surtout les variations considérables du taux de l'iode, qui a sensiblement doublé dans les frondes, passant de 0,09 à 0,17 %, alors qu'il s'abaisse dans les stipes de 0,23 à 0,02 % et dans les flotteurs de 0,15 à 0,01 %.

Il est possible qu'un tel déséquilibre, dans les stipes et les flotteurs, soit dû au déplacement des iodures par des chlorures, consécutif à l'immersion dans la saumure, puisque cet abaissement ne s'observe pas dans les frondes, mais seulement dans les organes pour lesquels le déséquilibre salin est très important. L'hypothèse d'une variation saisonnière propre à ces organes ne peut cependant pas être absolument exclue.

La composition chimique de *Durvillæa antartica*, desséchée à l'air, est très différente. Le taux de cendres totales ne dépasse pas 25 % du poids sec, les cendres insolubles atteignent 10,8 %, et l'iode 0,28 %. L'acide alginique est beaucoup plus élevé que dans *Macrocystis* (33,1 %) et la laminarine (ou plus exactement un polyoside donnant par hydrolyse un sucre fermentescible) atteint 11,54 %. La quantité de mannitol, que nous avons identifié et dosé, ne dépasse pas 3,5 %. Enfin, de l'insaponifiable, on peut isoler le fucostérol F 120-122°, $\alpha_{D} = -38,9$.

Si l'utilisation de ces algues comme source d'acide alginique ou d'iode devait être envisagée un jour, il serait donc préférable d'utiliser *Durvillæa antartica* au lieu de *Macrocystis*.

ZOOLOGIE. — *Croissance relative et profils de croissance des péréiopodes du Crustacé Isopode* Sphæroma serratum *Fab.* Note de M[me] **Lucette Potier**, présentée par M. Maurice Caullery.

A partir de la sortie des poches incubatrices jusqu'à la première apparition des différences sexuelles, les Sphéromes (*Sphæroma serratum* Fab.) effectuent six mues : les six premiers âges de la vie constituent une période d'indifférenciation sexuelle. La seconde mue est marquée par l'apparition de l'ébauche de la 7[e] paire de péréiopodes, qui était absente jusque-là, et n'atteint qu'à la 3[e] mue une taille comparable à celle des autres.

La durée des intermues, observée en élevage, augmente au début du

développement : de 15 à 20 jours (à 23°) pour le second âge, elle atteint rapidement 30 à 40 jours au cours des mues suivantes.

Le rapport d'accroissement lors d'une mue décroît à partir d'un maximum correspondant à la seconde mue. L'apparition des différences sexuelles à la 6e mue paraît se traduire par une diminution brusque de ce rapport.

*Croissance relative des péréiopodes.* — L'étude de la croissance relative de la longueur totale des péréiopodes, en fonction de l'écartement des yeux pris comme dimension de référence, montre, pour les péréiopodes des 2e, 3e, 4e, 5e et 6e paires, l'existence de deux phases successives :

La 1re phase, comprenant les deux premiers âges, est caractérisée par une allométrie négative : les appendices thoraciques s'allongent moins rapidement que l'ensemble du corps. A partir de la 3e mue, l'allométrie devient positive, les pattes s'allongent plus rapidement. Le taux d'hétérauxèse est sensiblement le même dans les six premières paires de péréiopodes.

Ce remarquable changement d'allure dans la croissance relative après la seconde mue coïncide avec l'apparition de l'ébauche du péréiopode de la 7e paire. Il existe peut-être un rapport de causalité morphogénétique entre les deux phénomènes.

Quant à l'allongement du péréiopode de la 7e paire, étudié de la même façon, il est très rapide durant le 3e âge, qui suit immédiatement son apparition : le coefficient d'hétérauxèse $\alpha = 1,48$. Après la 3e mue, ce taux s'abaisse brusquement et prend une valeur voisine de ceux des autres péréiopodes.

*Profils de croissance des péréiopodes.* — La croissance relative des divers articles des péréiopodes a été définie par l'étude des relations allométriques liant la longueur de chaque article à la longueur totale de la patte, calculée, comme précédemment, par addition des longueurs des articles mesurées directement.

Il est nécessaire, pour la plupart des péréiopodes, de faire intervenir deux relations allométriques successives. Le passage de l'une à l'autre, qui se traduit par une modification du « profil de croissance » de l'appendice, s'effectue, dans tous les cas, semble-t-il, à la 3e mue. Pour les péréiopodes de la 7e paire, ce changement de profil coïncide avec la variation du taux de croissance relative de l'appendice envisagé dans son ensemble. Pour les autres péréiopodes, le changement de profil est postérieur au changement du taux d'allongement global décrit ci-dessus.

A chaque moment, la série des taux d'hétérauxèse des articles successifs dessine un « profil de croissance » de l'appendice. Après le stade critique de la 3e mue, les profils de croissance offrent sensiblement la même allure dans tous les péréiopodes : ils présentent un maximum dans le carpopodite pour les 5e et 6e paires, dans le propodite pour la 7e paire. Ces profils sont

très analogues à ceux qui ont été mis en évidence chez l'Isopode *Asellus aquaticus* par A. E. Needham ([1]) et qui comportent un taux maximum dans le carpopodite pour la 3$^e$ paire, dans le propodite pour les 5$^e$, 6$^e$ et 7$^e$ paires de péréiopodes. Un tel profil à maximum subterminal s'observe également dans la croissance régénératrice ([2]).

Durant la période qui précède la 3$^e$ mue, c'est-à-dire tant que la 7$^e$ paire de péréiopodes n'a pas pris son allure définitive, les profils de croissance des péréiopodes antérieurs sont très différents et presque en tous points inverses de ceux qui viennent d'être décrits : le taux maximum de croissance se situe alors dans le basipodite. Cette modification du profil de croissance est comparable à celle qu'A. Voy ([3]) a mise en évidence dans les pattes de la Blatte orientale, bien qu'elle survienne à un stade beaucoup plus précoce de l'ontogénie.

Chez le Sphérome, ni l'apparition des différences sexuelles, ni la puberté ne semblent introduire de modification notable dans la croissance relative ou les profils de croissance des péréiopodes. Les phénomènes décrits ici paraissent tous liés au retard de développement qui affecte la dernière paire de péréiopodes chez les Isopodes.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une nouvelle anomalie génétique* (*diplopodie*) *chez le Crapaud ordinaire* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons indiqué, dans une Note précédente ([1]), l'intérêt que peut présenter la méthode de gynogenèse pour l'exploration du patrimoine héréditaire chez les Batraciens anoures. Parmi des larves d'origine gynogénétique, nous avions déjà vu apparaître une polydactylie faible (bilobation de l'extrémité de l'orteil I), qui est vraisemblablement en rapport avec l'état homozygote d'un gène récessif ([2]). En poursuivant nos essais, nous avons obtenu, par ce même procédé, une nouvelle anomalie des membres, beaucoup plus prononcée.

La gynogenèse était pratiquée de la façon habituelle : fécondation par sperme irradié de *Rana temporaria* et refroidissement de l'œuf fécondé pour provoquer l'autorégulation chromosomique permettant d'obtenir des larves

---

([1]) *Proc. Zool. Soc. London*, **113**, 1943.

([2]) M. Abeloos et L. Potier, *C. R. Soc. de Biologie*, **144**, 1950, p. 1529.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 207.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2130.

([2]) De même, Chiyoko Tokunaga a vu apparaître, chez *Rana nigromaculata*, parmi des produits de parthénogenèse traumatique, des têtards albinos, dus à l'extériorisation d'un gène récessif d'albinisme porté par la mère.

diploïdes et robustes ([3]). Les femelles de *Bufo* utilisées provenaient du Finistère.

Dans un petit lot de larves (six individus) provenant d'une même femelle, deux se signalèrent précocement par une courbure caractéristique de la queue, en forme de faucille à concavité inférieure, et par la grosseur des bourgeons des membres postérieurs, beaucoup plus saillants et surtout plus évasés que chez l'animal normal. Ces têtards étaient, en outre, comme déséquilibrés et tournaient quelquefois sur eux-mêmes.

Quand leurs pattes postérieures furent bien développées et digitées, elles apparurent nettement atypiques : le membre est court (brachymélie) et le pied est fortement polydactyle, chaque pied présentant *huit orteils*, paraissant disposés en deux groupes, deux orteils longs du côté externe et six très courts du côté interne.

On a l'impression qu'il s'agit, non pas d'une polydactylie de type classique, mais d'un *redoublement partiel du pied*, et cette interprétation se trouve confirmée par l'examen des membres antérieurs.

L'un des têtards périt avant que ceux-ci ne se soient bien formés, mais, des deux côtés, l'ébauche du membre montrait à son extrémité une assez profonde encoche. Quant à l'autre animal, encore vivant et vigoureux, il porte à chacune de ses mains huit doigts plus ou moins individualisés, lesquels, surtout du côté droit, semblent distribués en deux groupes. Les membres antérieurs sont très courts et arqués en dedans. L'animal a peine à se maintenir en position normale et se tient fréquemment couché sur le dos.

Cette anomalie, beaucoup plus accentuée que toutes celles jusqu'ici rencontrées chez le Crapaud, est certainement d'origine génétique, puisqu'elle se manifesta de façon quasi identique chez deux larves issues d'une même femelle; elle est liée très probablement à l'intervention d'un gène récessif, dont la gynogenèse a permis le redoublement.

Elle paraît assez comparable à l'anomalie *diplopodie* que Taylor et Gunns ont signalée chez les poules et qui s'exprime par un redoublement partiel des métatarsiens et des métacarpiens, des doigts antérieurs et des doigts postérieurs, avec raccourcissement des os longs ([4]). La diplopodie se comporte chez les volailles comme une mutation récessive létale. Chez le Crapaud, elle n'est pas létale et paraît même n'entraîner aucune diminution de la vitalité, mais la structure si anormale des membres antérieurs et postérieurs gêne manifestement l'animal, qui, sans doute, ne pourrait, dans la nature, atteindre l'âge adulte.

---

([3]) *Voir* J. Rostand, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 563.

([4]) *J. of Heredity*, 38, 1947, p. 67-76.

Toujours est-il que la diplopodie n'a jamais été signalée chez le Crapaud. Je n'ai observé qu'une fois le redoublement du pied chez cet animal, mais il s'agissait d'une anomalie unilatérale (pied gauche), et les deux pattes antérieures étaient parfaitement normales.

Pour le développement de la Génétique des Batraciens, il serait avantageux d'obtenir des anomalies héréditaires chez des espèces faciles à élever, telles que *Xenopus lævis* : aussi nous proposons-nous d'appliquer à cet animal les méthodes de gynogenèse diploïde qui ont permis, chez le Crapaud, de faire apparaître d'intéressantes mutations.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude chronaximétrique comparative des effets de la cortisone et de la désoxycorticostérone, et leur retentissement sur le système nerveux.* Note (*) de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

Nos études antérieures avaient déjà porté, pour une part, sur l'acétate de désoxycorticostérone de synthèse et nous avaient montré, en particulier, l'effet acidosique de cette substance dont l'action nerveuse est empêchée par une injection alcalogène préalable, alors qu'une injection acidogène reste sans effet. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre et d'amplifier ce travail, en comparant à l'aide de la méthode chronaximétrique les effets de la cortisone et de la désoxycorticostérone, utilisant comme matériel d'essai des produits industriels types et des produits purs, que nous devons à M. T. Reichstein. Dans tous les cas, nos échantillons étaient utilisés en dispersion aqueuse avec adjonction de 10 à 20 % de tween 80, ce qui en facilitait grandement la manipulation. Nous avons cru bon d'en rapprocher les effets de ceux de l'hormone adrénocorticotrope (A. C. T. H.).

*Désoxycorticostérone* (D. O. C.). — La préparation industrielle mise en œuvre était de l'acétate de désoxycorticostérone; le produit pur était la 11-désoxycorticostérone. Les résultats obtenus, dans l'un et l'autre cas, sont absolument superposables.

Les injections sous-cutanées ou intrapéritonéales de 125 γ à 2,5 mg de D. O. C. sont suivies d'effets diphasiques sur le système nerveux, comportant d'abord une excitation avec diminution des chronaxies nerveuses, puis une dépression avec augmentation des mêmes chronaxies. Les mêmes doses présentent une action acidosique marquée, une injection préalable de bicarbonate de sodium inhibe, en effet, le retentissement nerveux de l'injection de D. O. C. A ce pouvoir acidosique se rattache l'antagonisme mis en évidence par la même méthode, entre cette substance

(*) Séance du 7 mai 1951.

et les vitamines alcalogènes, telles que le groupe des vitamines du complexe B, et les hormones alcalosiques, dont l'antéhypophyse est le chef de file.

Nous avons également établi l'antagonisme qui existe entre la D. O. C., l'acétylcholine et l'histamine (mais qui ne se retrouve pas avec l'adrénaline) et qui neutralise les effets chronaxiques anaphylactiques, liés par exemple à une double injection d'ovalbumine.

Ajoutons que, si la D. O. C. ne neutralise pas les effets nerveux d'une absorption ou d'une injection d'alcool éthylique, elle inhibe par contre l'action de ses dérivés métaboliques : acétaldéhyde et acide pyruvique.

*Cortisone.* — Les sources utilisées, de provenance scientifique ou industrielle, étaient toutes deux acétylées et correspondaient, par conséquent, à l'acétate de substance Fa de Reichstein ou de « compound E » de Kendall (11-déhydro-17-oxycorticostérone-acétate).

L'injection de cortisone (aux doses de 125 $\gamma$ à 2,5 mg) n'a, sur le système nerveux, qu'un effet dépressif non précédé d'une phase d'excitation, qui paraît plus prolongé, mais moins brutal, avec les doses faibles qu'avec les doses fortes. A l'inverse de la D. O. C., l'action de la cortisone est empêchée par une injection préalable acidogène de chlorure d'ammonium, tandis qu'une injection alcalogène a un effet majorant. En confirmation de ce pouvoir alcalosique, nous avons noté une neutralisation par les vitamines acidosiques, telles que la vitamine C et une neutralisation par la posthypophyse, alors que les effets nerveux sont, au contraire, exagérés par les vitamines du complexe B et par l'antéhypophyse.

Comme la D. O. C., la cortisone est neutralisée par l'acétylcholine et l'histamine; elle empêche en effet le déclenchement de l'anaphylaxie chronaxique et s'oppose, en outre, à l'adrénaline.

Elle neutralise aussi les effets nerveux des produits du métabolisme de l'alcool (acétaldéhyde et acide pyruvique) et même étend ses effets à l'alcool éthylique.

*Hormone adrénocorticotrope* (A. C. T. H.). — Ayant étudié comparativement la désoxycorticostérone et la cortisone et noté leur comportement vis-à-vis des extraits antéhypophysaires et posthypophysaires, il était intéressant d'en rapprocher les effets de ceux de l'hormone adrénocorticotrope.

Comme l'extrait antéhypophysaire (et comme d'ailleurs toutes les préparations antéhypophysaires), l'A. C. T. H. augmente les chronaxies nerveuses et se trouve neutralisée par une injection acidogène préalable; elle se montre donc alcalosique. Elle est d'ailleurs inhibée dans ses effets nerveux par les vitamines acidosiques.

Par contre, l'A. C. T. H. n'exerce pas d'action empêchante sur la double injection d'ovalbumine et n'apparaît neutralisée ni par l'acétylcholine ni

par l'histamine. A l'opposé de la cortisone et de la D. O. C., elle n'a pas d'effet sur l'anaphylaxie chronaxique.

Cependant, de même que la cortisone, elle inhibe les effets de l'alcool et de ses produits métaboliques (acétaldéhyde et acide pyruvique).

*Conclusions.* — Dans la mesure où il est possible de considérer la désoxycorticostérone comme hormone cortico-surrénale, nos recherches mettent en lumière l'antagonisme qui existe entre cette substance et la cortisone, antagonisme nuancé toutefois, puisqu'il subsiste entre les deux substances des actions communes, telles que la neutralisation des produits métaboliques de l'alcool et des effets nerveux de l'anaphylaxie.

Mais, tandis que la désoxycorticostérone montre une action antialcaline, qui se trouve confirmée par la neutralisation des effets de l'antéhypophyse et du complexe vitaminique B, la cortisone possède vis-à-vis des tissus une action antiacide, inhibant les effets de la posthypophyse et de la vitamine C. Ces oppositions expliquent la complexité des extraits cortico-surrénaux qui se montrent antiacides à faibles doses et antialcalins à doses fortes.

Le rôle de l'hormone adrénocorticotrope se trouve également précisé : cette substance renforce l'action de la cortisone, sans toutefois pouvoir s'y substituer. L'association des deux substances apparaît justifiée dans le traitement des intoxications alcooliques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Caractérisation de la monoiodohistidine et de la diiodothyronine dans la thyroglobuline marquée.* Note de MM. **Jean Roche**, **Serge Lissitzky** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Thyroxine, monoiodotyrosine et diiodotyrosine renferment plus des 9/10 de l'iode de la thyroglobuline; on peut, néanmoins, envisager l'existence dans celle-ci d'autres acides aminés iodés, en particulier monoiodohistidine et diiodothyronine. La première prend naissance lorsque l'histidine réagit avec de petites quantités d'iode (1); nous l'avons caractérisée, avec la diiodohistidine, dans des globines iodées. La seconde n'a pas été mise en évidence jusqu'ici dans des iodoprotéines; sa formation pourrait résulter de la condensation de tyrosine et de diiodotyrosine, selon les modalités donnant naissance à la thyroxine à partir de deux molécules de diiodotyrosine. Nous avons caractérisé la monoiodohistidine et la diiodothyronine dans la thyroglobuline à l'aide de la radiochromatographie (2).

Les thyroïdes de rats (mâles, 150-200 g) ayant reçu en injection sous-cutanée $I^{131}$Na sans entraîneur (1,5 mC par lot de six rats) et sacrifiés 24 h

---

(1) J. Roche, S. Lissitzky, O. Michel et R. Michel, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 357.

(2) Technique radiochromatographique utilisée dans : J. Roche, M. Jutisz, S. Lissitzky et R. Michel, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 723.

après, ont été broyés et extraits par 2 $cm^3$ de ClNa à 0,9 %. L'extrait additionné de 10 mg de trypsine brute (Armour) a été porté à pH 8,5 et placé à 38° C pendant 72 h sous toluène. Les acides aminés iodés libérés ont été caractérisés comme suit.

1. *Monoiodohistidine.* — Les acides aminés et peptides basiques ont été adsorbés sur gel de silice et élués par HCl 0,1 N ([3]). L'éluat a été évaporé sous vide et son résidu, repris par 0,5 $cm^3$ $H_2O$, a été analysé par chromatographie en une et deux dimensions sur papier Whatman n° 1, en utilisant comme solvant un mélange de *n*-butanol (78), acide acétique (5) et eau (17), ou du *n*-butanol saturé par $NH_4OH$ 2N. La radioactivité de chacun des chromatogrammes se localise sur un certain nombre de taches dont l'une présente le Rf de la monoiodohistidine (Rf 0,09-0,11 en butanol acétique, 0,22-0,24 en butanol ammoniacal). On concentre sur papier à partir de 0,20 $cm^3$ d'extrait thyroïdien le constituant ainsi caractérisé, et soumet l'éluat du produit purifié à la chromatographie en une et deux dimensions.

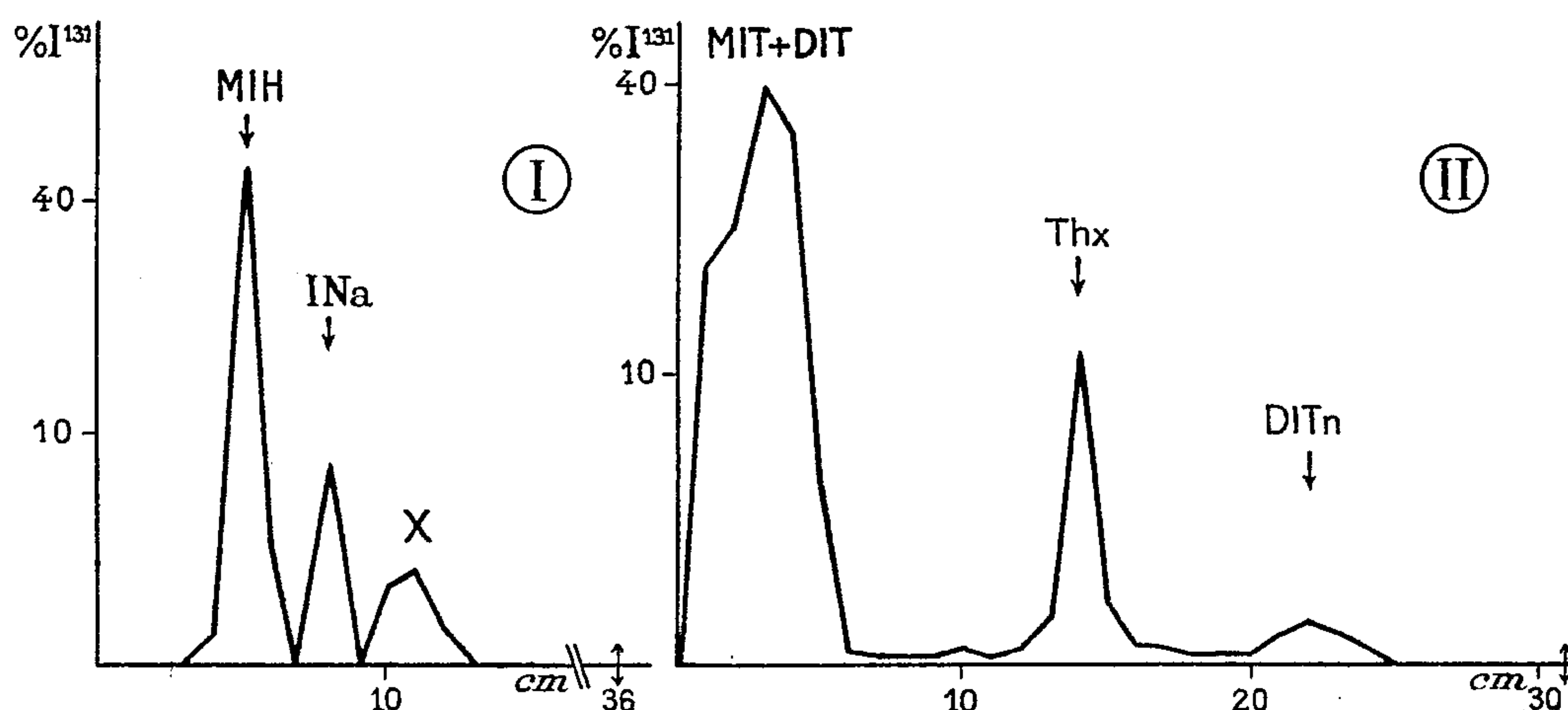



Fig. 1. — Radiochromatogramme illustrant la séparation chromatographique de la monoiodohistidine et de la diiodothyronine à partir des produits de l'hydrolyse enzymatique de la thyroglobuline marquée (Rat). I. Produit de fractionnement de la thyroglobuline renfermant la monoiodohistidine (MIH), des iodures (INa) et un corps radioactif non défini (X); chromatographie en butanol acétique. II. Extrait butanolique (pH 1,0) du protéolysat de la thyroglobuline renfermant de la mono et de la diiodotyrosine (MIT + DIT), de la thyroxine (Thx) et de la diiodothyronine (DITn); chromatographie en butanol ammoniacal.

Une partie de la radioactivité des chromatogrammes obtenus s'est localisée sur des taches dont l'une occupe exactement la position de celle de la monoiodohistidine pure sur les essais de référence, que le repérage soit opéré

([3]) C. Fromageot, M. Jutisz et E. Lederer, *Biochim. Biophys. Act.*, 28, 1948, p. 47.

par radiochromatographie ou par radioautographie [*voir* sur les figures 1 (compartiment I) et 2].

La présence de monoiodohistidine dans les hydrolysats a toujours été observée, elle renferme au plus 1 % de la radioactivité de la thyroglobuline. Il a été contrôlé par ailleurs que la tache de Rf identique à celui de ce corps, n'est pas due à un peptide d'iodotyrosine, car le charbon Activit 50 XP retenant les acides aminés aromatiques et leurs peptides (3) ne le fixe pas. Il est probable que la tache radioactive de Rf voisin de celle de la monoiodohistidine correspond à un peptide de celle-ci.

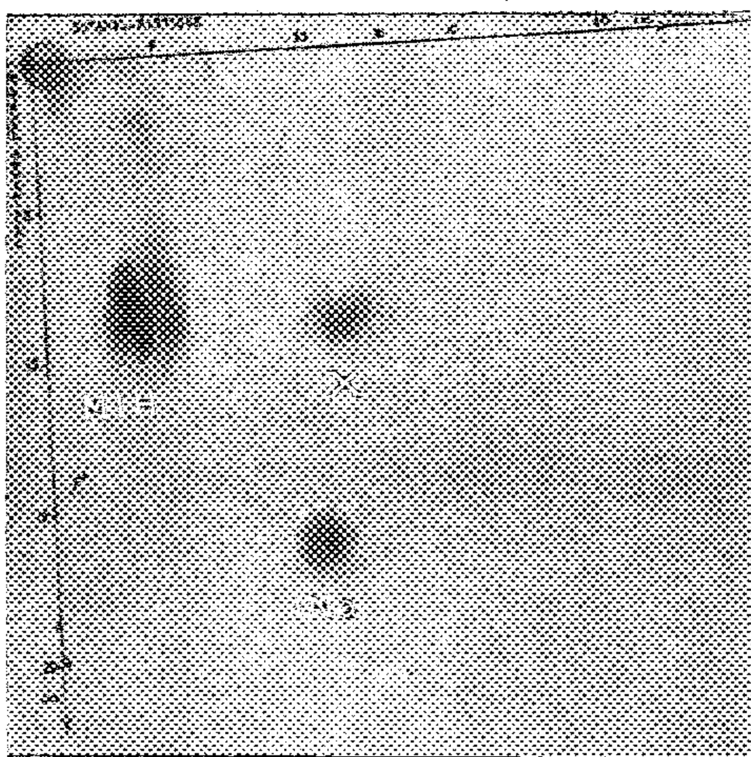


Fig. 2. — Radioautogramme du chromatogramme en deux dimensions d'un produit de fractionnement de l'hydrolysat de la thyroglobuline marquée, illustrant la séparation de (MIH), (INa) et (X).

2. *Diiodothyronine.* — Les mêmes techniques ont été appliquées à l'extrait *n*-butanolique de l'hydrolysat protéinasique de thyroglobuline marquée porté à pH 1, et additionné de diiodothyronine pure servant de substance d'entraînement. Après concentration sous vide de la phase butanolique et reprise du résidu par 0,2 cm$^3$ de *n*-butanol, la chromatographie de cette solution sur papier (butanol acétique ou ammoniacal) révèle l'existence d'une tache radioactive de Rf 0,73 (butanol acide) et 0,71 (butanol ammoniacal), correspondant exactement à celle de la diiodothyronine en présence des mêmes solvants. La figure 1 (compartiment II) reproduit un exemple des documents ayant permis de caractériser cet acide aminé. La présence de diiodothyronine ne peut pas être due à la désioduration partielle de la thyroxine, car l'extrait thyroïdien ne s'enrichit pas en iodures au cours des essais.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la structure chimique des acides α et β mycoliques d'une souche humaine virulente de* Mycobacterium tuberculosis ([1]). Note de MM. JEAN ASSELINEAU, ERNEST GANZ et EDGAR LEDERER, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les radicaux R des acides α et β mycoliques (I) de la souche humaine *Test* de *M. tuberculosis* sont différents puisque les acides α et β anhydro-mycoliques (II), ainsi que les méthoxy-normycolanones (III) le sont.

Les acides α et β mycoliques de la souche humaine virulente *Test* de *Mycobacterium tuberculosis* étudiés par Asselineau et Lederer ([2]) ont la structure I. La composition élémentaire de ces deux acides, vérifiée par l'analyse d'un certain nombre de leurs dérivés, semble être identique, et leur formule la plus probable est $C_{88}H_{176}O_4 \pm 5CH_2$, c'est-à-dire celle proposée par Stodola, Lesuk et Anderson ([3]).

Les acides α et β mycoliques diffèrent par leurs points de fusion, par leur solubilité et par celle de leurs sels. Leurs esters méthyliques, acétates et acétates des esters méthyliques, et les alcools mycoliques, ont également des points de fusion différents ([2]). Les deux acides fournissent par pyrolyse de l'acide *n*-hexacosanoïque, ce qui prouve l'identité de structure de la chaîne latérale en α.

En déshydratant ces acides, on obtient les *acides α et β anhydro-mycoliques* (II) qui ont, ainsi que leurs esters méthyliques, des points de fusion identiques. Ne pouvant pas les distinguer par leurs propriétés physiques ou chimiques ([4]), nous avions admis la possibilité d'une identité des acides α et β anhydro-mycoliques. La formation d'un même acide anhydro-mycolique à partir des deux acides mycoliques aurait pu s'expliquer par une diastéréoisomérie concernant les carbones α et β de ces derniers ([5]).

Dans la présente Note, nous rapportons des observations qui prouvent que *les acides α- et β-mycoliques* (I) *diffèrent par leur radical* R *et que les acides α- et β-anhydro-mycoliques* (II) *ne sont pas identiques.*

Par oxydation chromique ménagée, l'acide α-mycolique fournit une cétone

([1]) XII[e] communication sur les constituants du Bacille tuberculeux; XI[e] comm., *voir* J. ASSELINEAU, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

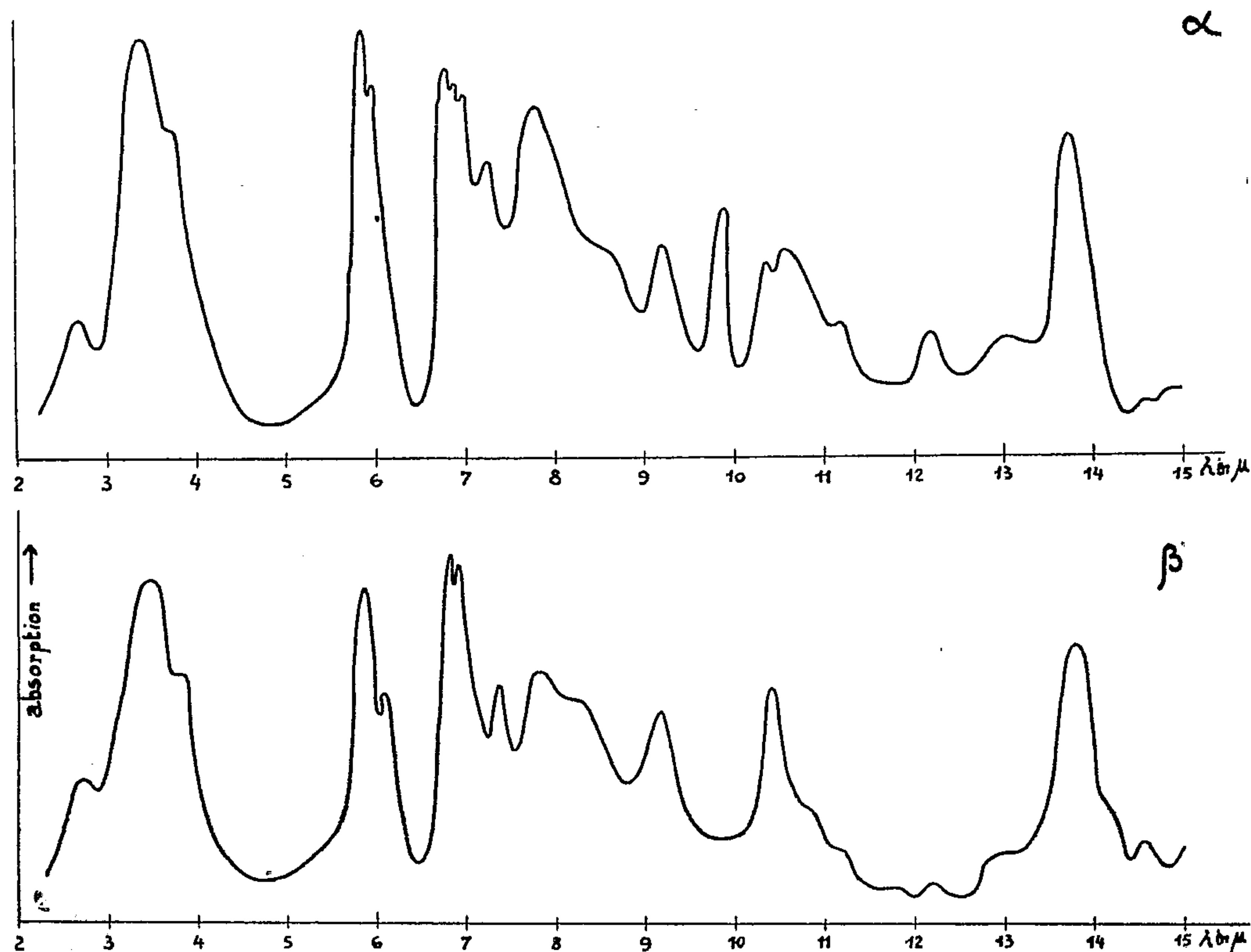
([2]) *Biochim. Biophys. Acta*, 7, 1951, p. 126.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 505.

([4]) Les deux acides anhydro-mycoliques semblent être optiquement inactifs; des points de fusion de mélange ne donnent jamais de dépression dans la série des acides mycoliques ([2]).

([5]) J. ASSELINEAU, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1620.

neutre, la *méthoxy-α-nor-mycolanone*, F 64-67° (III) [2,3]. Nous trouvons maintenant, que dans les mêmes conditions, l'acide β-mycolique donne la *méthoxy-β-nor-mycolanone*, F 85-88° (III) (trouvé C 83,81 %, H 13,91 % ; calculé pour ($C_{87}H_{174}O_2$ : C 83,44 %, H 14,01 %). Ces deux cétones sont donc nettement différentes; elles diffèrent en outre par leur solubilité (très faible solubilité de la cétone β dans les solvants usuels), et par le point de fusion des alcools qu'elles fournissent par réduction au moyen de $LiAlH_4$ (*méthoxy-α-nor-mycolanol*, F 70-74°; *méthoxy-β-nor-mycolanol* F 88-92°).




Courbes d'absorption infrarouge des acides α anhydro-mycolique et β anhydro-mycolique. Les substances ont été fondues en couches de 0,1 mm d'épaisseur. A noter surtout la bande à 9,85 μ dans la courbe α, absente dans la courbe β.

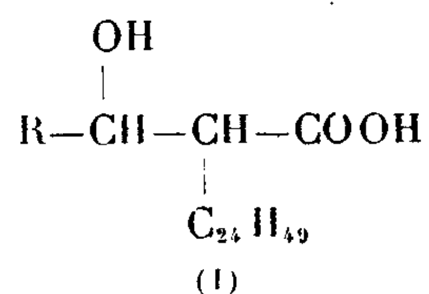
Si les acides mycoliques ne différaient que par une diastéréoisomérie concernant les carbones α et β, les deux cétones devraient être identiques. Leur non-identité prouve que *les restes* R *des deux acides sont différents*.

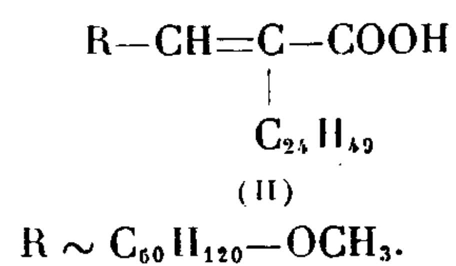
Or, dans ce cas, les acides α- et β-anhydro-mycoliques sont nécessairement différents aussi. *Cette différence*, que nous n'avons pas pu mettre en évidence jusqu'ici, *a enfin été prouvée par les spectres infrarouges* (*voir* figure).

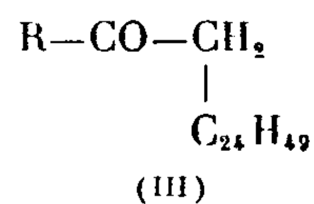
Il reste encore à préciser si la différence de structure des acides α- et β-myco-

liques est uniquement due à une différence des restes R, ou s'il y a aussi une différence stérique des carbones $\alpha$ et $\beta$.

Jusqu'à ce que nous connaissions la composition exacte du reste R, il ne convient plus de considérer les acides $\alpha$- et $\beta$-mycoliques comme des isomères; étant donné les difficultés analytiques, il est, en effet, possible qu'ils aient des formules brutes qui diffèrent de quelques atomes de carbone.




$R \sim C_{60}H_{120}—OCH_3$.

La séance est levée à 16 h 20 mn.

L. B.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 4 JUIN 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.


---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Satyendra Nath Bose**, Professeur à l'Université de Calcutta, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des Prix aura lieu le lundi 10 décembre 1951.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Frédéric Marguet**, Correspondant pour la Section de géographie et navigation, survenu à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes), le 2 juin 1951.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les dérivées.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**


Pour toute fonction dérivée, il existe une suite d'ensembles fermés croissants, où la fonction et sa primitive coïncident respectivement avec une fonction scalaire et sa primitive. Les fonctions scalaires ont des sens de variation conditionnés et leur suite tend vers la fonction dérivée. La propriété de Darboux est mise en évidence.


Les fonctions d'une variable, dérivées de fonctions continues, s'apparentent à cette dernière espèce par la propriété dite « de Darboux », à savoir qu'une dérivée $f(x)$ prend sur un intervalle quelconque $ab$ toute valeur comprise entre $f(a)$ et $f(b)$. Et même, en vertu d'un théorème dû à M. Choquet, cette propriété, jointe à la condition d'appartenir à la classe 1, caractérise les dérivées topologiquement. En étudiant comment se répartissent les valeurs d'une dérivée on peut rendre évidente la propriété de Darboux.

Les résultats perdent leur intérêt sur les intervalles, s'il en existe, où $f(x)$ est continue sans présenter les deux sens de variation.

Rappelons qu'une fonction définie sur un segment $ab$ est dite *scalaire par rapport à un ensemble fermé* $e$ situé sur $ab$ si elle est constante sur tout segment contigu à $e$. L'ensemble $p$ des points de $e$ autour desquels la fonction est variable sur $e$ est parfait.

Adoptons ces notations : $F(x)$, $\Phi(x)$, $\Psi(x)$ sont des primitives de $f(x)$, $\varphi(x)$, $\psi(x)$; $\Gamma$ sera la courbe plane $y = F(x)$. Les majuscules A, B, X ... désigneront les points de $\Gamma$ aux abscisses $a$, $b$, $x$, ... ; $\Delta(x)$ est la tangente au point X ; $\Gamma(a, b)$, l'arc de $\Gamma$ pour $a \leqq x \leqq b$ ; $\Gamma_s(a, b)$, $\Gamma_i(a, b)$ les *bornes convexe* et *concave* de $\Gamma(a, b)$ relativement aux $y$ positifs. Nous dirons qu'une droite $\Delta$ *borne supérieurement* (inférieurement) $\Gamma(a, b)$ si $\Delta$ a au moins un point X commun avec $\Gamma(a, b)$ sans que cet arc ait aucun point au-dessus de $\Delta$. Alors $\Delta = \Delta(x)$. Les points de contact X des droites $\Delta$ avec $\Gamma(a, b)$ quand ils sont uniques, les segments (X', X") de $\Delta$ limités aux points extrêmes communs à $\Gamma(a, b)$ et à $\Delta = \Delta(X') = \Delta(X'')$ engendrent $\Gamma_s$ (ou $\Gamma_i$). Nous désignons par $e_s(a, b)$ [par $e_i(a, b)$] la projection sur $Ox$ des points communs à $\Gamma(a, b)$ et à $\Gamma_s(a, b)$ [à $\Gamma_i(a, b)$], qui sont aussi les points communs à $\Gamma(a, b)$ et aux droites $\Delta$ correspondantes.

$e_s(a, b)$ [$e_i(a, b)$] n'existe pas si $\Gamma(a, b)$ est au-dessous (au-dessus) de la droite AB pour $a < x < b$.

Les ensembles $e_s(a, b)$, $e_i(a, b)$ sont fermés. Ils ne contiennent $a$ ou $b$ que si respectivement $\Delta(a)$ ou $\Delta(b)$ bornent supérieurement (inférieurement) $\Gamma(a, b)$. Dans le cas où la double condition est vérifiée, nous écrivons $e(a, b)$ pour $e_s(a, b)$ [pour $e_i(a, b)$]. Donc $e(a, b)$ a pour origine $a$ et pour extrémité $b$. Dans le cas général $e_s(a, b)$ [ou $e_i(a, b)$] a pour extrémités $a'$, $b'$ ($a' > a$, $b' < b$); en cas d'ambiguïté, $a'$ sera le plus petit et $b'$ le plus grand possible. Les droites $\Delta(a')$, $\Delta(b')$ passent respectivement par A et par B. $e_s(a, b)$ [ou $e_i(a, b)$] est identique à $e(a', b')$.

*Sur* $e_s(a, b)$ [*sur* $e_i(a, b)$] : 1° $f(x)$ *coïncide avec une fonction* $\varphi(x)$ *définie sur* $a'$ $b'$, *scalaire par rapport à* $e_s$ (*à* $e_i$), *continue et ne croissant* (*ne décroissant*) *jamais*; 2° $F(x) = \Phi(x)$ *si* $\Phi(a') = F(a')$.

1. *Il existe dans le segment ab un ensemble parfait p sur lequel* $f(x)$ *coïncide avec une fonction scalaire* $\varphi(x)$, *continue et variant dans un sens constant de* $f(a)$ *à* $f(b)$.

Supposons $f(a) < f(b)$, et soit $\Delta(x_1)$ la parallèle à $\Delta(a)$ bornant inférieurement $\Gamma(a, b)$, $x_1$ étant le plus petit possible en cas d'ambiguïté ($a \leqq x_1$), $x'_1$ étant alors le plus grand tel que $\Delta(x'_1) = \Delta(x_1)$. La parallèle à $\Delta(b)$ menée par $X'_1$ est traversée par $\Gamma(a, b)$ au point $X'_1$. Soit $\Delta(x_2)$ parallèle à $\Delta(b)$ et bornant inférieurement $\Gamma(a, b)$, $x_2$ étant le plus grand possible ($x'_1 < x_2 \leqq b$). Sur $e_i(x_1, x_2) = e(x_1, x_2)$, $f(x)$ croît de $f(a)$ à $f(b)$. Les points de $e(x_1, x_2)$ où $f(x)$ varie sur cet ensemble forment l'ensemble parfait $p$ de l'énoncé 1.

2. *Il existe sur le segment ab un ensemble fermé* $E(a, b)$ *d'extrémités* $a$, $b$, *où* $f(x)$ *coïncide avec une fonction* $\varphi(x)$ *et* $F(x)$ *avec* $\Phi(x)$ *si* $\Phi(a) = F(a)$, dans les conditions suivantes :

1° $\varphi(x)$ *est scalaire relativement à* $E(a, b)$; 2° $\varphi(x)$ *est continue sur l'intervalle* $a$, $b$; 3° *les points de* $E(a, b)$ *où le sens de variation de* $\varphi(x)$ *sur* $E(a, b)$ *change n'ont d'autres points d'accumulation que a et b.*

On peut énumérer ces points en $a_n$, $a_n$ croissant avec $n$ ($-\infty < n < \infty$).

Dans le cas où $f(x)$ resterait constant sur un segment majeur $a'_i\, a''_i$ sans que $\Delta(a'_i) = \Delta(a''_i)$ bornât ni supérieurement ni inférieurement aucun arc $\Gamma(a'_i - \varepsilon, a''_i + \varepsilon)$ ($\varepsilon > 0$), un tel segment ($a'_i$, $a''_i$) pourrait se substituer à l'un des points $a_i$.

Examinons d'abord des cas particuliers :

1° $\Delta(a)$ *et* $\Delta(b)$ *bornent supérieurement (inférieurement)* $\Gamma(a, b)$. En ce cas, $E(a, b) = e(a, b) = e_s(a, b)$ [ou $e_i(a, b)$]. Les $a_n$ n'existent pas.

2° $\Delta(a)$ *et* $\Delta(b)$ *bornent* $\Gamma(a, b)$ *l'un supérieurement, l'autre inférieurement, et l'une de ces droites se confond avec* AB.

En ce cas, *un seul point* $a_n$, *soit* $a_0$, $E(a, b) = e(a, a_0) + e(a_0, b)$.

Supposons par exemple $\Gamma(a, b)$ borné inférieurement par $\Delta(a)$ et supérieurement par $\Delta(b) = AB$.

$e_i(a, b)$ est un ensemble $e(a, x_1)$ et $\Delta(x_1)$ borne inférieurement $\Gamma(x_1, b)$ en se confondant avec $X_1B$. Nous retrouvons l'hypothèse de départ sauf à échanger les rôles de $a$ et de $b$.

$e_s(x_1, b)$ est un ensemble $e(x_2, b)$, $\Gamma(x_1, x_2)$ étant borné inférieurement par $\Delta(x_1)$ et supérieurement par $\Delta(x_2)$ qui se confond avec $X_1X_2$. Ce sont, inchangées, les conditions de départ. Nous définissons des suites $(x_{-1} = a)$, $x_1$, $x_3$, ... croissante, $(x_0 = b)$, $x_2$, $x_4$, ... décroissante. Sur $e_i(x_{2n-1}, x_{2n}) = e(x_{2n-1}, x_{2n+1})$, $f(x)$ croît. Sur $e_s(x_{2n+1}, x_{2n}) = e(x_{2n+2}, x_{2n})$, $f(x)$ décroît. Les $x_{2n-1}$ tendent vers $a'_0$, les $x_{2n}$ vers $a''_0$ et $a'_0 \leqq a''_0$. On achève sans peine le raisonnement. Ici un seul point $a_n$, savoir $a_0 = a'_0 = a''_0$ (ou bien $a_0$ est remplacé par le segment $a'_0 a''_0$).

3° $\Delta(a)$ *et* $\Delta(b)$ *se confondent avec* AB *et bornent* $\Gamma(a, b)$. En ce cas, il y a *deux points* $a_0$, $a_1$, *et deux seulement.*

Supposons par exemple que AB borne supérieurement $\Gamma(a, b)$; $e_i(a, b)$ est identique à $e(a', b')$, avec $a < a'$, $b' < b$. Sur chacun des deux arcs $\Gamma(a, a')$, $\Gamma(b', b)$, les conditions du second cas sont remplies. $a_0$ intérieur à $aa'$, $a_1$ intérieur à $b'b$ sont tels que

$$e_s(a, a_0) = e(a, a_0);$$

$$e_i(a_0, a') + e_i(a', b') + e_i(b', a_1) = e_i(a_0, a_1) = e(a_0, a_1); \qquad e_s(a_1, b) = e(a_1, b).$$

Sur $e(a, a_0)$, et sur $e(a_1, b)$, $f(x)$ décroît. Sur $e(a_0, a_1)$, $f(x)$ croît. $E(a, b) = e(a, a_0) + e(a_0, a_1) + e(a_1, b)$.

4. *Cas général.* — $\Delta(a)$ *ni* $\Delta(b)$ *ne bornent* $\Gamma(a, b)$. Si $\Gamma(a, b)$ traverse AB on peut commencer par considérer soit $e_s(a, b)$ soit $e_i(a, b)$, ce qui conduit à deux ensembles $E(a, b)$ différents.

Par exemple, soit d'abord $e_s(a, b) = e(a', b')$; puis $e_i(a, a') = e(j_1, j''_1)$; puis $e_s(a, j_1) = e(j_2, j''_2)$, etc. Chacun des arcs $\Gamma(j''_i, j_{i-1})(j_0 = a')$ vérifie l'hypothèse du second cas et introduit sur l'intervalle $j''_i j_{i-1}$ un point $a_n (n \leqq 0)$. Ces points ne pourraient s'accumuler en un point $j$ de l'intervalle $aa'$ que si le segment AJ appartenait à $\Gamma$, sans que jamais $\Delta(a)$ bornât $\Gamma(a, j + \varepsilon)$. L'arc $\Gamma(b', b)$ nous conduit de même à la suite $a_n$ pour $n \geqq 1$. Les suites $a_n$ sont limitées ou illimitées.

Nous donnons l'indice 1 à $E(a, b)$, $\varphi(x)$, $\Phi(x)$; $F(x) - \Phi_1(x) = G_1(x)$ s'annule sur $E_1$ ainsi que $g_1(x) = G'_1(x) = f - \varphi_1$. Sur tout contigu $a^1 b^1$ à $E^1$, $G_1$ réalise les conditions du troisième cas. Sur l'ensemble $E(a^1, b^1)$ relatif à $G_1(x)$, $g_1(x) = \psi_1(x)$ et $G_1(x) - G_1(a) = \Psi_1(x) - \Psi_1(a)$ ($\Psi_1$ primitive de $\psi_1$), $\psi_1$ étant scalaire, continu avec deux changements de sens de variation sur $E(a^1, b^1)$; $\psi_1$ commence et finit par la croissance (décroissance) si, autour de $a^1 b^1$ et sur $E^1$, $\varphi_1$ croît (décroît), $G_1$ étant positif (négatif).

Soit $E_2(a, b) = E_1(a, b) + \Sigma E(a^1, b^1)$; $\varphi_2(x) = f(x)$ sur $E_2$, si $\varphi_2 = \varphi_1$ sur $E_1$ et $\varphi_2 = \varphi_1 + \psi_1$ sur $E(a^1, b^1)$.

On définit une suite d'ensembles fermés $E_n(a, b)$ et sur $ab$ une fonction $\varphi_n(x)$ scalaire par rapport à $E_n$, de primitive $\Phi_n(x)$, avec $\Phi_n(a) = F(a)$. Sur $E_n(a, b)$ : $\varphi_n(x) = f(x)$, $\Phi_n(x) = F(x)$. Sur tout contigu $a^n b^n$ à $E_n$, $E_{n+1}$ est $E(a^n, b^n)$ relativement à $F(x) - \Phi_n(x)$; $\varphi_{n+1}$ est continu, avec deux changements de sens de variation, sur $a^n b^n$ ($\varphi_{n+1} - \varphi_n$ est nul en $a^n$ et $b^n$). Dans le cas général où $f(x)$ est discontinu dans tout intervalle, les $E_n$ sont non denses.

*La suite $\varphi_n$ tend vers $f(x)$.*

Car si $x$ est étranger à $\Sigma E_n$, $x$ est intérieur à un $a^n b^n$. Les pentes de $XA^n$ et $XB^n$, qui tendent vers $\Delta(x)$, comprennent entre elles celle de $A^n B^n = \Delta(a^n) = \Delta(b^n)$. Donc celle-ci, qui est $\varphi_n(x) = \varphi_n(a^n) = \varphi_n(b^n)$, tend vers $f(x)$.

Sauf les maximums et minimums atteints (ils sont dénombrables), $f(x)$ prend toutes ses valeurs sur l'ensemble $\Sigma E_n$ où la propriété de Darboux est évidente. Ces ensembles se déterminent à partir de la primitive $F(x)$. Si l'on savait les déduire directement de $f(x)$, l'intégration de cette dérivée serait aisée.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Quelques considérations sur les transformations de jauge et la définition des tenseurs de Hertz en théorie du corpuscule maxwellien de spin* 1. Note de MM. **Bernard Kwal** et **Louis de Broglie**.

Étude des transformations des jauges qui permettent, en l'absence de l'une des sources, d'annuler l'un des potentiels généralisés et de rendre l'autre identique à un champ. Définition des tenseurs de Hertz et étude de leurs relations avec les potentiels généralisés et les champs.

1. Considérons l'ensemble d'équations définissant le corpuscule maxwellien de spin 1, en présence des sources $(S_j, S_{jk})$ et faisant intervenir les champs $(a_j, h_{jk})$, les potentiels $(P_j, P_{jk})$ et les fonctions génératrices de la

transformation de jauge $(\Phi_j, \Phi_{jk})$ [1] :

$$(1)\quad \begin{cases} \partial^j h_{jk} - \varkappa a_k = g_1 S_k, & \partial_j a_k - \partial_k a_j - \varkappa h_{jk} = g_2 S_{jk}, \\ \partial^k a_k = 0, & \partial_{[j} h_{kl]} = -\dfrac{g_2}{\varkappa}\partial_{[j} S_{kl]}. \end{cases}$$

$$(2)\quad a_k = \varkappa P_k + \partial^j P_{jk}, \qquad h_{jk} = \varkappa P_{jk} + \partial_j P_k - \partial_k P_j - \frac{1}{\varkappa}\partial^l(\partial_{[j} P_{kl]}).$$

$$(3)\quad P_k = P'_k + \varkappa\Phi_k - \partial^j \Phi_{jk}, \qquad P_{jk} = P'_{jk} + \varkappa\Phi_{jk} - \partial_j\Phi_k + \partial_k\Phi_j - \frac{1}{\varkappa}\partial^l(\partial_{[j}\Phi_{kl]}).$$

$$(4)\quad (\partial^j\partial_j - \varkappa^2)\Phi_k = 0, \qquad \partial^j\Phi_j = 0, \qquad (\partial^j\partial_j - \varkappa^2)\Phi_{kl} = 0.$$

En l'absence de la source $S_k$, on a $(\partial^j\partial_j - \varkappa^2)P_k = 0$, et il devient à la fois possible d'annuler le potentiel $P_k$ et de rendre $h_{jk}$ identique à $\varkappa P_{jk}$. La transformation de jauge, qui permet d'effectuer cette opération s'écrit

$$(5)\quad \begin{cases} P'_k \equiv P_k - \varkappa\Phi_k + \partial^j\Phi_{jk} = 0, \\ \varkappa P'_{jk} \equiv \varkappa P_{jk} - \varkappa^2\Phi_{jk} + \varkappa(\partial_j\Phi_k - \partial_k\Phi_j) + \partial^l\partial_{[j}\Phi_{kl]} = h_{jk}. \end{cases}$$

De même, en l'absence de la source $S_{jk}$, on peut à la fois, annuler le potentiel $P_{jk}$ et rendre $a_k$ identique à $\varkappa P_k$. La transformation de jauge correspondante s'écrit :

$$(6)\quad \begin{cases} \varkappa P'_k \equiv \varkappa P_k - \varkappa^2\Phi_k + \varkappa\partial^j\Phi_{jk} = a_k, \\ \varkappa P'_{jk} \equiv \varkappa P_{jk} - \varkappa^2\Phi_{jk} + \varkappa(\partial_j\Phi_k - \partial_k\Phi_j) + \partial^l\partial_{[j}\Phi_{kl]} = 0. \end{cases}$$

2. Afin d'éviter de chercher les solutions de l'équation du potentiel $P_j$, qui satisfont à la condition supplémentaire $\partial^j P_j = 0$, on peut, comme en théorie des équations de Maxwell [2], introduire le tenseur de Hertz $\pi_{jk}$, en posant

$$(7)\quad P_k = \partial^j \pi_{jk}.$$

La condition $\partial^j S_j = 0$ se trouve également satisfaite en posant

$$(8)\quad S_k = \partial^j M_{jk}.$$

On trouve alors

$$(9)\quad (\partial^j\partial_j - \varkappa^2)\pi_{kl} = g_1 M_{kl}$$

$$(10)\quad \begin{cases} a_k = \varkappa\,\partial^j\pi_{jk} + \partial^j P_{jk} \\ h_{jk} = \varkappa P_{jk} + \partial_j(\partial^l\pi_{lk}) - \partial_k(\partial^l\pi_{lj}) - \dfrac{1}{\varkappa}\partial^l\partial_{[j} P_{kl]}. \end{cases}$$

On simplifie encore ces relations, en définissant un nouveau tenseur

$$(11)\quad Z_{jk} = \varkappa\pi_{jk} + P_{jk}$$

---

(1) B. Kwal, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 37; *Journal de Physique*, **12**, 1951, p. 66.

(2) L. de Broglie, *Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques*, 2e éd., Paris, 1951, Ch. I, § 4.

qui satisfait à l'équation

$$(12) \qquad (\partial^j \partial_j - \varkappa^2) Z_{kl} = \varkappa g_1 M_{kl} + g_2 S_{kl}.$$

On trouve, en effet, dans ce cas :

$$(13) \qquad a_k = \partial^j Z_{jk}, \qquad \varkappa h_{jk} + g_2 S_{jk} = \partial_j \partial^l Z_{lk} - \partial_k \partial^l Z_{lj}.$$

On vérifie que le tenseur $Z_{jk}$ est identique au tenseur de Hertz, introduit par Iwanenko et Sokolow dans leur travail sur la mésodynamique classique ([3]). La comparaison des équations (1), (8) et (13) nous montre alors qu'il doit exister une *proportionnalité* entre les grandeurs $h_{jk} - g_1 M_{jk}$ et $\varkappa Z_{jk}$. En l'absence de la source $S_{jk}$, la proportionnalité s'établit entre les tenseurs $h_{jk}$ et $\varkappa^2 \pi_{jk}$.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Formation des couches ionisées. Influence de la température.* Note (*) de MM. **Pierre Lejay** et **Dimitri Lepechinsky**.

I. *Considérations théoriques.* — La théorie de Chapman de la photoionisation d'un gaz dont la densité décroît exponentiellement avec l'altitude, envisage le cas où celui-ci est à une température constante T. Dans ce cas, l'altitude $h_0$ où le taux de production d'ions est maximum est égale à $H \operatorname{Log} A \rho_0 H$, où A est la constante d'absorption, $\rho_0$ la densité du gaz au niveau du sol et H sa hauteur d'échelle, proportionnelle à la température. Si la température devient $T' = aT$, $(a > 1)$, $h_0$ devient $h'_0$ et l'on peut écrire

$$(1) \qquad \Delta h_0 = h'_0 - h_0 = h_0(a-1) + aH \operatorname{Log} a.$$

D'autre part, le taux de production d'ions maximum $I_0$, égal à $\beta S_\infty / He$, où $\beta$ est la constante d'ionisation et $S_\infty$ l'intensité de la radiation en dehors de l'atmosphère, devient $I'_0$ et l'on a

$$(2) \qquad \frac{I'_0}{I_0} = \frac{1}{a}.$$

Enfin le taux de production d'ions I à une altitude quelconque $h$ et pour un angle zénithal $\chi$, donné par la relation

$$(3) \qquad I = I_0 \exp[1 - z - (\sec\chi) e^{-z}],$$

où $z = (h - h_0)/H$, devient, lorsque la température devient $T' = aT$ et la hauteur d'échelle $aH$,

$$(3') \qquad I' = I_0 \times \frac{1}{a} \times \exp[1 - z' - (\sec\chi) e^{-z'}],$$

où $z' = (h - h'_0)/aH$.

---

([3]) *J. of Physics U. R. S. S.*, 3, 1940, p. 57.

(*) Séance du 28 mai 1951.

Les relations (1) et (2) montrent que lorsque la température moyenne croît, la région où a lieu la production d'ions s'élève et le taux de production maximum diminue. La famille de courbes représentatives du taux de production d'ions en fonction de l'altitude, pour divers angles zénithaux, dans le cas où la température est T, s'obtient à partir de la relation (3). On prend pour abscisses le taux de production d'ions relatif $I/I_0$ et pour ordonnées $z=(h-h_0)/H$ [voir *fig.* 1 (*a*)]. Pour construire la famille de courbes qui correspond à une température moyenne $T'=aT$, on adoptera les mêmes unités de mesure $I_0$ et H. Si $E_1$ est la valeur de l'exponentielle de $(z')$ pour $z'=z_1$, le taux de

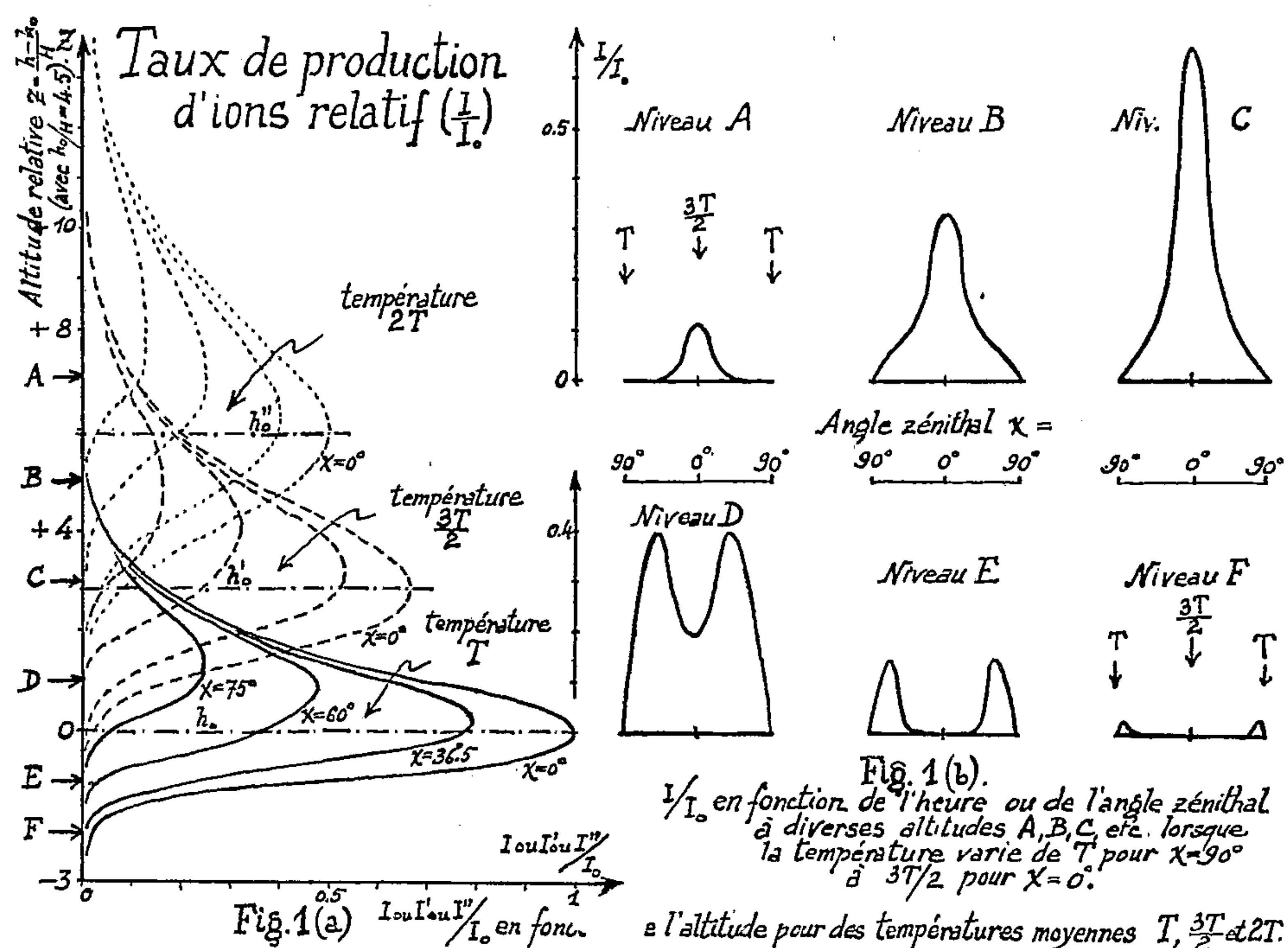



Fig. 1 (a) I ou I' ou I''/I₀ en fonction de l'altitude pour des températures moyennes T, 3T/2 et 2T.

Fig. 1 (b). I/I₀ en fonction de l'heure ou de l'angle zénithal à diverses altitudes A, B, C, etc. lorsque la température varie de T pour χ = 90° à 3T/2 pour χ = 0.

production relatif $I'/I_0$ est égal à $E_1/a$, à l'altitude $h$, définie par la relation $z_1=(h-h'_0)/aH$. En d'autres termes, la valeur de $I'/I_0$ à une altitude $aHz_1$ (ou $az_1$ si l'on prend H pour unité de mesure) *au-dessus de* $h'_0$ est égale à $E_1/a$. La construction des courbes ne peut évidemment être faite que si l'on connaît d'avance $h'_0$, ou du moins la valeur de la différence $h'_0-h_0$. Or d'après (1) cette différence, exprimée en unités H, est égale à $[h_0/H](a-1)+a\operatorname{Log}a$. Il suffira donc de se donner d'avance une valeur raisonnable du rapport $h_0/H$. On a représenté dans la figure 1 (*a*) trois familles de courbes correspondant respectivement aux températures moyennes T, 3T/2 et 2T et à un rapport $h_0/H$ égal à 4,5 (c'est-à-dire $h_0=225$ km avec $H=50$ km par exemple, valeurs qui conviennent au cas de la couche F2).

On constate que lorsque la température augmente de 50 %, la région de

production d'ions s'élève d'environ 3H (soit de plus de 100 km). On voit également qu'à altitude constante et angle zénithal constant, le taux de production d'ions est extrêmement sensible aux variations de la température moyenne. Ainsi par exemple au niveau $h_0$, pour $\chi = 0°$, une élévation de la température de 50 % réduit ce taux plus de 30 fois. Il apparaît enfin que la zone de production d'ions est d'autant plus épaisse que la température est plus élevée.

II. *Application à la couche $F_2$.* — Si l'on admet que la température moyenne de la région F varie suivant les saisons et l'heure, les résultats précédents laissent prévoir des variations saisonnières et diurnes des caractéristiques de cette couche qui sont effectivement constatées. La figure 1 (*a*) révèle tout d'abord que si la température moyenne croît du lever du Soleil jusqu'à midi pour décroître ensuite, le taux de productions d'ions à certaines altitudes [voir *fig.* 1 (*b*)] passe par un minimum très accusé aux environs de midi. Or le minimum de densité ionique est précisément une des anomalies bien connues de cette couche se manifestant surtout l'été. De même on trouve une explication valable de la formation de la couche $F_2$ à des altitudes plus élevées en été qu'en hiver, de sa plus grande épaisseur en été, et l'on justifie, en partie au moins, sa plus faible densité ionique durant la saison chaude.

En admettant que l'altitude du niveau où la densité ionique de $F_2$ est maximum est voisine de celle où le taux de production d'ions est maximum, les relations de Chapman permettent de calculer le rapport des températures moyennes de la région F à 12 h, en été et en hiver. Le calcul montre, par exemple en partant des données fournies par les sondages de Slough (Angleterre), que l'élévation de température a été de 46 % environ entre janvier et juin 1950, et que l'accroissement diurne de la température de la région F entre 6 h du matin et 12 h en juin 1950 à Slough, a été de 20 % environ.

Ces résultats sont mieux en rapport avec les conclusions des études théoriques sur l'échauffement probable de la haute atmosphère par le rayonnement solaire ([1]) que ceux récemment obtenus par certains auteurs ([2]) pour la région F, par une autre méthode (l'élévation de température de la région, en été par rapport à l'hiver, est estimée par S. S. Baral et A. P. Mitra à 70 % environ).

Il y a lieu de noter que l'élévation estivale de la température révélée par l'élévation de la couche correspond à une réduction dans le rapport $1/1{,}46 = 0{,}68$ du taux de production d'ions maximum. Cette réduction ne semble pas suffisante pour expliquer à elle seule la forte diminution de la densité ionique constatée en été (réduction dans le rapport 1/2 environ à Slough à 12 h) par rapport à l'hiver. Il semble donc que l'on doive invoquer en outre une destruction plus active des ions par recombinaison et rattachement à température élevée.

---

([1]) D. F. Martyn et O. Pulley, *Proc. Roy. Soc.*, (A), 154, 1936, p. 455.

([2]) S. S. Baral et A. P. Mitra, *Journal of Atmospheric and Terrestrial physics*, I, n° 2, 1950.

III. *Dédoublement de la région* F *en* $F_1$ *et* $F_2$. — La théorie de Chapman permet de considérer que $F_1$ et $F_2$ sont formées par le processus de photoionisation soit de deux gaz différents, soit d'un même gaz sous l'action de radiations différentes. Dans le cas le plus général, on peut écrire que le niveau où le taux de production d'ions est maximum est

$$h_0 = H \operatorname{Log} A \rho_0 H \quad \text{(pour la couche } F_2\text{)},$$
$$h'_0 = H' \operatorname{Log} A' \rho'_0 H' \quad \text{(pour la couche } F_1\text{)}.$$

L'écart $h_0 - h'_0$ entre les deux couches est donc donné par la relation

$$h_0 - h'_0 = H[\operatorname{Log} K + (1 - r) \operatorname{Log} H],$$

où $r = H'/H$ et $K = A\rho_0/(A'\rho'_0 r)^r$, A et A', $\rho_0$ et $\rho'_0$ étant des constantes.

On voit que plus la température moyenne des gaz est élevée, c'est-à-dire plus la hauteur d'échelle H est élevée, plus grand est l'écart entre les couches $F_1$ et $F_2$. La théorie se trouve ainsi en parfait accord avec le comportement bien connu de la couche $F_1$, qui est la plus éloignée de $F_2$ vers midi en été, lorsque la température moyenne de la région F est vraisemblablement la plus élevée.

IV. *Comportement de la région* F *pendant les orages magnétiques*. — On sait que les orages magnétiques sont généralement accompagnés ou suivis d'une chute de la fréquence critique de F 2, d'un accroissement de la hauteur virtuelle de F 2, d'un dédoublement net des couches F 1 et F 2, même en plein hiver.

Ce qui précède conduit à penser que ces trois phénomènes pourraient être dus à la même cause : l'élévation générale de la température par la dégradation en énergie thermique d'une partie de l'énergie cinétique des corpuscules ionisés qui arrivent sur la Terre. Des considérations analogues conduisent à attribuer l'accroissement de l'absorption des ondes radioélectriques pendant la saison chaude, à l'élévation générale de la température des gaz ionisés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de synthèse de corps naphtacéniques mésodisubstitués en péri.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Robert Bucourt.**

On donne le principe général de la méthode, puis on en fait l'application au cas particulier de la dibenzylcétone et du cyanacétate d'éthyle, comme matières premières. On obtient successivement le sym-diphénylisopropylidènecyanacétate d'éthyle, le benzyl-3 cyano-2 naphtol-1, le péri-aminohydroxynaphtacène et enfin le péri-dihydroxynaphtacène. On confirme la structure péri de l'aminohydroxynaphtacène par la production d'une oxazine.

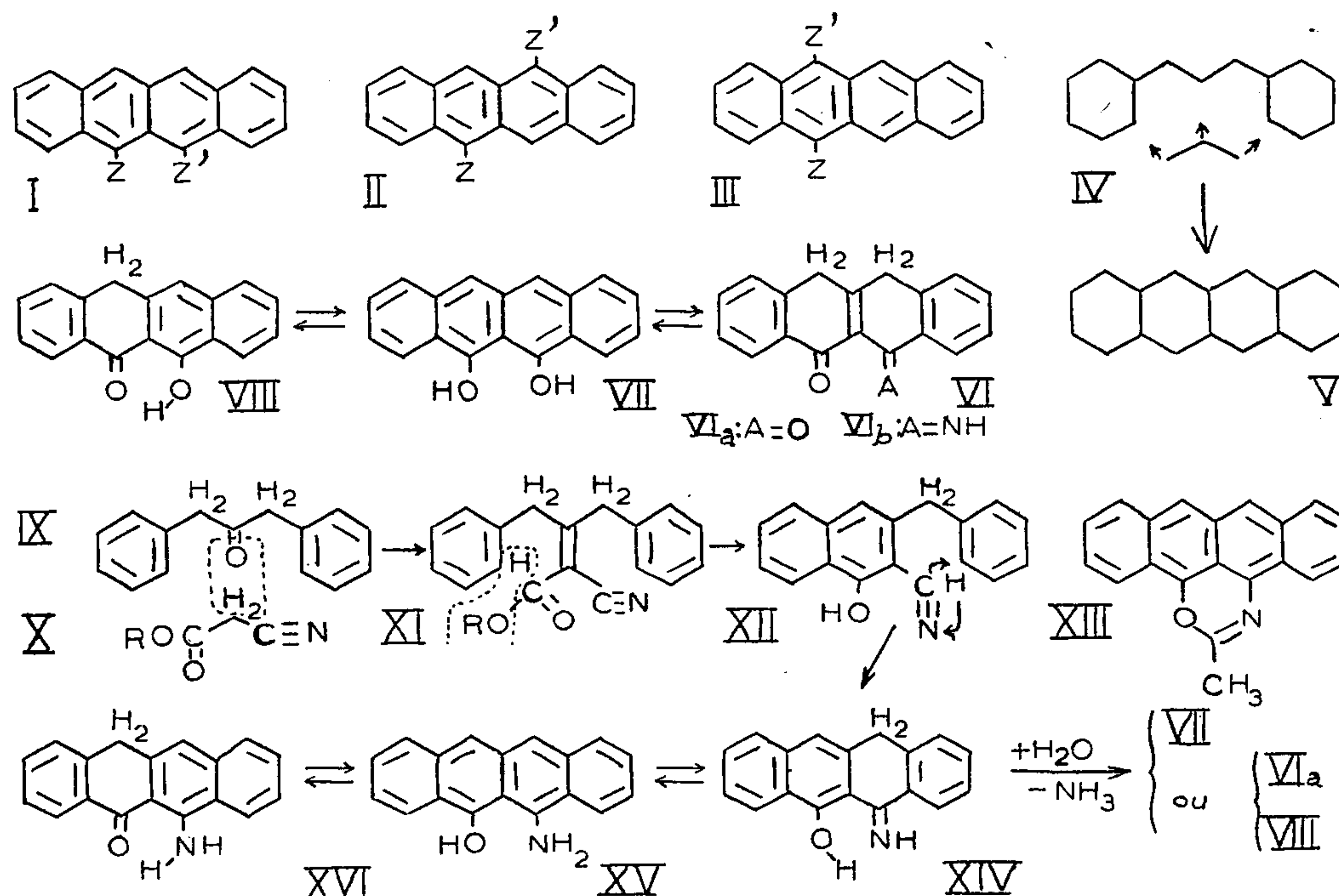
Nous avons eu l'occasion (1) de souligner la difficulté d'obtenir des

(*) Séance du 21 mai 1951.

(1) Ch. Dufraisse, A. Etienne et J. Jolly, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 5.

naphtacènes mésodisubstitués en péri, I, toutes les synthèses connues à ce jour fournissant l'isomère dia, II, ou l'isomère antio, III.

La seule exception ([1]) à cette règle tenait à une particularité de constitution de la matière première d'une synthèse par la voie rubrénique : elle ne permettait d'envisager aucune généralisation.



Au contraire, le procédé que nous présentons ([2]) se prête à la préparation d'une grande variété de composés du type I, symétrique ($Z = Z'$) ou non ($Z \neq Z'$), dans lesquels Z et Z′ représentent soit des atomes, soit des groupements divers, carbonés ou non. Nous avons déjà en mains plusieurs de ces corps.

Le principe de la méthode revient à construire les deux noyaux médians du naphtacène sur les benzos extérieurs, en partant d'un dérivé approprié du diphényl-1.3 propane et en lui soudant un dérivé convenable du propane : IV à V. Il suffit de disposer préalablement en 1 et en 3 sur l'un ou l'autre des deux réactifs propaniques (ou éventuellement sur les deux) les groupements voulus pour retrouver en péri, sur le naphtacène résultant, soit les groupements désirés, soit des fonctions permettant de les introduire après coup.

([2]) Nous avons donné une indication sommaire sur le procédé, dans une brève Note de prise de date, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **16**, 1949, p. 779.

Ce premier travail concerne la condensation de la dibenzylcétone, IX, comme réactif diphénylpropanique, sur l'ester cyanacétique, X, comme constituant propanique. Nous espérions aboutir, après triple soudure et hydrolyse, au dihydroxynaphtacène, VII, ou à l'une de ses deux formes cétoniques tautomères.

L'opération se fait en quatre étapes :

*a.* production du sym-diphénylisopropylidènecyanacétate d'éthyle, XI;

*b.* première cyclisation en benzyl-3 cyano-2 naphtol-1, XII;

*c.* deuxième cyclisation en péri-aminohydroxynaphtacène, XV (ou ses formes tautomères, surtout XIV et XVI, mais sans exclure VI *b*);

*d.* hydrolyse en péri-dihydroxynaphtacène, VII (ou ses formes tautomères, VI *a* et VIII).

Dans les débuts, nous avons fait beaucoup d'essais en vue de brûler l'une ou même deux de ces étapes : les résultats n'ont jamais été bons, à cause des mélanges auxquels on aboutissait. En pareil cas, le produit le plus facile à récolter était le naphtacène lui-même, $C_{18}H_{12}$, sans substituant; le corps apparaissait déjà dans la réaction finale, si elle était conduite un peu rudement, et il arrivait à se produire avec des rendements de 35 %, si l'on terminait par une pyrolyse sur zinc.

Cette formation du naphtacène n'a pas été étudiée plus avant, mais elle laisse l'impression de n'être pas la moins avantageuse des méthodes à envisager pour la préparation de l'hydrocarbure.

*a.* Le sym-diphénylisopropylidènecyanacétate d'éthyle ($C_{20}H_{19}O_2N$), XI, se prépare à partir des deux réactifs indiqués, IX et X, par la méthode de Cope [3] à l'acétate d'ammonium, légèrement modifiée. C'est une huile incolore, bouillant à 172° sous 3/10° de millimètre et sensible à la chaleur, qui la cyclise en XII. La distillation doit être conduite sous un vide notablement inférieur au millimètre de mercure, sinon elle fournit un mélange de XI et XII.

*b.* La première cyclisation se fait au mieux par simple chauffage à 260°, sous vide partiel. Le benzyl-3 cyano-2 naphtol-1 ($C_{18}H_{13}ON$), XII, qui en résulte, cristallise dans le toluène en bâtonnets incolores, $F_{inst} = 212°$ [4].

*c.* La deuxième cyclisation se fait à 145° par un mélange de 2/3 d'acide phosphorique, légèrement surchargé en anhydride, et de 1/3 de chlorure de zinc.

---

(3) A. Cope, *J. Am. Chem. Soc.*, **63**, 1941, p. 3452.

(4) Ce corps, de même que le précédent, a été préparé de manière tout à fait indépendante par Le Moal, (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 736). Le point de fusion indiqué par cet auteur, 206°, ne s'écarte que peu de celui que nous avions donné dans notre Note antérieure (2) et que nous reproduisons dans le texte ci-dessus.

L'aminohydroxynaphtacène ($C_{18}H_{13}ON$), XV, ainsi formé, présente un cas particulièrement net de tautomérie, qui est évidemment de nature iminocétonique : XIV $\rightleftharpoons$ XVI (et aussi VI*b*). Parmi plusieurs formes repérées, deux ont été séparées, nettement caractérisées et analysées. La première fond instantanément vers 220°, en se transformant en la seconde; elle cristallise du benzène en fines aiguilles feutrées, rouges, peu solubles dans les solvants usuels et donnant des solutions rouges *sans* fluorescence. La seconde forme fond instantanément à 168°, après sublimation et cristallisation en alcool propylique; elle cristallise en écailles jaunes, assez solubles, donnant des solutions orangées à fluorescence verte. La chaleur n'est pas seule à produire une isomérisation, les acides en ont aussi le pouvoir, mais avec cette particularité qu'ils permettent d'opérer la transformation, apparemment totale, dans les deux sens inverses. D'une part, le corps jaune donne le rouge quand on hydrolyse, avec des précautions appropriées, ses sels, eux-mêmes obtenus par action des acides forts anhydres. D'autre part, les acides forts dilués ramènent le corps rouge au jaune.

Une réaction tout à fait caractéristique de la position péri du couple aminé et hydroxylé (ou de leurs formes iminées et cétoniques) est la production de dérivés oxaziniques par les acides. Elle était connue pour les dérivés naphtaléniques aminés et phénoliques en péri et nous venons de la retrouver en série naphtacénique. Elle se produit par action du chlorure d'acétyle sur l'une et l'autre des deux formes tautomères de l'aminohydroxynaphtacène et fournit le composé oxazinique ($C_{20}H_{13}ON$) XIII. Ce corps cristallise dans le cyclohexane en aiguilles violet foncé, dimorphes (première fusion instantanée à 199°, suivie de resolidification; deuxième fusion instantanée à 204-205°); il donne des solutions rouge violacé. Il est hydrolysé par l'acide phosphorique à 110°, avec régénération du dérivé hydroxyaminé.

*d*. La quatrième étape de la préparation des corps naphtacéniques péribisubstitués a été l'hydrolyse du corps aminé en péridihydroxynaphtacène ($C_{18}H_{12}O_2$), VII, ou, plus probablement, en sa forme naphtacénonique, VIII (sans exclure VI*a*). On la réalise à 150° par l'acide chlorhydrique dilué. Le corps obtenu se présente, après sublimation, en bâtonnets jaune clair, $F_{inst} = 207\text{-}208°$; il communique à ses solutions une coloration jaune clair.

Seul le corps oxazinique XIII présente dans son spectre le système des bandes naphtacéniques; on doit en conclure que les structures cétoniques, ou iminées, ont le pas sur leurs tautomères hydroxylés, ou aminés, quand elles sont possibles, ce qui n'est pas le cas pour le corps oxazinique XIII.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Teneur des graines en rubidium.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand.**

Les nombreuses analyses élémentaires de végétaux que nous avons faites au cours de ces dernières années ont apporté la preuve que du rubidium existe dans toutes les espèces et même dans tous les organes de ces espèces.

Elles ont montré, en outre, que les proportions du métal alcalin ne dépendent pas, en quelque sorte, du hasard des circonstances dans lesquelles le végétal se développe, mais sont liées, entre autres conditions, à la nature de l'espèce et parfois même du groupe d'espèces considérées.

Ainsi, chez les Phanérogames, les Labiées et les Graminées sont plus pauvres en rubidium que la moyenne des espèces de cet embranchement, tandis que les Papilionacées et surtout les Crucifères en sont plus riches.

Il y a là une relation biochimique à laquelle on ne saurait attacher trop d'importance et bien propre à intéresser notamment l'Agriculture.

Ces raisons et des résultats antérieurement obtenus à propos du bore ([1]), nous ont engagés à entreprendre l'étude comparative de la teneur en rubidium d'un certain nombre de graines. Voici, placés d'après les proportions croissantes du métal alcalin, les chiffres que nous avons rencontrés :

| Nom des graines. | Rubidium (mg : kg de matière sèche). | Nom des graines. | Rubidium (mg : kg de matière sèche). |
|---|---|---|---|
| Seigle | 0,60 | *Vicia cracca* | 5,45 |
| Dattier | 1,00 | *Brachypodium pinnatum* | 5,65 |
| Lunaire | 1,31 | Orge carré | 5,84 |
| Avoine | 1,50 | *Agropyrum elongatum* | 6,34 |
| Carotte | 1,66 | Mélilot | 6,70 |
| Moutarde noire | 1,78 | Pois | 7,10 |
| *Bromus secalinus* | 2,03 | Cerfeuil | 7,30 |
| Froment | 2,30 | *Trifolium repens* | 8,60 |
| Lin | 2,63 | *Chlora perfoliata* | 9,90 |
| Ricin | 3,10 | Persil | 10,10 |
| *Lolium temulentum* | 3,13 | Anis vert | 10,25 |
| Maïs | 3,20 | *Genista scoparia* | 13,6 |
| Oranger | 3,24 | Badiane | 15,2 |
| Pommier | 3,75 | Colchique | 15,4 |
| Giroflée jaune | 4,05 | Moutarde blanche | 15,5 |
| Chou | 4,50 | Cresson alénois | 16,6 |
| Lentille | 4,50 | Haricot | 17,3 |
| Ciguë | 4,58 | Radis | 19,1 |
| Stramoine | 4,61 | Sarrazin | 21,1 |
| Arachide | 4,72 | Colza | 29,8 |
| Fève | 5,00 | Lupin jaune | 32,4 |
| Riz | 5,10 | Colatier | 32,5 |
| Psyllium | 5,19 | Caféier (du Brésil) | 45,7 |

([1]) Gabriel Bertrand et H. de Waal, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 605; Gabriel Bertrand et L. Silberstein, *ibid.*, 204, 1937, p. 1019 et 211, 1940, p. 624.

L'examen de ce tableau met en évidence plusieurs faits.

En premier lieu, *toutes les graines renferment du rubidium*. Parmi elles, 21 appartiennent à des espèces que nous n'avions pas encore analysées. Les résultats obtenus avec ces espèces peuvent être considérés comme des confirmations nouvelles de la présence générale du rubidium chez les représentants du règne végétal.

Les proportions du métal alcalin varient d'environ 1 mg (0,6 dans le Seigle, 1,0 dans le Dattier) à 46,7 (dans le Caféier) par kilogramme de matière sèche.

*Ces proportions sont nettement plus petites dans les graines que dans les plantes dont elles proviennent.* Nous avions trouvé, en effet, dans la partie aérienne des plantes depuis 1 à 2 mg de rubidium jusqu'à plus de 120 mg:kg de poids sec, soit une teneur moyenne voisine de 18 mg:kg sec; or cette teneur moyenne n'est que de 9,4 mg, *soit environ la moitié*, dans les graines.

En étudiant la répartition du rubidium chez les plantes, nous étions arrivés à reconnaître, comme nous l'avons rappelé au début de cette Note, l'existence de relations manifestes entre la teneur en métal alcalin de certaines espèces ou groupes d'espèces et la position de celles-ci dans la classification systématique : chez les Phanérogames, la teneur moyenne établie sur plusieurs centaines d'analyses, était voisine de 18 mg:kg sec; il n'en avait été rencontré que 12 à 13 mg chez les Graminées et les Labiées mais, par contre, 16,5 mg chez les Légumineuses et 23,5 mg chez les Crucifères, pour ne citer que des familles particulièrement remarquables par le nombre de leurs représentants et par leur importance utilitaire ([2]). Nous n'avons pas dosé le rubidium dans les graines des Labiées, mais nous avons trouvé dans celle des :

| | Nombre d'espèces examinées. | Rubidium en mg par espèce. |
|---|---|---|
| Crucifères | 8 | 11,6 |
| Légumineuses | 10 | 10,5 |
| Graminées | 10 | 3,6 |
| et des autres familles de Phanérogames | 18 | 11,0 |

La moyenne générale, pour les 46 espèces de graines analysées, était de 9,0 mg et il est probable qu'elle aurait été un peu plus petite si l'on avait fait intervenir des Labiées.

Ces résultats et les notions de biochimie comparée qu'ils mettent en évidence rappellent de très près ceux qui ont été publiés au sujet du bore ([3]). On peut donc admettre comme très vraisemblable, que des relations quantitatives très voisines existent pour l'élément électropositif et pour l'élément électronégatif quant à leur mode de répartition dans les espèces végétales.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 343.

([3]) *Loc. cit.* en ([1]).

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoirs rotatoires magnétiques du méthane et de l'éthylène.* Note de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner.**

Au cours de la période 1928-1933, P. Gabiano et l'un de nous avaient observé divers gaz, parmi lesquels le *méthane* et l'*éthylène* (1). Mais de tous les hydrocarbures étudiés, $CH_4$ et $C_2H_4$, seuls, n'avaient pas été liquéfiés et distillés dans le tube polarimétrique; or, avec le propane et le butane, on constata une différence notable entre les résultats obtenus à partir du gaz directement comprimé dans le tube et ceux du même gaz préalablement liquéfié.

Les premiers donnant des nombres toujours nettement plus faibles, il était à présumer que les gaz non liquéfiés pouvaient renfermer de l'hydrogène (dégagé au cours de la décomposition de l'organo-magnésien), ou bien qu'une rentrée d'air se produisait dans le dispositif de compression.

Vu l'utilité d'une détermination aussi exacte que possible des valeurs concernant les têtes des deux séries organiques fondamentales, il nous a paru nécessaire de reprendre les mesures et nous avons pu disposer cette fois de $CH_4$ et $C_2H_4$ comprimés, d'une pureté garantie (produits dits « research grade », vérifiés au spectroscope de masse).

Au surplus, et d'une manière générale, la pureté des gaz dont nous mesurons les rotations magnétiques est contrôlée dorénavant, dans notre laboratoire, par la détermination de leurs *indices de réfraction*, faite avec un interféromètre de Zeiss muni d'une chambre de 1 m (précision : $\Delta n = 10^{-8}$ à $10^{-7}$).

1. *Méthane* :

$n_0 - 1 = 442.10^{-6}$ ($\lambda = 589$ m$\mu$); (les tables donnent $441.10^{-6}$, d'après Mascart).

$$p = 3\,067 \text{ mm}, \qquad t = 14^\circ{,}2, \qquad d_{14,2}^{3067} = 2{,}76 \cdot 10^{-3}.$$

$$\text{Rot. (double)}: \quad 2\rho = 1^\circ{,}37 = 82{,}2'; \qquad \text{D. P. M.} = Hl = 611\,364 \text{ C. G. S.}$$

$$A_{14,2}^{3067} = \frac{41{,}1}{611\,364} = 67{,}2.10^{-6}(\text{mn}), \qquad [A] = \frac{672}{2{,}76} \cdot 10^{-4} = 2{,}43.10^{-2}(\text{mn}).$$

$$d_0^{760} = 7168.10^{-7}, \qquad A_0^{760} = 17{,}4.10^{-6}(\text{mn}), \qquad [A]_M = 38{,}9.10^{-2}(\text{mn}) = 11{,}3.10^{-5}(\text{rad})$$

au lieu de

$$A_0^{760} = 14{,}5.10^{-6} \quad \text{et} \quad [A]_M = 9{,}4.10^{-5} \text{ rad (valeurs trouvées antérieurement).}$$

$$\text{Dispersions}: \quad \frac{546}{578} = 1{,}12, \qquad \frac{436}{578} = 1{,}81.$$

---

(1) *Ann. Phys.*, 10e série, 1933, **20**, p. 68-130.

2. *Éthylène :*

$$n_0 - 1 = 723.10^{-6}\ (\lambda = 589\ \text{m}\mu);\quad \text{(les tables donnent } 719.10^{-6}\text{, d'après Mascart) (²)},$$

$$p = 3\,280\ \text{mm};\qquad t = 13^\circ,9;\qquad d_{13,9}^{3280} = 5,33.10^{-3}\quad (^3);$$

$$\text{Rot (double)}:\quad 2\rho = 3^\circ,10 = 186';\qquad \text{D. P. M.} = \text{Hl} = 636\,858\ \text{C. G. S.};$$

$$\text{A}_{13,9}^{3280} = \frac{93,0}{636\,858} = 146,0.10^{-6}\ (\text{mn});\qquad [\Lambda] = \frac{146}{5,33}.10^{-4} = 2,73^9.10^{-2}\ (\text{mn});$$

$$d_0^{760} = 12\,604.10^{-7};$$

$$\Lambda_0^{760} = 34,5^1.10^{-6}\ (\text{mn});\qquad [\Lambda]_{\text{M}} = 76,7.10^{-2}\ (\text{mn}) = 22,3.10^{-5}\ (\text{rad});$$

au lieu de

$$\Lambda_0^{760} = 31,5'.10^{-6}\quad \text{et}\quad [\Lambda]_{\text{M}} = 20,3.10^{-5}\ (\text{rad})\quad \text{(trouvés antérieurement)}.$$

$$\text{Dispersions}:\quad \frac{546}{578} = 1,13^2;\qquad \frac{436}{578} = 1,92.$$

La grandeur relative de la constante de Verdet de l'éthylène nous a permis de faire des mesures précises, à quelques millièmes près, jusqu'*au-dessous* de la pression normale; en calculant $\Lambda_0^{760}$ comme si le gaz était *parfait*, on obtient une *courbe* régulière, montrant l'effet très net de la compressibilité, tandis que la rotation spécifique [Λ] est *invariante* de 0 à 4 atmosphères. En particulier pour :

$$p = 743\ \text{mm};\qquad t = 16^\circ,4;\qquad d_{16^\circ,4}^{743} = 1,160.10^{-3};\qquad \text{Hl} = 685^2 85\ \text{C. G. S.}$$

on trouve :

$$2\rho = 0^\circ,724;\qquad \Lambda_{16^\circ,4}^{743} = 31,7^1.10^{-6}\ (\text{mn}).$$

$$[\Lambda] = 2,73^2.10^{-2}\ (\text{mn});\qquad \Lambda_0^{760} = 34,4^2.10^{-6}\ (\text{mn}).$$

Le résultat que nous obtenons ici avec l'éthylène se rapproche du nombre donné, en 1880, par H. Becquerel, soit $802.10^{-6}$, comme exprimant le rapport de la rotation du gaz à celle du $CS^2$ liquide, dans les mêmes conditions. En effet, pour $\lambda = 578\ \text{m}\mu$ :

$$802.10^{-6} \times 4,55.10^{-2} = 36,4.10^{-6}\ (\text{mn}).$$

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **Raymond Schnell** intitulé : *La Forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale*, dont il a écrit la *Préface*.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Roger Heim** :

Union internationale des Sciences biologiques. Série B, n° 9. *Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides*. Stockholm, juillet 1950.

---

(²) On trouve ici dans les tables des nombres qui varient beaucoup suivant les auteurs.

(³) La correction de compressibilité étant faite à partir du coefficient de Leduc.

Id. Série C, n° 2. *Catalogue des échantillons types des collections de paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris. Mammifères (Multituberculés, Marsupiaux, Primates, Tillodontes, Carnivores et Condylarthrés)*, par RAYMONDE CINTRACT.

Id. Série C, n° 3. *Catalogue systématique des types de Trochilidés du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris*, par CHRISTIAN JOUANIN.

## DÉSIGNATIONS.

M. **ÉMILE BOREL** donne à l'Académie quelques détails sur la XXVII^e^ Session de l'**INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE**, qui aura lieu à la Nouvelle-Delhi et à Calcutta, du 5 au 18 décembre 1951. Sont désignés pour faire partie de la délégation française à cette Session M. **ÉMILE BOREL**, qui y représentera l'Académie, et MM. **GEORGES DARMOIS** et **MAURICE FRÉCHET**.

MM. **LÉON BINET** et **RENÉ LERICHE** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration d'une plaque commémorative qui sera apposée le 1er juillet 1951 sur la maison où habita **JACQUES TENON**, à Massy (Seine-et-Oise).

## CORRESPONDANCE.

M. **KAZIMIERZ KURATOWSKI**, Président de la **SOCIÉTÉ POLONAISE DE MATHÉMATIQUES**, adresse à l'Académie les condoléances de cette Compagnie à l'occasion du décès de M. *Élie Cartan*.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° GILBERT RANSON. *Géonémie, écologie et répartition géographique des coraux constructeurs de récifs. Coraux et climats.*

2° *Les Huîtres. Biologie, culture*, par GILBERT RANSON.

3° *Écologie et répartition géographique des ostréidés vivants*, par le même.

4° *Observations morphologiques, biologiques, biogéographiques, géologiques et systématiques sur une espèce d'huître de Madagascar et d'Afrique du Sud :* Gryphæa margaritacea (*Lmk*), par le même.

5° Résultats scientifiques des croisières du Navire-école belge « Mercator ». *Méduses*, par le même.

6° *De Gauss à Cartan*, par FERNAND SIMONART.

7° PIETRO RONDONI. *Biochimica*. I et II.

8° Union géodésique et géophysique internationale. Association de Météorologie. Réunion de Bruxelles (20 août-1er septembre 1951). *Rapport du Bureau.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Mandelbrojt.*

Note de M. **Jamil Ahmad Siddiqi**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le but de cette Note est de donner une généralisation d'un théorème de M. Mandelbrojt [1] sur la quasi-analyticité généralisée d'une classe de fonctions indéfiniment dérivables sur une demi-droite où l'on suppose seulement qu'une suite de dérivées s'annulent en un point. Le théorème que nous avons démontré s'énonce de la manière suivante :

Théorème. — Hypothèse I. — *$f(x)$ est une fonction indéfiniment dérivable sur l'intervalle $I \equiv [0, \infty)$ et telle que*

$$|f^{(n)}(x)| < m_n e^{-B(x)} \qquad (n \geq 0,\ x \in I),$$

*où $B(x)$ est une fonction non négative.*

*Posons*

$$E(y) = \overline{\text{borne}}_{x \in I} (xy - B(x)),$$

*et soit $g(\sigma)$ une fonction continue, à variation bornée pour $\sigma < \sigma_0$ où $-\infty < \sigma_0 < \infty$ avec $0 < \delta \leq \pi g(\sigma) < \pi$, $\lim g(\sigma) = g > 0$, et telle que la fonction $e^{\sigma} \cos \pi g(\sigma)$ soit non croissante.*

*$\{\nu_n\}$ est une suite d'entiers non négatifs, avec $\nu_1 = 0$; la suite $\{q_n\}$ d'entiers positifs complémentaires à la suite $\{\nu_n\}$ est de densité supérieure $D^* < g$, et l'on a*

$$f^{(\nu_n)}(0) = 0 \qquad (n \geq 1).$$

Hypothèse II. — *En désignant par $C_f(\sigma) = \overline{\text{borne}}_{n \geq 1}(n\sigma - \log m_n)$ et par $D^*(q)$ la fonction de densité supérieure de $\{q_n\}$, on a*

$$\text{(A)} \qquad \int^{\infty} [\alpha C_f(\sigma - \gamma) - E(-e^{\sigma} \cos \pi g(\sigma) + \beta)]^{+} e^{-\frac{1}{2}\int^{\sigma} \frac{du}{g(u) - D^*[C_f(\sigma)]}} d\sigma = \infty,$$

*où*

$$0 < \alpha < 1, \qquad \beta > 0 \quad \text{et} \quad \gamma > 16g.$$

Conclusion. — *La fonction $f(x)$ est identiquement nulle.*

Nous pouvons donner notre théorème sous des formes plus générales, analogues à celles données par M. Mandelbrojt dans [1]. La démonstration de ce théorème est basée sur une généralisation du théorème de MM. Mandelbrojt-Maclane [2].

En choisissant $B(x) \equiv 0$ et $-e^{\sigma} \cos \pi g(\sigma) + \beta = 0$ et en remarquant que $E[-e^{\sigma+\gamma} \cos \pi g(\sigma + \gamma) + \beta] = 0$, $g = (1/2)$ et $\int^{\infty} [(1/2) - g(\sigma)]\, d\sigma < \infty$,

(1) *Ann. Sc. Éc. Norm. Sup.*, 63, 1946, p. 351.

(2) *Transactions of the American Mathematical Society*, 61, 1947, p. 454.

la condition (A) se réduit à

$$(\mathrm{A}') \qquad \int^{\infty} \mathrm{C}_f(\sigma)\, e^{-\int^{\sigma} \frac{du}{1-2\mathrm{D}^{*}\mathrm{C}_f(u)}}\, d\sigma = \infty,$$

et on l'obtient le théorème de M. Mandelbrojt comme cas particulier de notre théorème.

Mais si l'on suppose que $B(x)$ tend assez rapidement vers l'infini, l'hypothèse de notre théorème exige une plus petite fréquence pour les ordres des dérivées qui s'annulent que ne le demande le théorème de M. Mandelbrojt.

Ainsi pour l'exemple 1 de la page 372 de (1) $C_f(\sigma) \sim e^{\sigma}$, si l'on suppose $B(x) = e^{cx^2}$, $c > (\pi^2/4)$, $g(\sigma) = (1/2) + \left(1/2\sigma^{\frac{1}{2}}\right)$, alors pour conclure à la quasi-analyticité généralisée d'une telle classe de fonctions, nous pouvons supposer que $q_n \geq an(\log n)^{\frac{1}{2}} (a > 2)$ au lieu de supposer $q_n \geq an(\log n)(a > 2)$.

De même pour l'exemple 2, $C_f(\sigma) \sim e^{\sigma}\sigma^{-1}$, si l'on prend $B(x) = e^{e^{cx^2}}$ $c > (\pi^2/4)$ et $g(\sigma) = (1/2) + \left(1/2\sigma(\log\sigma)^{\frac{1}{2}}\right)$, on peut choisir $q_n > an \log n (\log_2 n)^{\frac{1}{2}} (a > 2)$ au lieu de $q_n > an \log n \log_2 n (a > 2)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Décomposition des opérateurs non bornés dans les sommes continues d'espaces de Hilbert.* Note de M. **Robert Pallu de la Barrière**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Généralisation aux opérateurs fermés à domaine de définition partout dense des théorèmes de décomposition dans les sommes continues d'espaces de Hilbert vérifiant certaines hypothèses convenables de dénombrabilité. Application à la décomposition spectrale des algèbres hilbertiennes.

Soit H la somme continue d'une famille d'espaces de Hilbert $H(\zeta)$ par rapport à l'espace de base localement compact $\Omega$, la mesure de Radon $\mu$ sur $\Omega$ et la famille fondamentale $\Lambda$ vérifiant les axiomes $\Lambda_1$, $\Lambda_2$, $\Lambda_3$ et $\Lambda_4$ de Godement (1). Soit $M$ l'algèbre faiblement fermée des opérateurs décomposables à composantes scalaires.

$H \times H$ est isomorphe à la somme continue de la famille $H(\zeta) \times H(\zeta)$ par rapport à $\Omega$, $\mu$ et à la famille fondamentale $\Lambda \times \Lambda$.

*Définition.* — Un champ $A(\zeta)$ d'opérateurs fermés à domaine de définition $D_{A(\zeta)}$ dense dans $H(\zeta)$ est dit mesurable si l'image $\mathcal{G}(\zeta)$ de $A(\zeta)$ est un champ mesurable de variétés fermées.

Théorème 1. — *Si* $A(\zeta)$ *est un champ mesurable et si* $x(\zeta)$ *est un champ de vecteurs mesurables tel que* $x(\zeta) \in D_{A(\zeta)}$ (p. p.) (2), $A(\zeta) \times (\zeta)$ *est un champ mesurable.*

(1) *Ann. Math.*, 1951, p. 68.

(2) p. p. (presque partout) signifiera dans cette Note : sauf sur un ensemble localement négligeable.

THÉORÈME 2. — *Il existe une correspondance biunivoque* $A \sim A(\zeta)$ *entre :*

1° *les opérateurs* A *opérant dans* H, *fermés, à domaine de définition* $D_A$ *dense dans* H *et permutant à M;*

2° *les champs (définis à un ensemble localement négligeable près)* $A(\zeta)$ *d'opérateurs fermés à domaine de définition* $D_{A(\zeta)}$ *dense dans* $H(\zeta)$.

Cette correspondance a les propriétés suivantes :

1° $x \in D_A$ est équivalent à $x(\zeta) \in D_{A(\zeta)}$ p. p. et $\int \| A(\zeta)x(\zeta)\|^2 d\mu < \infty$;

2° Si $x \in D_A$, on a $Ax(\zeta) = A(\zeta)x(\zeta)$ p. p.;

3° On a p. p. : $A^*(\zeta) = (A(\zeta))^*$;

4° La condition nécessaire et suffisante pour que A soit respectivement autoadjoint ou normal est que $A(\zeta)$ soit p. p. autoadjoint ou normal;

5° $A \subseteq B$ est équivalent à $A(\zeta) \subseteq B(\zeta)$ p. p.;

6° La condition nécessaire et suffisante pour que A permute à un opérateur borné B permutant à M est que $A(\zeta)$ permute p. p. à $B(\zeta)$.

*Remarque.* — Les mêmes résultats s'appliquent aux sommes mesurables d'espaces de Hilbert vérifiant des hypothèses convenables de dénombrabilité par exemple aux sommes mesurables étudiées par J. von Neumann ([3]).

Les propriétés algébriques de la décomposition sont pathologiques en raison du caractère pathologique des opérations algébriques sur les opérateurs non bornés. Cependant on peut obtenir des résultats intéressants dans certains cas comme le suivant :

THÉORÈME 3. — *Soit* H *une algèbre hilbertienne de classe finie* ([4]) *à structure hilbertienne sous-jacente séparable. Il existe des décompositions de* H *en somme continue d'algèbres hilbertiennes* $H(\zeta)$ *à élément unité* $e(\zeta)$ *de façon que l'espace hilbertien* H *soit isomorphe à la somme continue des espaces hilbertiens* $H(\zeta)$ *par rapport à un espace localement compact* $\Omega$ *(compact si* H *a une unité), une mesure* $\mu$ *sur* $\Omega$ *et une famille fondamentale* $\Lambda$ *vérifiant les axiomes* $\Lambda_1$, $\Lambda_2$, $\Lambda_3$ *et* $\Lambda_4$ *de Godement, et de façon que les propriétés suivantes soient vérifiées :*

1° *Les algèbres hilbertiennes* $H(\zeta)$ *sont presque partout irréductibles* ([5]).

2° *La condition nécessaire et suffisante pour que* $x(\zeta)$ *soit un champ mesurable est qu'il en soit de même du champ d'opérateurs fermés* $L_{x(\zeta)}$ *ou du champ* $R_{x(\zeta)}$. *Si* $x \sim x(\zeta)$ *on a* $L_x \sim L_{x(\zeta)}$ *et* $R_x \sim R_{x(\zeta)}$.

3° *La condition nécessaire et suffisante pour que* $xy$ ($x, y \in$ H *(soit défini est*

---

([3]) *Ann. Math.*, 1949, p. 401. Dans le cadre de la théorie de von Neumann F. I. Mautner (*Ann. Math.*, 1950, p. 528) a étudié la décomposition des opérateurs non bornés autoadjoints.

([4]) Pour les définitions et les notations, *cf.* AMBROSE, *Transactions of the American Mathematical Society*, 65, 1949, p. 26, et PALLU DE LA BARRIÈRE, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1994.

([5]) Une algèbre hilbertienne sera dite irréductible si L et R sont des facteurs.

*que* $x(\zeta)y(\zeta)$ *soit p. p. défini et que* $\int_0 \| x(\zeta)y(\zeta)\|^2 d\mu < \infty$. *On a dans ce cas* $xy(\zeta) = x(\zeta)y(\xi)$ *p. p.*

4° *Il existe une correspondance biunivoque entre les opérateurs* $L \in \widetilde{L}$ *et les champ* $l(\zeta)$ *mesurables (définis à un ensemble localement négligeable près). On a p. p. pour* $x \in D_L$, $Lx(\zeta) = l(\zeta)x(\zeta)$. *Il existe une correspondance biunivoque entre les opérateurs* $R \in \widetilde{R}$ *et les champs mesurables* $r(\zeta)$ *telle que pour* $x \in D_R$, *on ait presque partout* $Rx(\zeta) = x(\zeta)r(\zeta)$.

5° *La condition nécessaire et suffisante pour que* $L(\in \widetilde{L})$ *soit de la forme* $L_x$ *est que* $\int \| l(\zeta)\|^2 d\mu < \infty$. *On a alors p. p.* $l(\zeta) = x(\zeta)$.

6° *Si* $l(\zeta)$ *est un champ correspondant à* $L \in \widetilde{L}$, $l(\zeta)^*$ *est un champ correspondant à* $L^*$. *On a en particulier p. p.* $x(\zeta)^* = x^*(\zeta)$.

7° *Pour* $L \in \widetilde{L}$ *on a p. p.* $L^{\natural}(\zeta) = [l(\zeta), e(\zeta)]\, l(\zeta)$.

8° *La condition nécessaire et suffisante pour que* L *et* R *soient des éléments homologues de* $\widetilde{L}$ *et* $\widetilde{R}$ *est que* $l(\zeta) = r(\zeta)$ *p. p.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Valeurs déficientes d'une fonction algébroïde.* Note de M. **Vincent Ou Tchen-yang**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Fonction caractéristique.* — Soit

$$A(F, x) = F^{\nu} + A_1(x)F^{\nu-1} + A_2(x)F^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu}(x) = 0,$$

l'équation qui définit une fonction algébroïde $F(x)$, les coefficients $A_1(x)$, $A_2(x)$, ..., $A_{\nu}(x)$ étant des fonctions méromorphes, quotients de fonctions entières. La même équation détermine sur le plan $x$ une surface de Riemann (S), à $\nu$ feuillets, sur laquelle $F(x)$ devient uniforme; soit (D) l'aire de Riemann, circulaire, portion de (S) qui se projette sur le cercle $|x| < r$, aire qui sera toujours connexe si $r$ est assez grand. Le $\nu$-cercle $|x| = r$, frontière de (D), n'est pas nécessairement d'un seul tenant.

J'appelle *fonction caractéristique de* $F(x)$ la fonction de $r$

$$T(r, F) = N(r, F) + m(r, F),$$

avec

$$N(r, F) = \frac{1}{\nu}\sum p \log \frac{r}{|b|}, \qquad m(r, F) = \frac{1}{2\nu\pi}\int_0^{2\nu\pi} \log^+ |F(re^{i\theta})|\, d\theta,$$

en désignant par $b$ les pôles de $F(x)$, d'ordre $p$, intérieurs au $\nu$-cercle $|x| = r$.

La formule de Jensen, convenablement appliquée, montre que $T(r, 1/F)$ ne diffère de $T(r, F)$ que par un terme borné.

2. *Points de ramification.* — Pour comparer les fonctions caractéristiques de diverses algébroïdes. j'utilise la propriété suivante, presque évidente.

Si l'on désigne par $P(X_1, X_2, \ldots, X_n)$ un polynome de $n$ variables $X_1$; $X_2, \ldots, X_n$, de degré $m_i$ par rapport à $X_i$, on a

$$\log^+ |P(X_1, X_2, \ldots, X_n)| \leqq \sum_{i=1}^{n} m_i \log^+ |X_i| + K,$$

K étant une constante.

J'en déduis en particulier, à une constante additive près,

$$T\left(r, \frac{\partial A}{\partial F}\right) \leqq (2\nu - 2) T(r, F),$$

ce qui conduit au résultat suivant :

*On désigne par c les points de ramification, d'ordre $k-1$, intérieurs au $\nu$-cercle $|x| = r$, et par $l$, le nombre de fois que $F(x)$ prend en c la même valeur $F(c)$, finie ou infinie. On a alors, à une constante additive près,*

$$\frac{1}{\nu} \sum (k - l) \log \frac{r}{|c|} \leqq (2\nu - 2) T(r, F).$$

3. *Méthode de Picard-Lindelöf.* — Soit $\Phi(y)$ une fonction fuchsienne admettant comme domaine d'existence le cercle-unité. En posant $\Phi(y) = F(x)$, on définit une fonction $y = f(x)$ qui n'est pas uniforme, en général, fonction que je qualifie de *fuchsiennement polymorphe* : ses diverses déterminations se déduisent les unes des autres par des substitutions linéaires *fuchsiennes*, c'est-à-dire conservant le cercle-unité. La méthode de Picard-Lindelöf, au sens général que nous lui donnerons, ramène l'étude de $F(x)$ à celle de $f(x)$.

Du lemme de Schwarz, fondamental dans cette méthode, je donne l'extension suivante :

*$f(x)$ étant dans le cercle-unité une fonction fuchsiennement polymorphe de module $\leqq 1$, on suppose ce qui suit :*

*1° Les points critiques n'ont pas de point d'accumulation à l'intérieur du cercle-unité;*

*2° On a $f'(x) = 0$ en chacun des points critiques, à l'exclusion d'un nombre fini d'entre eux, $a_1, a_2, \ldots, a_p$.*

*On a alors partout dans le cercle-unité,*

$$\frac{|f'(x)|(1 - |x|^2)}{1 - |f(x)|^2} \prod_{i=1}^{p} \left| \frac{x - a_i}{1 - \bar{a}_i x} \right|^{\omega_i} \leqq 1,$$

*$\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_p$ étant p constantes positives.*

L'application aux fonctions algébroïdes donne le résultat suivant :

*Soient $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_q$, q valeurs finies; $n_1, n_2, \ldots, n_q$, q nombres entiers tels qu'on ait*

$$\sum\left(1 - \frac{1}{n}\right) = \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) + \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) + \ldots + \left(1 - \frac{1}{n_q}\right) > 2.$$

*On désigne par a les zéros de* $F(x)-\alpha$, *d'ordre m, intérieurs au* $\nu$*-cercle* $|x|=r$, $\alpha$ *étant une des valeurs* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_q$.

*En faisant tendre r vers* $\infty$, *on exclut certains intervalles de longueur totale finie. On a alors*

$$\sum\left(1-\frac{1}{n}\right)-\underline{\lim}\left[\frac{1}{\nu}\sum m\left(1-\frac{1}{n}\right)\log\frac{r}{|a|}:T(r, F)\right]\leqq 2\nu.$$

4. *Valeurs déficientes.* — Si l'on appelle *valeur déficiente* toute valeur $\alpha$ pour laquelle la quantité

$$\underline{\lim}\left[m\left(r, \frac{1}{F-\alpha}\right):T(r, F)\right]=1-\overline{\lim}\left[N\left(r, \frac{1}{F-\alpha}\right):T(r, F)\right],$$

appelée *déficience*, n'est pas nulle, on peut conclure :

1° *Les valeurs déficientes forment au plus une infinité dénombrable ;*

2° *La somme des déficiences est égale à* $2\nu$ *au plus.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les ensembles convexes et les involutions algébriques de directions du plan.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Paul Montel.

1. Un ensemble de directions [1] de $E_n$ est convexe si, avec deux quelconques de ses directions $d$ et $\delta$, il contient toutes les directions de l'un ou l'autre des deux couples d'angles opposés par le sommet, obtenus en menant par un point de $E_n$ les parallèles à $d$ et $\delta$. Dans un plan $E_2$ tout déplacement continu d'une droite engendre un ensemble convexe de directions. Dans $E_n$ on peut obtenir de tels ensembles en envisageant les droites joignant un point quelconque d'un corps convexe $C_1$ à un point quelconque d'un autre corps convexe $C_2$.

2. Considérons, dans un plan P, un ensemble quelconque $\mathcal{E}(e)$ d'ensembles convexes de directions $(e)$, et supposons que les différents $(e)$ aient trois à trois une direction commune au moins. On a alors la propriété suivante : si $\Phi$ est un faisceau de droites du plan, de centre O, il existe une involution I, au moins, entre les rayons de $\Phi$ telle que, $Od$ étant l'un quelconque des rayons de $\Phi$ et $O\delta$, son conjugué dans I, *tout élément e de* $\mathcal{E}$ *admet une direction parallèle à l'une ou l'autre des droites* $Od$, $O\delta$.

La propriété se ramène aisément à la suivante : étant donné un ensemble d'arcs $\gamma$ d'un cercle $\Gamma$, si ces arcs ont trois à trois un point commun, il existe une involution ponctuelle au moins sur $\Gamma$, telle que, si $p$ et $q$ en sont deux points conjugués, chacun des arcs $\gamma$ contient $p$ ou $q$. Cette dernière proposition devient une conséquence d'un théorème de Helly-Banach-Radon si l'on

---

(1) Il s'agit de directions de droites. La notion introduite diffère légèrement de celle envisagée sous le même nom par M. Favard dans son Mémoire *Sur les corps convexes*, *Journ. de Math.*, 12, 1933, p. 221.

adjoint à chaque arc $\gamma$ sa corde et si l'on envisage l'ensemble des corps convexes $c$ du plan ayant pour frontières les courbes fermées obtenues. Les corps $c$ ont trois à trois un point commun au moins et, par suite, d'après ledit théorème, ils ont tous un point commun au moins $\omega$. Si $\omega$ est sur $\Gamma$ la propriété en vue est vérifiée par une involution quelconque de $\Gamma$ et, si (cas général) $\omega$ est à l'intérieur de $\Gamma$, elle est vérifiée par l'involution admettant $\omega$ pour centre de collinéation.

3. M. A. Horn a considéré récemment (¹) des ensembles d'arcs d'un même cercle $\Gamma$ dont les éléments ont *deux à deux* un point commun au moins, et montré qu'il existe alors sur $\Gamma$ un point au moins tel que chacun des arcs de l'ensemble passe par ce point ou par le point diamétralement opposé. Le résultat du n° 2 montre la différence de structure qu'il y a entre les ensembles de M. Horn et ceux envisagés dans cette Note. Cette différence disparaît pour les ensembles ne recouvrant pas tout le cercle $\Gamma$ : les conditions pour les arcs constituants d'avoir *deux à deux* ou *trois à trois* un point commun sont dans ce cas *équivalentes* et tous les arcs ont alors *un point commun au moins*.

4. Dans un article déjà ancien (²), j'ai envisagé des ensembles $\mathcal{E}$ d'ensembles convexes $(e)$ de directions ayant trois à trois une direction commune. Une inadvertance m'a amené à dire que tous les $(e)$ ont *une* direction commune et à en déduire l'existence d'une sécante commune à tous les corps d'un ensemble de corps connexes du plan si ceux-ci ont 6 à 6 une sécante commune.

Conformément au n° 2, les $(e)$ ont en commun l'*une* ou l'*autre* de deux directions distinctes, et la remarque du n° 3 permet d'établir que l'existence d'une sécante commune à tous les corps d'un ensemble (C) de corps connexes d'un plan n'est assurée que si l'ensemble des directions des droites coupant deux corps quelconques de (C) laisse échapper une direction au moins du plan : il suffit alors, pour que tous les corps de (C) aient une sécante commune, qu'ils aient 4 à 4 une sécante commune.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Méthode de calcul des intégrales de la forme*

$$J_{cs} = \int_0^{\pi} \frac{\cos k\sqrt{\lambda^2+\alpha^2}}{\sqrt{\lambda^2+\alpha^2}} \sin p\lambda \, d\lambda.$$

Note (*) de M^lle^ **Geneviève Soulé-Nan** et M. **Jean Peltier**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'étude de la répartition du courant dans les antennes introduit l'intégrale $J_{cs}$ et les intégrales analogues $J_{cc}$, $J_{sc}$, $J_{ss}$ où apparaissent, comme

(¹) *Bull. Americ. Mat. Society*, 55, 1949, p. 923.

(²) *Bull. Sc. Math.*, 2ᵉ série, 59, 1935, p. 163.

(*) Séance du 28 mai 1951.

l'indiquent les indices, tantôt des cosinus, tantôt des sinus. Nous montrons que ces intégrales peuvent s'exprimer à l'aide des fonctions trigonométriques intégrales données par les tables numériques de H. H. Aiken [1]

$$S(a, X) = \int_0^X \frac{\sin\sqrt{x^2+a^2}}{\sqrt{x^2+a^2}}\,dx; \qquad C(a, X) = \int_0^X \frac{1-\cos\sqrt{x^2+a^2}}{\sqrt{x^2+a^2}}\,dx.$$

Nous pouvons toujours supposer $k > 0$, $\alpha > 0$, $p > 0$, et après changement de variable $\lambda = x/k$ en posant $m = \alpha k$, $X = k\pi$, $\omega = p/k$, l'intégrale $J_{CS}$, que nous envisageons par exemple, s'écrit

$$J_{CS} = \frac{1}{2}\int_0^X \frac{\sin(\sqrt{x^2+m^2}+\omega x) - \sin(\sqrt{x^2+m^2}-\omega x)}{\sqrt{x^2+m^2}}\,dx,$$

dont le calcul se ramène à celui de l'intégrale $I = \int_0^X \frac{\sin(\sqrt{x^2+m^2}+\theta x)}{\sqrt{x^2+m^2}}\,dx$, où $\theta = \pm\omega$. Posons $\sqrt{x^2+m^2}+\theta x = z$. Un calcul simple donne

$$\frac{dx}{\sqrt{x^2+m^2}} = \pm\frac{dz}{\sqrt{z^2+m^2(\theta^2-1)}}.$$

Or, l'examen de la courbe $z(x)$ montre que, $x$ croissant par valeurs positives, $z$ croît si $\theta > 0$ et décroît si $\theta < -1$. Pour $-1 < \theta < 0$, $z$ décroît jusqu'à $m\sqrt{1-\omega^2}$, obtenue pour $X_0 = \omega m/\sqrt{1-\omega^2}$, c'est-à-dire $Z_0 = m\sqrt{1-\omega^2}$, et croît ensuite. Il en résulte, en posant

$$\left.\begin{matrix} Z_1 \\ Z_2 \end{matrix}\right\} = \sqrt{X^2+m^2} \pm \omega X,$$

si $\omega > 1$,

$$2J_{CS} = \int_m^{Z_1} + \int_m^{Z_2} \frac{\sin z\,dz}{\sqrt{z^2+m^2(\omega^2-1)}},$$

si $\omega < 1$,

$$2J_{CS} = \int_m^{Z_1} + \int_m^{Z_2} - \int_{Z_0}^{Z_2}.$$

Posant enfin $A = m^2(\omega^2-1)$, $t = \sqrt{z^2+A}$, on sera ramené à des intégrales de la forme $\int_T \frac{\sin\sqrt{t^2-A}}{\sqrt{t^2-A}}\,dt$ $\left(\text{ou } \int_T^{T'} \frac{\cos\sqrt{t^2-A}}{\sqrt{t^2-A}}\,dt \text{ pour les autres intégrales } J\right)$. Lorsque $\omega < 1$, $-A$ est positif et peut être pris égal à $a^2$ : on se ramène ainsi aux intégrales de Aiken; on trouve :

$$2J_{CS} = S(a, T_1) - S(a, T_2) - 2S(a, \alpha p);$$

$$2J_{CC} = L\left[\frac{1}{a^2}(T_1+\sqrt{T_1^2+a^2})(T_2+\sqrt{T_2^2+a^2})\right] - C(a, T_1) - C(a, T_2);$$

$$2J_{SC} = S(a, T_1) + S(a, T_2);$$

$$2J_{SS} = L\frac{(T_2+\sqrt{T_2^2+a^2})(\alpha p+\sqrt{\alpha^2p^2+a^2})^2}{a^2(T_1+\sqrt{T_1^2+a^2})} + C(a, T_1) - C(a, T_2) - 2C(a, \alpha p).$$

[1] *The Annals of the Computation Laboratory of Harvard University*, 1949, XVIII, XIX.

avec

$$a = \alpha\sqrt{k^2 - p^2} \quad \text{et} \quad \begin{cases} T_1 = \sqrt{Z_1^2 + A} = k\pi + p\sqrt{\alpha^2 + \pi^2} \\ T_2 = \sqrt{Z_2^2 + A} = |k\pi - p\sqrt{\alpha^2 + \pi^2}|. \end{cases}$$

Lorsque $\omega > 1$, on est ramené aux fonctions S et C pour lesquelles $a$ serait remplacé par $ia$, intégrales qu'il serait souhaitable de tabuler. Mais, dans les applications usuelles, A est petit; on peut alors, en négligeant les termes en $A^2$ obtenir des relations entre les fonctions S et C correspondant aux paramètres $a$ et $ia$. Par exemple, si on néglige les termes en $a^4$ :

$$S(ia, X) = 2S(0, X) - S(a, X),$$

$$\begin{aligned} |C(ia, X)|_{X_2}^{X_1} = {} & 2\frac{\sqrt{X_1^2 - a^2}}{X_1} C(0, X_1) - 2\frac{\sqrt{X_2^2 - a^2}}{X_2} C(0, X_2) \\ & - \frac{\sqrt{X_1^2 - a^2}}{\sqrt{X_1^2 + a^2}}\left[C(a, X_1) - \frac{a^2}{4}\left[L\left(X_1 + \sqrt{X_1^2 + a^2}\right) - La\right]\right] \\ & + \frac{\sqrt{X_2^2 - a^2}}{\sqrt{X_2^2 + a^2}}\left[C(a, X_2) - \frac{a^2}{4}\left[L\left(X_2 + \sqrt{X_2^2 + a^2}\right) - La\right]\right] \\ & - \frac{a^2}{4} L \frac{X_1 + \sqrt{X_1^2 - a^2}}{X_2 + \sqrt{X_2^2 - a^2}}. \end{aligned}$$

Il vient dans ces conditions, en posant $A = b_2$ :

$$2J_{CS} = 2[S(0, T_1) + S(0, T_2) - 2S(0, \alpha p)] - [S(b, T_1) + S(b, T_2) - 2S(b, \alpha p)];$$

$$\begin{aligned} 2J_{CC} = {} & \frac{\sqrt{T_1^2 - b^2}}{\sqrt{T_1^2 + b^2}}\left[C(b, T_1) - \frac{b^2}{4} L \frac{T_1 + \sqrt{T_1^2 + b^2}}{b}\right] - 2\frac{\sqrt{T_1^2 - b^2}}{T_1} C(0, T_1) \\ & - \frac{\sqrt{T_2^2 - b^2}}{\sqrt{T_2^2 + b^2}}\left[C(b, T_2) - \frac{b^2}{4} L \frac{T_2 + \sqrt{T_2^2 + b^2}}{b}\right] + 2\frac{\sqrt{T_2^2 - b^2}}{T_2} C(0, T_2) \\ & + \left(1 + \frac{b^2}{4}\right) L \frac{T_1 + \sqrt{T_1^2 - b^2}}{T_2 + \sqrt{T_2^2 - b^2}}; \end{aligned}$$

$$2J_{SC} = 2[S(0, T_1) - S(0, T_2)] - [S(b, T_1) - S(b, T_2)];$$

$$\begin{aligned} 2J_{SS} = {} & 2\frac{\sqrt{T_1^2 - b^2}}{T_1} C(0, T_1) - \frac{\sqrt{T_1^2 - b^2}}{\sqrt{T_1^2 + b^2}}\left[C(b, T_1) - \frac{b^2}{4} L \frac{T_1 + \sqrt{T_1^2 + b^2}}{b}\right] + 2\frac{\sqrt{T_2^2 - b^2}}{T_2} C(0, T_2) \\ & - \frac{\sqrt{T_2^2 - b^2}}{\sqrt{T_2^2 + b^2}}\left[C(b, T_2) - \frac{b^2}{4} L \frac{T_2 + \sqrt{T_2^2 + b^2}}{b}\right] - 4\frac{\sqrt{\alpha^2 p^2 - b^2}}{\alpha p} C(0, \alpha p) \\ & + 2\frac{\sqrt{\alpha^2 p^2 - b^2}}{\sqrt{\alpha^2 p^2 + b^2}}\left[C(b, \alpha p) - \frac{b^2}{4} L \frac{\alpha p + \sqrt{\alpha^2 p^2 + b^2}}{b}\right] \\ & - \left(1 + \frac{b^2}{4}\right) L \frac{\left(T_1 + \sqrt{T_1^2 - b^2}\right)\left(T_2 + \sqrt{T_2^2 - b^2}\right)}{\left(\alpha p + \sqrt{\alpha^2 p^2 - b^2}\right)^2}. \end{aligned}$$

où $b = \alpha\sqrt{p^2 - k^2}$ et $T_1$, $T_2$ ont la même valeur que précédemment.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de quelques sous-naines.* Note de M. **Jacques Berger**, M[lle] **Renée Canavaggia**, M. **Daniel Chalonge** et M[lle] **Anne-Marie Fringant**, présentée par M. André Danjon.

1. Les spectres ont été fournis par un petit spectrographe à optique de quartz, à châssis oscillant ([1]), fixé au foyer Cassegrain du télescope de 82 pouces de l'Observatoire Mc Donald ([2]).

Pour faire l'étude spectrophotométrique d'une étoile, on enregistre sur une même plaque photographique le spectre de cette étoile et celui d'une étoile de comparaison bien connue. Dans le cas présent l'étoile choisie était HD73.

La méthode exige en principe que tous les spectres pris sur une même plaque (spectres stellaires et spectres de gradation servant à déterminer les lois de noircissement) correspondent au même temps de pose. Si cette condition a pu être réalisée pour les spectres de gradation et ceux de l'étoile de comparaison HD73, avec un temps de pose de 5 mn, les étoiles étudiées (Tableau I), trop faibles, exigèrent des poses beaucoup plus longues atteignant parfois 1 h; mais l'étude des plaques de la même marque (Kodak IIaO) que celles utilisées pour les observations justifie le mode opératoire suivi : le réseau des courbes de gradation relatif à une pose d'une heure diffère peu de celui de 5 mn.

La liste des sous-naines étudiées est fournie par la première colonne du Tableau I; leur magnitude visuelle $m_V$ et leur type spectral [d'après Kuiper ([3])], par les deux colonnes suivantes :

Tableau I.

| ★ | $m_V$. | Type. | D. | $\lambda_1 - 3700$. | G. |
|---|---|---|---|---|---|
| BD +71° 31 | 10,2 | F0 | 0,17 | 57 | +0,37 |
| BD +72° 94 | 10,1 | F0 | 0,15 | 60 | +0,44 |
| BD +17° 4708 | 9,3 | F2 | 0,13 | 65 | +0,24 |
| BD −14° 6437 | 8,3 | F8 | 0,07 | 69 | +0,23 |

La classification proposée par Kuiper rend bien compte de l'aspect général des spectres mais la faible dispersion de ceux-ci n'a pas permis de contrôler dans quelle mesure cette classification peut différer de celle que donneraient les critères de Morgan.

Nous avons comparé les quatre sous-naines aux trois étoiles normales ([4]) du tableau II classées par Morgan.

([1]) Une description préliminaire de cet instrument est donnée dans *Astronomie*, **65**, 1951, p. 91.

([2]) Les observations ont été faites par M[lle] R. Canavaggia et M. V. Kourganoff.

([3]) *Ap. J.*, **91**, 1940, p. 269.

([4]) A la vérité la troisième n'appartient pas à la série principale. Mais il est probable que les propriétés de son spectre continu sont sensiblement les mêmes que celles d'une étoile V.

TABLEAU II.

| ★ | $m_v$ | Type. | D. | $\lambda_1 - 3700$. |
|---|---|---|---|---|
| εCep................. | 4,2 | F0V | 0,36 | 79 |
| 78UMa............... | 4,9 | F2V | 0,20 | 78 |
| $\sigma^2$UMa.............. | 4,9 | F8IV | 0,15 | 69 |

2. *Résultats.* — La discontinuité de Balmer D est nettement plus petite pour les sous-naines que pour les étoiles normales de même type (colonne 4 des Tableaux I et II).

Les valeurs du gradient relatif G de chaque sous-naine, par rapport à l'étoile normale de même type du Tableau II sont données dans la colonne 6 du Tableau I. Malgré le caractère un peu incertain de ces nombres (dû à la trop longue durée des temps de pose pour les sous-naines), leur grandeur permet d'énoncer la conclusion qualitative suivante : la température de couleur du spectre continu (bleu-violet) d'une sous-naine de type F est inférieure à celle d'une étoile normale de même type.

Enfin, la longueur d'onde $\lambda_1$ ([5]) a été estimée (colonne 5 des deux tableaux). Elle paraît en moyenne un peu plus faible pour les sous-naines que pour les étoiles normales.

Ces deux derniers résultats sont en contradiction avec ceux que l'étude citée dans la Note ([5]) aurait permis d'attendre : mais cette étude concernait des étoiles appartenant à la famille stellaire que l'on désigne sous le nom de « population I » alors que les sous-naines font partie de la « population II » qui a des propriétés très différentes de la première, et en particulier n'obéit pas aux mêmes règles de classification.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur des expressions approchées de l'indice de réfraction d'un milieu ionisé soumis à l'action du champ magnétique terrestre.* Note de M. **Émile Argence**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des formules approchées donnant la valeur de l'indice de réfraction ont été obtenues à partir des travaux récents de Pœverlein sur la détermination graphique des trajectoires d'un signal électromagnétique, réfractées par l'ionosphère, lorsque l'on tient compte du champ magnétique terrestre.

1. La théorie magnéto-ionique édifiée par Appleton et Hartree ([1]) conduit à

---

([5]) *Voir* la définition précise de $\lambda_1$ dans : D. Barbier et D. Chalonge, *Annales d'Astrophysique*, 2, 1939, p. 254.

([1]) E. V. Appleton, *J. Inst. Electr. Engs.*, 71, 1932, p. 642; D. R. Hartree, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 27, 1931, p. 143.

l'expression suivante de l'indice de réfraction ([2]) :

$$\mu^2 = 1 - \eta\left[1 - \frac{\beta^2 \sin^2\theta}{2(1-\eta)} \pm \sqrt{\frac{\beta^4 \sin^4\theta}{4(1-\eta)^2} + \beta^2 \cos^2\theta}\right]^{-1},$$

avec

$$\eta = \frac{\omega_0^2}{\omega^2}, \qquad \beta = \frac{\omega_H}{\omega}, \qquad \omega_H = \frac{eH}{mc}, \qquad \omega_0^2 = \frac{4\pi Ne^2}{m},$$

$\omega$ étant la pulsation de l'onde, $e$ la charge de l'électron en U. E. S., $m$ la masse de l'électron, N le nombre d'électrons par centimètre cube, $\theta$ l'angle de la normale au plan d'onde et du champ magnétique, H l'intensité du champ magnétique (le signe + correspond au rayon ordinaire, le signe — au rayon extraordinaire). L'ionosphère se comporte comme un milieu biréfringent.

Pœverlein ([3]) a déterminé graphiquement les courbes des indices $\mu_{or}(\theta)$ et $\mu_{ex}(\theta)$ correspondant aux rayons ordinaire et extraordinaire. Les intersections de ces courbes et de la droite $\mu\cos\alpha - \cos\alpha_0 = 0$ ($\alpha$ étant l'angle entre la normale au plan d'onde et la verticale) permettent de déterminer les angles aux différents niveaux d'ionisation, pour une onde de pulsation et de direction données et une valeur connue du champ magnétique.

2. Les courbes $\mu_{or}(\theta)$ et $\mu_{ex}(\theta)$ ont pour équation en coordonnées cartésiennes :

$$(1) \quad (X^2+Y^2)^2(1-\eta-\beta^2) + (X^2+Y^2) \times [\beta^2(\eta X^2 - \eta + 2) - 2(1-\eta^2)] - \eta\beta^2 X^2 + (1-\eta)[(1-\eta)^2 - \beta^2] = 0.$$

La direction de l'axe OX étant celle du champ magnétique. Ces courbes sont des quartiques circulaires admettant les axes de symétrie OX et OY, elles sont très proches d'ellipses admettant les mêmes axes et d'équations :

$$(2) \quad \frac{X^2}{\mu_M^2} + \frac{Y^2}{\mu_m^2} = 1 \text{ (rayon ordinaire)}, \qquad \frac{X^2}{n_M^2} + \frac{Y^2}{n_m^2} = 1 \text{ (rayon extraordinaire)},$$

avec

$$\mu_M^2 = \frac{1+\beta-\eta}{1+\beta}, \qquad \mu_m^2 = 1-\eta, \qquad n_M^2 = \frac{1-\beta-\eta}{1-\beta}, \qquad n_m^2 = \frac{(1-\eta)^2-\beta^2}{1-\eta-\beta^2},$$

ce qui nous conduit aux expressions de l'indice

$$(3) \quad \mu^2 = \frac{(1-\eta)(1+\beta-\eta)}{1+\beta-\eta-\beta\eta\cos^2\theta} \text{ (rayon ordinaire)},$$

$$(4) \quad \mu^2 = \frac{(1-\eta-\beta)(1-\eta+\beta)}{1-\eta-\beta^2+\beta\eta\cos^2\theta} \text{ (rayon extraordinaire)}.$$

La formule (3) contient comme cas particulier les approximations de Cotte ([3]) ($\beta = \infty$) et de Sellmeier ($\beta = 0$). Nous retrouvons en particulier, lorsque l'expression (4) s'annule, la relation classique $\eta = 1 \pm \beta$.

---

([2]) Lorsque l'on néglige le nombre de chocs et le facteur de polarisation.

([3]) *Bayerische Akade. d. Wissensch.*, 1948, p. 175-201; *Zeitschrifft angewandte Physik*, **1**, 1949, p. 517-525; **2**, 1950, p. 152-160.

Notons que, par substitution de $[\eta/(1+l\eta-iz)]$ à $\eta$ et de $[\beta/(1+l\eta-iz)]$ à $\beta$ ($l$ étant le facteur de polarisation et $z=\nu/\omega$, $\nu$ le nombre de chocs), on obtient une expression approchée de l'indice pour le cas le plus général.

3. Les différentes trajectoires du signal dans le plan du méridien magnétique sont données par les équations suivantes, dans le cas du rayon ordinaire ([5]).

*a.* Lorsque l'on néglige le vecteur de Poynting et compte tenu de la loi de réfraction $\mu(\theta, \omega_0)\sin\alpha = \sin\alpha_0$ (avec $\theta = \delta + \alpha$, $\delta$ étant l'angle de la direction du champ magnétique avec la verticale)

$$(5)\qquad y'^2(\mu_m^2\cos^2\delta + \mu_M^2\sin^2\delta) + 2y'(\mu_M^2 - \mu_m^2)\sin\delta\cos\delta + \mu_M^2\cos^2\delta + \mu_m^2\sin^2\delta - \frac{\mu_m^2\mu_M^2}{\sin^2\alpha_0} = 0.$$

*b.* Lorsque l'on tient compte du vecteur de Poynting

$$(6)\qquad \frac{dy}{dx} = \frac{y_\alpha(\mu_m^2\cos^2\delta + \mu_M^2\sin^2\delta) + (\mu_M^2 - \mu_m^2)\sin\delta\cos\delta\sin\alpha_0}{y_\alpha(\mu_M^2 - \mu_m^2)\sin\delta\cos\delta + (\mu_m^2\sin^2\delta + \mu_M^2\cos^2\delta)\sin\alpha_0},$$

$y_\alpha$ étant d'ordonnée des points d'intersection de l'ellipse de l'indice avec la droite $x = \sin\alpha_0$, $\mu_m$ et $\mu_M$ étant des fonctions connues de l'altitude $y$, les expressions précédentes sont intégrables. L'équation (5) conduit, suivant les cas, à des intégrales elliptiques ou hyperelliptiques. A incidence normale, l'équation différentielle (6) montre qu'il existe une courbure de la trajectoire, résultat établi à partir du principe d'Huyghens par Cotte ([4]).

4. La formule de l'indice correspondant au rayon ordinaire permet de déterminer suivant les méthodes de Rydbeck ([6]) et de Cotte ([5]) la variation de la densité électronique en fonction de l'altitude. Une étude détaillée effectuée à partir des mesures obtenues à la station de Fribourg sera publiée avec la collaboration de K. Rawer.

ÉLECTRONIQUE. — *Détermination du point représentatif de la saturation d'une diode sur une courbe expérimentale* $\log \mathcal{J} = f(\sqrt{F})$. Note de M. **Henry Bonifas**, présentée par M. Camille Gutton.

A la lumière de nos connaissances de la structure énergétique de l'atome, il est évident qu'un électron, pour aller de sa position normale à l'intérieur d'un atome superficiel d'un solide jusqu'à un point infiniment éloigné, subit l'action de deux champs bien distincts :

1° Un champ quantifié, c'est-à-dire relevant de la mécanique quantique; il

---

([4]) *Notes préliminaires du L. N. R.*, n° 96.

([5]) Les calculs sont analogues pour le rayon extraordinaire.

([6]) *Phil. Mag.*, 30, 1940, p. 282.

([7]) *Notes préliminaires du L. N. R.* n° 110.

équivaut globalement à une attraction qui devient négligeable à une petite distance $y_0$ du noyau atomique, que nous appellerons rayon d'action de l'atome dans le sens de l'émission. Le travail $\varepsilon\varphi$ nécessaire pour vaincre ce champ est celui qui figure dans l'équation de Richardson-Dushmann $\mathcal{J}_{th} = A_0 T^2 e^{-\frac{\varepsilon\varphi}{kT}}$ quand on la calcule à partir de la statistique de Fermi-Dirac. $\varphi$ est ce que l'on appelle le travail de sortie superficiel ($\varepsilon$ est la charge électrique de l'électron).

2° Un champ électrostatique non quantifié, provenant de la charge positive que l'électron émis libère dans le noyau; si l'on fait l'hypothèse que ce champ électrostatique est coulombien, le travail nécessaire pour le vaincre sera :

$$\varepsilon\varphi'' = \int_{y_0}^{\infty} \frac{\varepsilon}{y^2} \times dy = \frac{\varepsilon}{y_0}.$$

Le travail de sortie total sera égal à : $\varepsilon\varphi' = \varepsilon\varphi + \varepsilon\varphi'' = \varepsilon\varphi + \varepsilon\sqrt{\varepsilon H_0}$ ($H_0 = \varepsilon/y_0^2$, champ à la surface de la cathode).

Considérons maintenant une diode à cathode thermoémissive. Si l'on admet une distribution maxwellienne des électrons émis (c'est-à-dire ayant surmonté le potentiel de sortie), on a

$$(1) \qquad \mathcal{J} = \mathcal{J}_{th} \exp \frac{-\varepsilon\,|\Phi_m|}{kT}$$

($\mathcal{J}$ : courant anodique correspondant au minimum du potentiel spatial retardateur $\Phi_m$). Pour des valeurs suffisamment élevées de $\mathcal{J}$, mais inférieures à la saturation $\Phi_m$, se trouve très près de la cathode, dans une région où le champ cathodique H est notable et où, par contre, le champ dû à la charge d'espace est

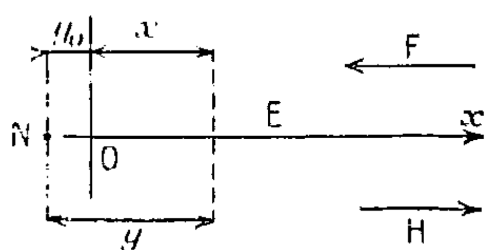



Fig. 1.

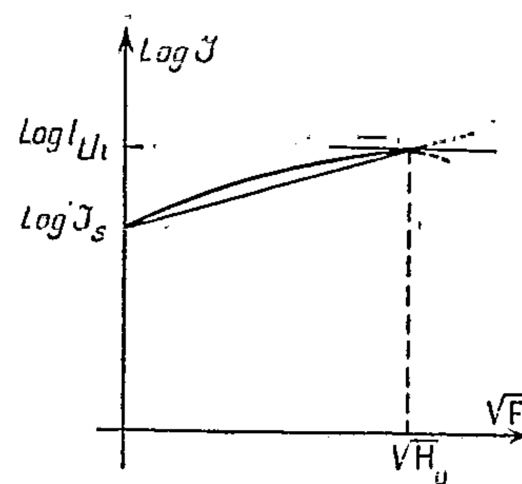



Fig. 2.

négligeable (tout au moins en première approximation) devant H. Dans ces conditions, si l'on désigne, en valeur absolue, par F le champ anodique, le potentiel en un point d'abscisse $x$ par rapport à la surface de la cathode, et $y$ par rapport au noyau de l'atome superficiel sera

$$\Phi_m = F x + \frac{\varepsilon}{(x + y_0)} - \frac{\varepsilon}{y_0}.$$

Ce potentiel sera minimum pour $x_m = \sqrt{\varepsilon/F} - y_0$ et sa valeur absolue sera

$$|\Phi_m| = \sqrt{\varepsilon H_0} - 2\sqrt{\varepsilon F} + F\sqrt{\frac{\varepsilon}{H_0}},$$

l'équation (1) s'écrit

$$(2) \qquad \mathcal{J} = \mathcal{J}_{th} \exp - \frac{\varepsilon}{kT}\left[\sqrt{\varepsilon H_0} - 2\sqrt{\varepsilon F} + F\sqrt{\frac{\varepsilon}{H_0}}\right].$$

Si l'on fait $F = 0$, on trouve pour $\mathcal{J}$ la valeur particulière

$$\mathcal{J}_s = \mathcal{J}_{th} \exp - \frac{\varepsilon\sqrt{\varepsilon H_0}}{kT}.$$

C'est ce qu'on appelle le courant de saturation à champ extérieur nul. On peut alors écrire

$$(2) \qquad \mathcal{J} = \mathcal{J}_s \exp \frac{\varepsilon}{kT}\left(2\sqrt{\varepsilon F} - F\sqrt{\frac{\varepsilon}{H_0}}\right)$$

ou, en prenant les log décimaux,

$$(3') \qquad \log\mathcal{J} = \log\mathcal{J}_s + \frac{0,434\varepsilon}{kT}\left(2\sqrt{\varepsilon F} - F\sqrt{\frac{\varepsilon}{H_0}}\right).$$

La dérivée de l'équation (3') s'annule pour $F = H_0$, ce qui correspond exactement au fonctionnement en saturation (champ résultant nul à la surface de la cathode). On voit ainsi que, au point représentatif de la saturation, la courbe $\log\mathcal{J}(\sqrt{F})$ passe par un maximum ou un point d'inflexion à tangente horizontale. De plus en ce point, l'équation (3) peut s'écrire :

$$\mathcal{J} = \mathcal{J}_s \exp \frac{\varepsilon^{\frac{3}{2}} F^{\frac{1}{2}}}{kT} = \mathcal{J}_{th} = A_0 T^2 \exp - \frac{\varepsilon(\varphi' - \sqrt{\varepsilon F})}{kT},$$

où l'on reconnaît une forme de l'équation dite de Schottky.

L'étude d'un certain nombre de courbes expérimentales a permis de repérer un point, ou une étroite région, correspondant aux caractéristiques définies ci-dessus. On fait alors la constatation assez inattendue que, quelle que soit la nature de la cathode (tungstène, tungstène-thorié, oxydes alcalins-terreux) l'abscisse moyenne de ce point, ou de cette région, est voisine de $100 \text{ (volts : cm)}^{\frac{1}{2}}$, ce qui conduit à admettre pour $H_0$ une valeur « universelle » de l'ordre de 10 000 volts : cm et pour le « rayon d'action de l'atome superficiel » : $y_0 = \sqrt{\varepsilon/H_0} = 3,8.10^{-8}$ cm.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Appareil de démonstration pour l'Optique électronique.* Note de M. CHARLES FERT, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous décrivons un appareil de démonstration simple permettant de montrer à un auditoire les expériences fondamentales de l'Optique électronique : formation des images, aberrations, diffraction des électrons par les cristaux, dispositifs de déviation et leurs applications.

L'appareil est aisé à transformer et se prête à des montages très variés.

Il est possible de montrer à un auditoire les expériences fondamentales de l'Optique électronique. Nous décrivons un appareil simple qui permet d'atteindre ce résultat, et se prête à des montages très variés.

La figure 1 représente une vue d'ensemble du montage, dont les différents éléments sont portés par un banc d'optique.

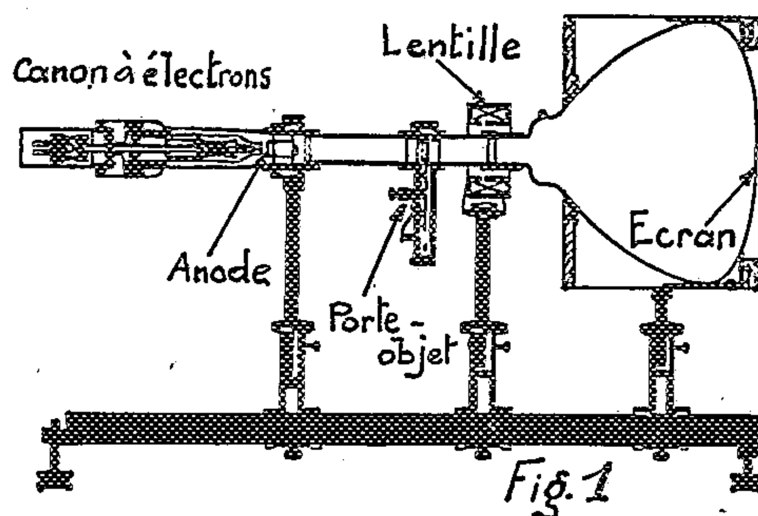


Fig. 1

La source d'électrons est un filament incandescent. Un générateur H. T. de télévision, modifié au laboratoire, fournit la tension d'accélération : 8,17 ou 25 kV. Le chauffage du filament est assuré par un accumulateur. Le Wehnelt est à polarisation réglable.

A la sortie de l'anode, les électrons parcourent un tube de laiton, prolongé par la partie évasée d'un tube de télévision dont l'écran fluorescent a 30 cm de diamètre. Tous les éléments sont assemblés par des raccords dont l'étanchéité est assurée par des joints de caoutchouc.

Vers le milieu du parcours, il est possible d'interposer et de substituer l'un à l'autre huit objets ou diaphragmes différents, sans perturber le vide qu'un petit groupe de pompes entretient dans l'appareil.

La figure 1 représente une lentille magnétique montée sur un support permettant de la centrer et de l'orienter. Pour certaines expériences, une autre lentille, jouant le rôle de condenseur, est placée entre l'anode et le porte-objet. Le tube peut recevoir différentes bobines déflectrices. L'emploi de lentilles électrostatiques est aisé à envisager.

L'ensemble, y compris les pompes et les générateurs, occupe, sur une table,

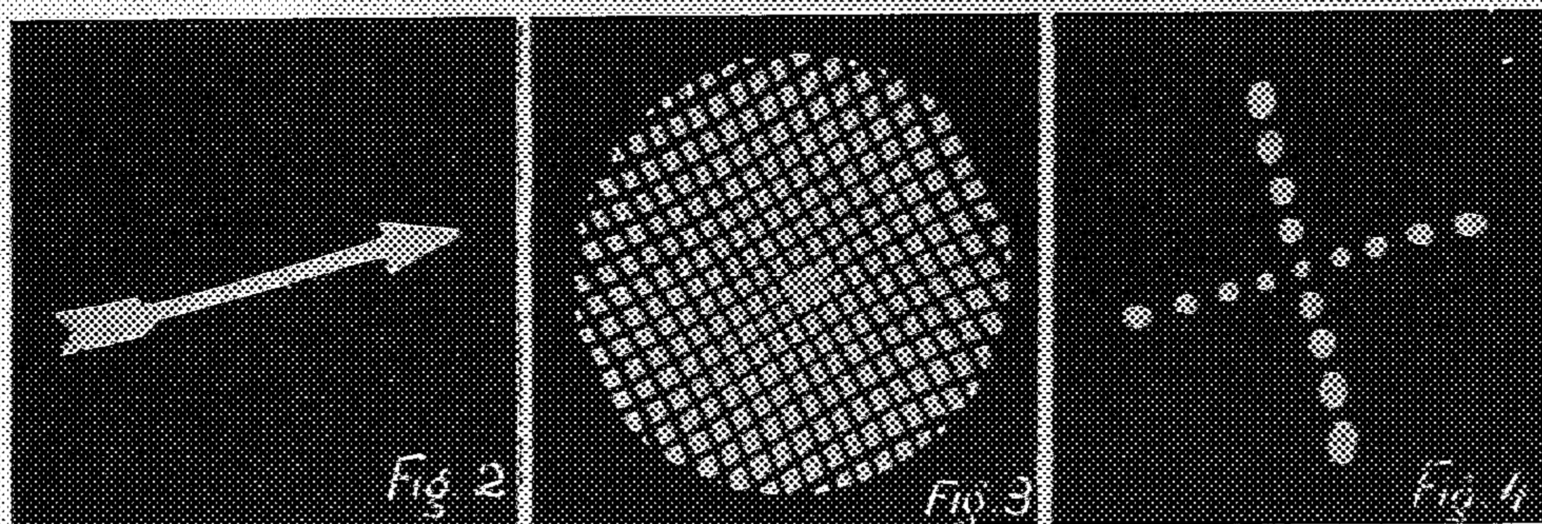



Fig. 2, 3, 4. — Image d'une flèche, d'une grille, d'une croix. (Dans tous les cas, la mise au point est contrôlée en utilisant un système de bobines déflectrices alimentées en courant alternatif.) (Le Poole, *Rev. Tech. Philips*, août 1950.) La distorsion, isotrope et anisotrope, des images est apparente.

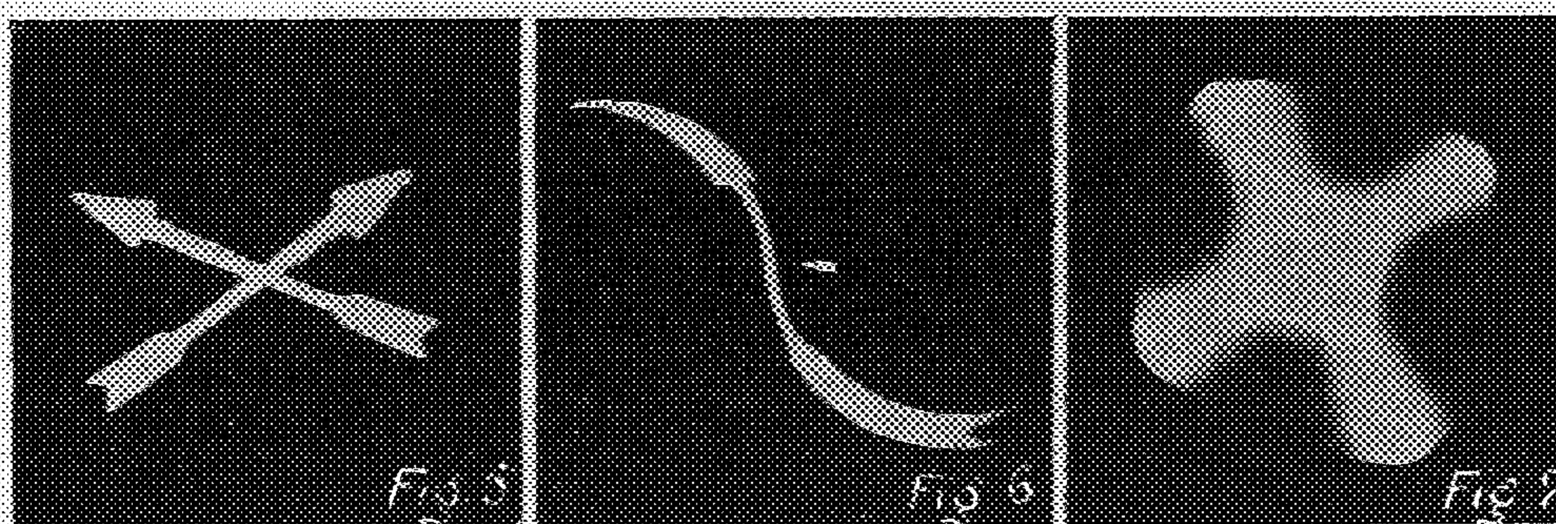



Fig. 5. — Images d'une flèche; le courant d'excitation de la lentille a été inversé pendant la pose : il y a rotation de l'image.

Fig. 6. — Deuxième image d'une flèche : existence de foyers multiples, pour des lentilles magnétiques convenablement excitées. Cette image présente une distorsion isotrope et anisotrope très importante.

Fig. 7. — La symétrie de révolution du champ de la lentille est volontairement détruite : ceci est obtenu en disposant des plaquettes d'acier doux dans l'entrefer de la lentille. L'objet est ici le trou d'anode.

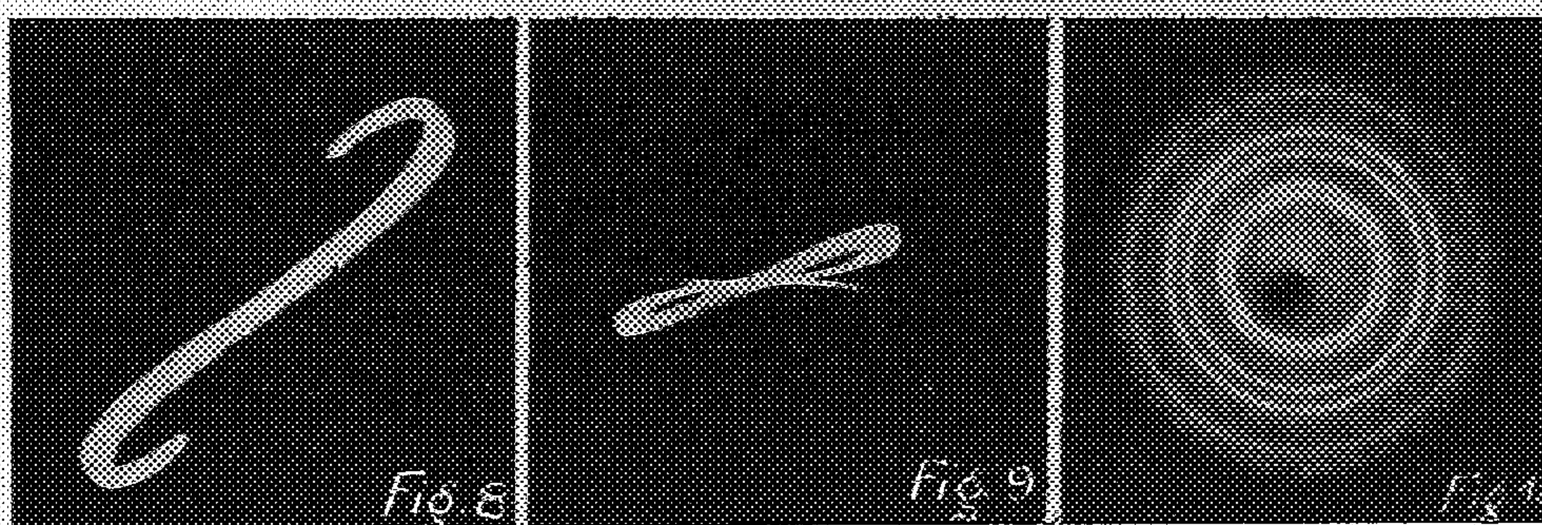



Fig. 8, 9. — Aberration de sphéricité : le trou d'anode sert d'objet : la lentille est diaphragmée par une fente. On voit sur la figure 8 que les bords de la lentille sont plus convergents que la région centrale. La figure 9 est prise lorsque l'excitation est réglée pour que l'écran soit entre le foyer des rayons marginaux et centraux. La rotation des méridiens rend le phénomène très visible.

Fig. 10. — Diagramme de diffraction électronique d'un film d'or.

une surface de l'ordre de $90 \times 80$ cm², et peut être rapidement transporté et monté dans un amphithéâtre.

Les figures 2 à 10 donnent une idée de quelques-unes des nombreuses expériences que l'appareil permet de réaliser.

OPTIQUE. — *Emploi d'un filtre interférentiel comme lame de phase dans un dispositif à contraste de phase.* Note (*) de MM. **Charles Dufour** et **Marcel Locquin**, présentée par M. Jean Cabannes.

*Théorie.* — Nous avons cherché à remplacer les lames de phase usuelles par des combinaisons de couches minces telles, que le déphasage introduit varie très rapidement en fonction de la longueur d'onde.

Parmi les couches multiples qui permettent d'obtenir la propriété cherchée se trouve le filtre interférentiel par transmission du type Fabry-Pérot : métal semi-transparent — diélectrique — métal semi-transparent.

Soit $\theta + \Psi$ le déphasage cherché, où $\theta$ représente le déphasage introduit par l'ensemble des couches, considéré comme une lame de phase ordinaire sans tenir compte des réflexions multiples

$$\theta = \sum \frac{2\pi(n_i - 1)\, e_i}{\lambda},$$

$n_i$ et $e_i$ sont les indices et les épaisseurs des différentes couches constituant la lame de phase.

$\Psi$ mesure la différence de phase entre le premier rayon émergent et la résultante de l'ensemble des rayons qui sont issus de la lame de phase à la suite des réflexions multiples à l'intérieur de la lame :

$$\Psi = \arg \left| \frac{T}{1 - R e^{2j(\varphi + \alpha)}} \right| \quad \text{pour un filtre symétrique;}$$

T et R, facteurs de transmission et de réflexion des deux couches minces métalliques;
$\varphi = (2\pi n e / \lambda)$, $n$ et $e$ relatifs au diélectrique placé entre ces deux couches;
$\alpha$, changement de phase à la réflexion diélectrique-métal.

La fonction $\Psi(\varphi)$ se détermine facilement, soit par construction graphique, soit par calcul analytique : $\operatorname{tg}\Psi = [2\,R\,\operatorname{tg}\varphi]/[(1 - R) + (1 + R)\operatorname{tg}^2\varphi]$.

A chaque bande de transparence ($\varphi + \alpha = k\pi$) correspond pour $\Psi$ un saut de phase voisin de $\pi$ d'autant plus rapide que R est plus élevé.

Le calcul numérique pour un filtre interférentiel à couches d'argent

$$R = 0{,}92, \qquad T = 0{,}04, \qquad \alpha = \frac{5\pi}{6} \ \text{(avance)}, \qquad \lambda_0 = 5\,500\,\text{Å (premier ordre)}$$

nous a permis de tracer la courbe 1.

(*) Séance du 21 mai 1951.

Si nous désirons une inversion du contraste quand $\lambda$ varie autour de $\lambda_0$, $(\theta + \Psi)$ doit varier par exemple de $\pi/2$ à $3\pi/2$.

La courbe 1 nous montre que $\theta$ doit alors être égal à $\pi$ pour $\lambda_0$. Il n'y a aucune raison pour que cette condition soit remplie par le filtre interférentiel utilisé, mais il est possible d'ajuster $\theta$ à la valeur cherchée par dépôt d'une couche mince diélectrique supplémentaire sur la lame de phase déjà composée de trois couches : métal-diélectrique-métal ; la valeur de $\Psi$ n'en est pratiquement pas affectée.

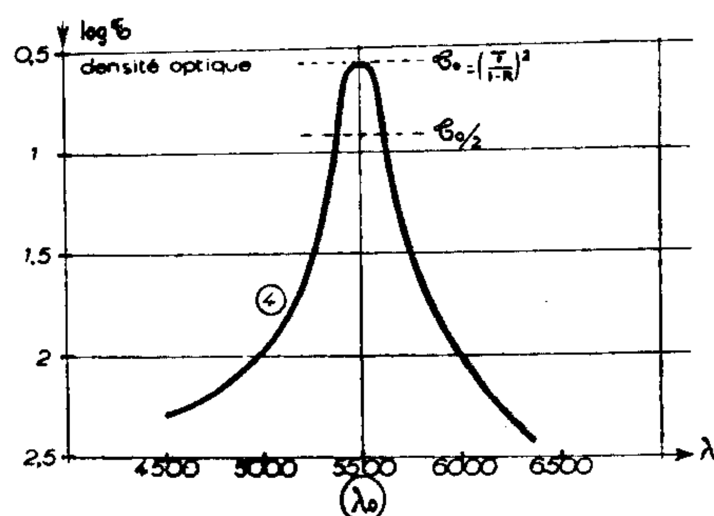



Fig. 1.

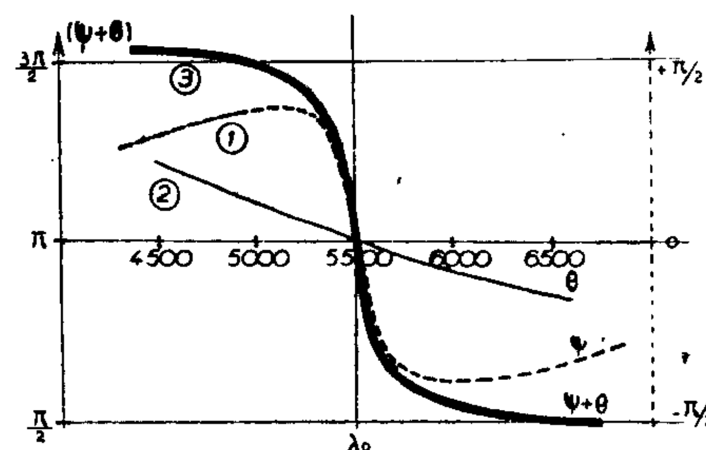



Fig. 2.

Les courbes 2 et 3 donnent $\theta$ et $(\theta + \Psi)$ en fonction de $\lambda$; l'inversion du contraste est totale quand on passe du bleu vert à l'orangé. Le filtre interférentiel se comporte donc, non seulement comme une lame de phase à densité variable avec la longueur d'onde (courbe 4), mais encore d'épaisseur optique apparente rapidement variable autour de $\lambda_0$.

*Conditions d'emploi.* — Si l'on éclaire une telle plaque de phase avec une lumière composite comprenant essentiellement deux bandes autour de $\lambda_M$, $\lambda_P$ situées de part et d'autre de $\lambda_0$, on superpose deux images, l'une en contraste positif, l'autre en contraste négatif, colorées différemment. Cette superposition a pour effet de donner, sur un fond qui est un mélange de ces deux couleurs, des détails présentant toute une gamme de teintes comprises entre $\lambda_M$ et $\lambda_P$.

En pratique, si l'on considère la position du maximum de correction des objectifs de microscope et du maximum de sensibilité de l'œil qui coïncident sensiblement, il paraît préférable de situer $\lambda_0$ non pas en coïncidence avec ce maximum mais plutôt du côté des longueurs d'onde plus grandes. En effet, l'œil travaille ainsi du jaune au vert-bleu en contraste positif. Or on sait que le contraste positif est de pratique bien plus courante que le contraste négatif.

Cependant en faisant varier la position de $\lambda_0$ on peut obtenir toute une gamme d'objectifs spéciaux qui peuvent dans certains cas, suivant les objets, avoir un très grand intérêt.

*Réalisation.* — De telles plaques de phase ont été montées dans des objectifs Wild ayant les caractéristiques suivantes :

apochromatiques :

$x7$, ON = 0,2; $x20$, ON = 0,45;
$x40$, ON = 0,66; $x85$, ON = 1,25

et semi-apochromatique :

$x100$, ON = 1,30.

La source lumineuse peut être un monochromateur ou un filtre interférentiel « dégradé » donnant, par déplacement dans son plan, une lumière de longueur d'onde variable; soit encore un filtre interférentiel uniforme inclinable sur l'axe du faisceau. Dans ce dernier cas, un filtre polarisant améliore en position oblique le monochromatisme de la source.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure par la modulation d'une pile de la section efficace de quelques éléments pour l'absorption des neutrons lents.* Note (*) de MM. **Bertel Grimeland**, **Erik Hellstrand** et **Francis Netter**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La section efficace d'absorption pour les neutrons thermiques de Li, Cl, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, est déterminée avec précision. Un résultat obtenu pour le mercure traduit l'anomalie de la variation de son absorption avec la vitesse des neutrons.

En utilisant la méthode de modulation d'une pile décrite ailleurs en détail ([1]), nous avons mesuré la section efficace d'absorption de quelques éléments pour les neutrons de pile, relativement à l'absorption du bore.

La quantité de substance étudiée est évaluée par pesée et des échantillons de masses différentes ont été utilisés pour minimiser le risque d'une erreur dans cette détermination.

Les échantillons de bore de référence ont été confectionnés indépendamment afin de réduire l'erreur possible sur leur étalonnage, et leur comparaison par la méthode de modulation n'a mis en évidence que des écarts nettement inférieurs à la précision des mesures.

Les substances étudiées ont été choisies parmi celles qui ne présentent pas de résonance d'absorption (cas du vanadium, du chlore, du lithium) pour les neutrons en ralentissement, ou pour lesquelles cette résonance d'absorption est faible et son effet peut être calculé comme il est indiqué par ailleurs ([1]) (cas du manganèse, du cobalt, du cuivre). Dans le cas du nickel, la capture des neutrons ne conduit pas essentiellement à une activation et les résultats du laboratoire d'Argonne ([2]) ne donnent donc pas de renseignements sur une

(*) Séance du 28 mai 1951.

([1]) P. Benoist, L. Kowarski et F. Netter, *Journal de Phys.*, 12, mai 1951, p. 584.

([2]) S. P. Harris, C. O. Muehlhause et G. E. Thomas, *Phys. Rev.*, 79-1, 1950, p. 11.

résonance éventuelle; d'autre part les résultats de transmission ([3]) laissent subsister un doute sur ce point; aussi avons-nous supposé égales les sections efficaces $\sigma_{pile}$ pour les neutrons de pile et $\sigma_{th}$ pour les neutrons monocinétiques de vitesse 2200 m : s (vitesse de référence usuelle pour le spectre thermique). Dans le cas du fer les résultats de transmission sont encore plus favorables à cette hypothèse. Pour le chrome, la résonance existe surtout pour la diffusion et l'on ne possède pas de données concernant la résonance de capture; celle-ci cependant n'introduit certainement qu'une erreur sur $\sigma_{th}$ inférieure à 0,1 barn (1 barn $= 10^{-24}$ cm$^2$), erreur qui a été englobée dans l'erreur indiquée, grossie à cet effet.

Le cas du mercure est particulier. Il possède une résonance négative accentuée et, de ce fait, on a $\sigma_{pile} < \sigma_{th}$ sans que la correction puisse être effectuée avec certitude. La valeur indiquée pour $\sigma_{pile}$, comparée aux valeurs de $\sigma_{th}$ mesurées directement, constitue une confirmation de cette propriété.

Pour tous les échantillons étudiés, l'effet dû à la diffusion des neutrons a été évalué et toujours trouvé négligeable (au plus 0,25 %) même dans le cas des résonances de diffusion. Il convient cependant de noter que la correction appliquée pour tenir compte de ces dernières fait intervenir le facteur d'affaiblissement (diffusion/absorption) qui n'a pu être mesuré avec certitude que pour des neutrons thermiques.

L'absorption des noyaux chimiquement associés est toujours négligeable, sauf pour le sodium pour lequel nous avons adopté ([4]), ([5]), $\sigma_{pile} = 0{,}5$ barn. Les produits étudiés étaient d'extrême pureté (produits « specpure » de Johnson-Matthey).

L'effet de la self-absorption est toujours bien inférieur à 1 %, sauf peut-être dans le cas du mercure, très absorbant, et dans le cas du fer, en petits grains difficiles à broyer, pour lequel cependant la comparaison du résultat trouvé avec les autres déterminations ([4]), ([5]), ([6]), semble permettre de supposer la correction peu importante. Toutes les substances, autres que le fer, sont en poudre fine, étalée sur une surface voisine de 10 cm$^2$.

Le résultat obtenu directement est le rapport de $\sigma_{pile}$ pour la substance étudiée à $\sigma_{pile} = \sigma_{th}$ pour le bore. La valeur de $\sigma_{pile}$ est calculée pour $\sigma_{bore} = 710$ b. La précision indiquée doit s'entendre comme une estimation de la limite supérieure de l'erreur possible.

Le tableau suivant rassemble les résultats.

---

([3]) R. K. Adair, *Rev. Mod. Phys.*, **22**, t. **3**, 1950.

([4]) F. C. W. Colmer et D. J. Littler, *Proc. of Phys. Soc.*, **370**, A, **63**, t. **10**, p. 1175.

([5]) S. P. Harris, C. O. Muehlhause, S. Rasmussen, H. P. Schroeder et G. E. Thomas, *Phys. Rev.*, **80**, 3, 1950, p. 342.

([6]) M. Ross et J. S. Story, *Rep. Progr. Phys.*, **12**, 1949, p. 291.

| Élément. | Nature chimique. | $\frac{\sigma_{pile}}{\sigma_{bore}} \cdot 10^3$. | $\sigma_{pile}$ (barn). | $\sigma_{th}$ (barn). |
|---|---|---|---|---|
| Lithium ........ | $CO_3Li_2$ | 89,7 ±1,0 | 63,7 ±1,0 | 63,7 ±1,0 |
| Chlore ......... | Cl Na | 43,8 ±0,6 | 31,1 ±0,5 | 31,1 ±0,5 |
| Vanadium ...... | $V_2O_5$ | 6,74±0,10 | 4,79±0,08 | 4,79±0,08 |
| Chrome ........ | $Cr_2O_3$ | 4,06±0,20 | 2,88±0,15 | 2,88±0,20 |
| Manganèse ...... | $Mn_3O_4$ | 17,75±0,25 | 12,6 ±0,2 | 12,4 ±0,2 |
| Fer ........... | Métal | 3,36±0,08 | 2,38±0,06 | 2,38±0,06 |
| Cobalt.......... | » | 49,2 ±0,5 | 34,9 ±0,4 | 33,9 ±0,4 |
| Nickel.......... | » | 5,87±0,12 | 4,17±0,10 | 4,17±0,10 |
| Cuivre.......... | » | 4,93±0,10 | 3,50±0,08 | 3,43±0,08 |
| Mercure ........ | HgO | 445±20 | 315±20 | – |

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport des activités de* $U^{235}$ *et* $U^{234}$ *dans l'uranium naturel à l'aide d'une chambre d'ionisation à grille.* Note de M. **Gabriel-Jacques Sayag**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. *Appareillage.* — Une chambre d'ionisation à grille à plateaux parallèles contient deux atmosphères d'argon additionné de 1 % de $CO_2$ et fonctionne avec des champs de 400 V : cm et 800 V : cm respectivement dans l'espace grille-cathode et électrode collectrice-grille. Le temps de collection maximum est de 0,8 μs. La chambre est suivie d'un amplificateur proportionnel utilisé avec un gain de 69 000 dans une bande $RC = CR = 10^{-5}$ s. Un amplificateur à seuil permet l'analyse de la partie utile du spectre et transmet les impulsions au système de numération d'un discriminateur à neuf canaux muni d'un temps-mort dont la valeur a été choisie égale à 0,1 s.

La source très mince d'uranium, préparée par projection cathodique, est munie d'un canaliseur qui réduit son intensité de 200 α de $U_I$ par minute à 64 en l'absence de temps-mort et à 55 avec le temps-mort indiqué.

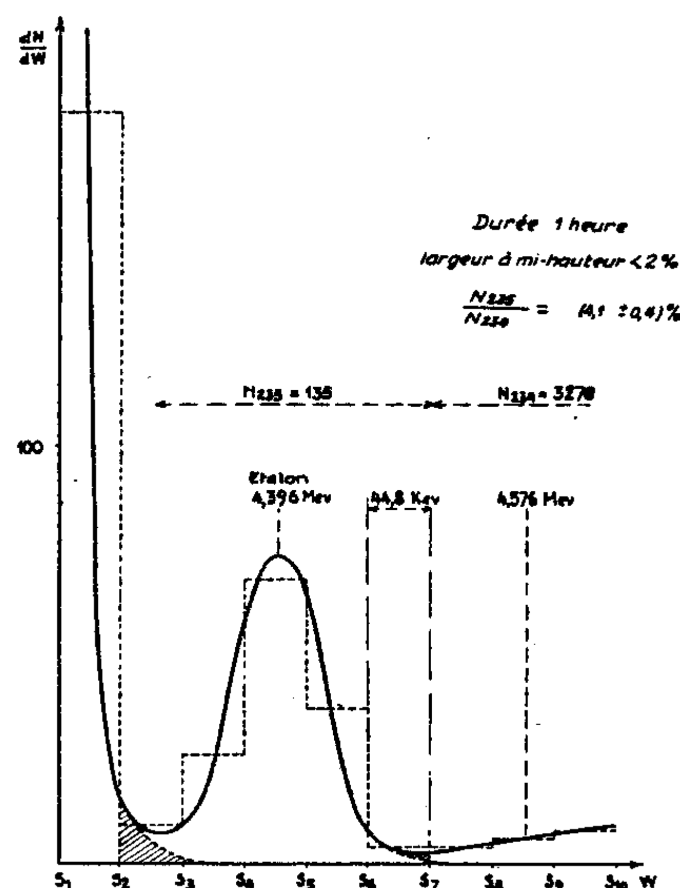
Ce dernier aurait pu être pris plus court, moyennant un choix de la bande passante vers des fréquences plus élevées et d'un signal rectangulaire issu de l'amplificateur à seuil de plus faible durée. Mais on a tâché d'améliorer au maximum la réponse en amplitude, quitte à augmenter le temps de résolution.

2. *Expériences.* — La comparaison des nombres d'impulsions de $U^{235}(N^{235})$ et de $U^{234}(N^{234})$ est faite au cours d'une même expérience. Le seuil et la bande analysée par le discriminateur sont choisis de manière que le pic du 235 occupe une grande partie de celle-ci (voir *figure*). On peut alors déterminer $N^{235}$ sur l'histogramme et $N^{234}$ d'après le nombre d'impulsions d'amplitudes supérieures au seuil $S_7$ par exemple.

L'erreur statistique est d'autant plus faible que les comptages sont plus importants. Or, la mesure ne peut être prolongée au delà de 2 h 30 mn par suite d'une dérive de notre appareillage allant de 4 à 9 keV : h. D'autre part, l'intensité de la source ne peut être augmentée par suite de l'auto-absorption.

En conséquence, plusieurs expériences de durées comprises entre 30 mn et 2 h 30 mn ont été réalisées.

Pour chacune d'elles, deux extrapolations sont nécessaires pour délimiter respectivement les queues du 238 et du 235 vers les énergies élevées. Nous avons admis qu'elles ont la même forme que celle du 234. Une autre façon de




procéder consiste à supposer que chaque raie a une forme gaussienne et à extrapoler en conséquence. L'expérience montre que les deux méthodes conduisent à des résultats très voisins, dont la différence nous a permis d'évaluer l'erreur d'extrapolation commise sur $N^{235}$.

La queue du spectre vers les faibles énergies (rétrodiffusion, absorption par le canaliseur) a été étudiée jusqu'à 3,3 MeV, ce qui conduit à une correction de l'ordre de 2,5 % sur $N^{235}$.

Le mouvement propre est pratiquement négligeable.

3. *Résultats.* — Le total de 17 expériences donne :

$$\frac{N^{235}}{N^{234}} = \frac{2482}{60\,881} = (4,08 \pm 0,15)\ \%.$$

L'erreur donnée tient compte des fluctuations (écart quadratique moyen) : 2,15 % et de l'erreur d'extrapolation : 1,4 %.

Si l'on tient compte de l'existence du groupe fondamental du 235 ([1]), d'énergie 4,576 MeV et d'intensité (10 ± 1) % de l'intensité totale, on obtient

$$\frac{\mathcal{N}^{235}}{\mathcal{N}^{234}} = (4,55 \pm 0,21)\ \%$$

([1]) PERLMAN, GHIORSO et SEABORG, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 48.

Ce résultat vient se placer entre la valeur de Nier [2] ($4,6 \pm 0,1$ %) déduite de l'analyse des plombs radiogéniques au spectrographe de masse et celle : ($4,34 \pm 0,15$) % obtenue par correction [3] de la détermination du rapport de bifurcation : Pa/U faite par Francis et Da Tchang [4] ($4,05 \pm 0,10$) %, confirmée par Grosse ($4,0 \pm 0,1$) % et Gleditsch et Fœyn 4,12 % (chambre d'ionisation à courant).

Il s'accorde bien avec celui que Baldinger et Huber [5] ont obtenu avec une chambre d'ionisation en collection ionique :

$$\frac{N^{235}}{\frac{1}{2}(N^{234}+N^{238})} = \frac{376}{\frac{1}{2}(9313+9424)} = 4,01 \qquad \text{(erreur non précisée),}$$

mais s'éloigne par contre notablement de la valeur obtenue par Clark, Spencer-Palmer et Woodward [6] qui ont utilisé une méthode semblable à la nôtre. Leur résultat : ($3,63 \pm 0,03$) % devient, en considérant le groupe fondamental : ($4,05 \pm 0,08$) %.

La valeur de la période de $U^{235}$ que l'on peut déduire de notre mesure est $7,07.10^8$ ans.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité alpha du bismuth naturel.* Note de M^me **Henriette Faraggi** et M. **André Berthelot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'examen d'émulsions nucléaires imprégnées de bismuth et conservées dans de bonnes conditions pendant 2 ans, apporte des présomptions favorables à l'existence d'une radioactivité alpha du bismuth de période $2,7.10^7$ ans, et d'énergie 3,15 MeV.

Des émulsions nucléaires Ilford, type C 2, 50 et 100 $\mu$ contenant 0,27 g : cm³ de bismuth, coulées le 4 octobre 1948, ont été conservées à 4° C pendant 2 ans et 3 mois; des émulsions nucléaires du même type, sans bismuth, coulées le 15 décembre 1948, ont été conservées de la même manière pendant 2 ans. Ces plaques ont alors été développées et dépouillées systématiquement, dans le but de rechercher l'existence possible d'une émission $\alpha$ de très longue période attribuable à $Bi_{83}^{209}$. Broda [1] a indiqué que cette période est supérieure à $3.10^{15}$ ans. Dans nos expériences, on pouvait espérer la détection d'activité de période $\leqq 8.10^{17}$ ans.

---

(2) Nier, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 153.

(3) S'inspire du travail de Clark cité plus loin. Tient compte de la présence de $U^{235}$ dans le courant d'ionisation de U et de l'existence d'une structure fine du Pa.

(4) *Philosophical Magazine*, 20, 1935, p. 623.

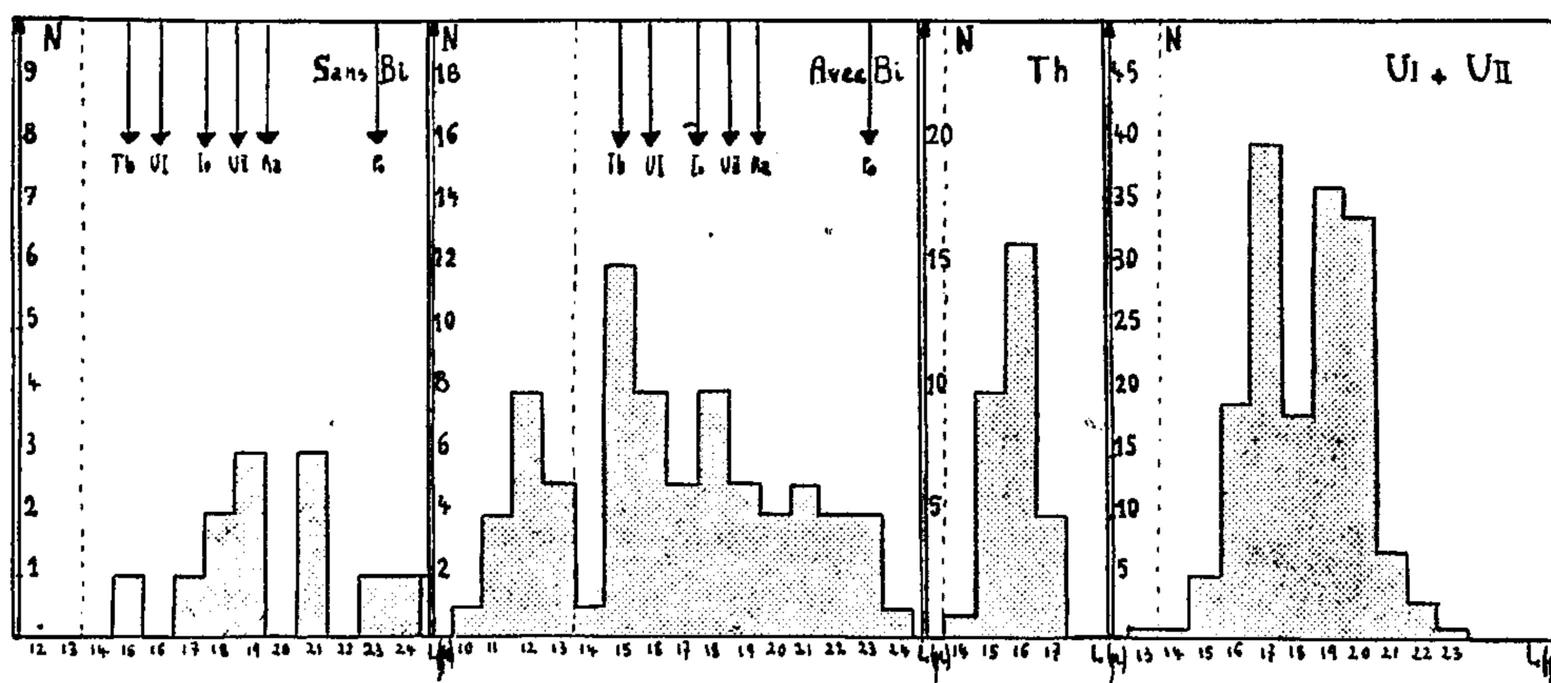
(5) *Helv. Phys. Acta*, 22, 1949, p. 365.

(6) *British Reports*, n° 522 A.

(1) *Nature*, 164, 1949, p. 412.

I. Les mesures n'ont porté que sur les traces entièrement contenues dans l'émulsion; les relations « parcours-énergie » et le facteur de contraction valables pour ces émulsions ont été établies à l'aide des rayonnements de U I, U II et Th. Une première série de mesures portant sur les traces de longueur inférieure à 15 μ (parcours de Th), a mis en évidence la présence de trajectoires $\alpha$ dans l'émulsion au bismuth, avec une fréquence de l'ordre de $3.10^3$ : $cm^3$, tandis qu'aucune trace aussi courte n'était visible dans l'émulsion sans bismuth.

II. Nous avons alors entrepris la mesure de toutes les traces isolées et de toutes les étoiles de désintégrations successives contenues dans les deux émulsions. Les mesures ont porté sur 66 $mm^3$ de l'émulsion 100 μ à Bi et sur 44 $mm^2$ de l'émulsion 50 μ sans Bi. Il a été trouvé, dans l'émulsion à Bi, 75 traces isolées et 66 étoiles; dans l'émulsion sans Bi, 13 traces isolées et 15 étoiles. La répartition en longueur des trajectoires isolées est représentée sur la figure 1. Les flèches indiquent les parcours de Th, U I, Io, U II, Ra, Po dans ces émulsions.




III. Il est difficile, étant donné le petit nombre de traces et les fluctuations introduites par la mesure des trajectoires obliques, d'individualiser chaque groupe de particules. On peut toutefois nettement constater dans l'émulsion à Bi la présence d'un groupe de traces courtes qui ne sont pas présentes dans l'émulsion sans Bi. Si l'on admet que ce groupe correspond à l'émission $\alpha$ du bismuth naturel $Bi^{209}_{83}$, on peut lui attribuer une *période de* $2,7.10^{17}$ *ans, une énergie de* 3,15 MeV *et un parcours dans l'air de* 1,85 cm.

IV. Si ces trajectoires ne sont pas dues à la radioactivité du bismuth il faudrait admettre :

*a*. La possibilité de réactions ($n$, $\alpha$) provoquées par les neutrons cosmiques sur un constituant de l'émulsion contenu seulement dans l'émulsion au bismuth : bismuth (0,27 g : $cm^3$), ou sodium (0,06 g : $cm^3$).

Les $\alpha$ dus à Bi $(n, \alpha)$ devraient avoir une énergie égale ou supérieure à 9 MeV. Le seuil de la réaction Na $(n, \alpha)$ est de 4 MeV : si les $\alpha$ observés lui étaient dus, les neutrons responsables auraient donné lieu à une production nettement plus importante de protons de recul dans les deux émulsions, ce qui n'a pas été observé.

*b.* Le raccourcissement de trajectoires dû au « fading » on peut objecter à ceci : la conservation à 4° C; le pH légèrement basique de l'émulsion au bismuth; la non-existence de traces courtes dans l'émulsion sans Bi; la présence d'étoiles de désintégration correspondant à des énergies très supérieures et n'ayant pas subi de raccourcissement apparent, et, enfin, le fait que les traces superficielles qui auraient dû s'oxyder plus rapidement ([2]) sont aussi bien formées que les traces profondes.

*c.* Les variations locales du pouvoir de ralentissement dû à la présence de Bi : l'introduction d'un élément étranger dans l'émulsion peut entraîner des « trous » de sensibilité. Toutefois, on peut constater que les répartitions obtenues pour U et Th sont normales, ce qui indique qu'il n'y a pas de larges fluctuations du pouvoir de ralentissement (*fig.* 1).

V. En faveur de l'existence d'une radioactivité $\alpha$ du $Bi_{83}^{209}$, on peut avancer les arguments suivants :

*a.* La période $2{,}7.10^{17}$ ans est compatible avec la valeur que l'on peut déduire des formules de Gamow ([3]), compte tenu de l'interdiction due à la structure du bismuth (126 neutrons et 83 protons), pour des rayons $\alpha$ de 3,15 MeV.

*b.* L'énergie de désintégration (3,2 MeV) est en accord avec ce qu'on peut prévoir à partir des résultats expérimentaux sur les énergies de fixation des neutrons et de radioactivité $\beta$ ([4]).

*c.* Il existe, dans les minéraux, un halo pléochroïque bien défini et non identifié (halo K) dont le diamètre est équivalent à 1,8 cm d'air ([5]).

VI. On peut évidemment tenir ces concordances pour des coïncidences, et arguer du fait que la stabilité du comportement des émulsions nucléaires pendant deux ans est difficile à établir. En tout état de cause, il semble légitime de dire que les expériences ci-dessus apportent des présomptions favorables à l'existence d'une radioactivité $\alpha$ du bismuth naturel, sans pouvoir affirmer que ces preuves soient absolument décisives.

---

([2]) ALBOUY et FARAGGI, *J. Phys.*, 10, 1949, p. 105.

([3]) GAMOW et CRITCHFIELD, *Atomic Nucleus and Nuclear Energy Science*, Oxford, 1949.

([4]) BERTHELOT, *J. Phys.*, 3, 1942, p. 17; HUIZENGA et al., *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 908; KINSEY, BARTHOLOMEW et WALKER, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 380.

([5]) HENDERSON, *Proc. Roy. Soc.*, A 173, 1939, p. 250.

([6]) PERLMAN, GHIORSO et SEABORG, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 26.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'évolution des transformations du corps pur dans les solutions solides et les sels doubles.* Note de MM. **Bernard Cochet-Muchy** et **René A. Paris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On a peu étudié jusqu'à présent ce que deviennent les transformations du premier ou du second ordre des sels purs dans les solides homogènes (solutions solides ou sels doubles) obtenus à partir de ces sels. Dans une Note précédente [1] faisant état de nos résultats d'analyse thermique différentielle sur le système $NH_4Cl — NH_4Br$, nous avions montré que les transformations diffuses des solutions solides se plaçaient, en fonction de la composition, sur une courbe d'allure parabolique, et, qu'en outre, il semblait se produire un dédoublement de la transformation pour les solutions riches en chlorure.

La présente Note rassemble quelques résultats nouveaux sur les transformations des sels d'ammonium dans les solutions solides $NH_4I—KI$ et $(NH_4)_2SO_4—NH_4NO_3$ ainsi que dans le sel double $(NH_4)_2SO_4$, $Na_2SO_4$, $4 H_2O$.

*Solutions solides* $NH_4I—KI$. — L'iodure d'ammonium présente une transformation polymorphique du premier ordre à une température mal précisée, oscillant de $-5°,9$ à $-17°,5$ suivant les auteurs; il présente en outre une transformation polymorphique diffuse au voisinage de $-40°$ C [2]. Il n'a pas été signalé jusqu'à présent de transformation pour KI dans ce domaine de température. Ces deux sels donnent lieu à une série continue de cristaux mixtes [3]. Nous avons préparé, par cristallisation des solutions aqueuses, huit compositions de cristaux mixtes (de 6 à 98 % $NH_4I$), en opérant en atmosphère inerte pour éviter l'oxydation des iodures.

La composition de ces solutions solides a été déterminée par analyse et leur homogénéité contrôlée par examen des structures aux rayons X.

Les courbes d'analyse thermique différentielle, tracées au refroidissement et au réchauffement entre $+15°$ et $-100°$ C, mettent en évidence les faits suivants : 1° la transformation polymorphique du premier ordre apparaît de façon très intense (au réchauffement seulement) entre $-10°$ et $-13°$ C pour les solutions très riches en ammonium et ne se manifeste plus du tout pour des teneurs en potassium supérieures à 5 %. Notons que nous trouvons cette transformation à $-7°$ C pour $NH_4I$ pur. 2° La transformation diffuse, que nous observons aux environs de $-43°$ C pour le sel pur, se retrouve sensiblement à cette même température pour les différentes compositions de cristaux mixtes,

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1930.

(2) La bibliographie des transformations se trouve dans l'article de Jaffray, *Ann. Phys.*, 12e série, **3**, 1948, p. 69.

(3) Havighorst, Mack Jr et Blake, *J. Am. Chem. Soc.*, **47**, 1925, p. 29.

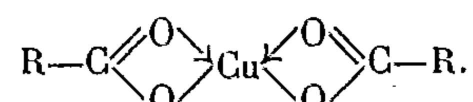
s'atténue cependant progressivement et disparaît pour les fortes teneurs en KI. Les courbes présentent en outre une anomalie très nette aux environs de — 60° C, qui n'est pas observée dans le cas du sel pur. Il semble donc légitime de parler d'un dédoublement de la transformation diffuse pour les solutions solides.

*Solutions solides* $(NH_4)_2SO_4 - NH_4NO_3$. — Le sulfate d'ammonium présente une transformation du deuxième ordre à — 50° C ([2]), que nous avons nous-mêmes retrouvée à — 49° C; par contre, la transformation d'ordre supérieur du nitrate, indiquée vers — 61° C par certains auteurs, inexistante pour d'autres, n'apparaît pas, ni sur nos courbes dilatométriques, ni sur celles d'analyse thermique différentielle. Les premiers résultats d'une étude en cours sur le système de ces deux sels, dans le domaine de miscibilité, nous montrent que seule la transformation du sulfate se retrouve, atténuée, dans les cristaux mixtes et à la même température que pour le sel pur.

*Sel double* $(NH_4)_2SO_4$, $Na_2SO_4$, $4H_2O$. — Ce sel, préparé suivant les indications de Matignon et Meyer ([4]), montre, à l'analyse thermique différentielle, une anomalie très nette dans le même domaine de température que le sulfate d'ammonium pur; la transformation paraît cependant plus étalée. Nous examinons actuellement le comportement de ce sel double déshydraté.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les alcanoates de cuivre et de nickel.* Note (*) de MM. **Jean Amiel, Jean Ploquin** et **Jacques A. Dixmier**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous a montré ([1]) que le paramagnétisme de l'ion cuivrique dans ses alcanoates était notablement déprécié. On pouvait l'attribuer à une dissimulation partielle du cuivre dans un complexe interne non électrolyte :



Des mesures analogues ([2]) ont été effectuées depuis sur les sels correspondants du nickel; elles ont permis d'affirmer qu'il n'y a pas de dissimulation même partielle de l'ion $Ni^{++}$. Il s'agirait donc, dans ce dernier cas, de sels vrais. En effet pour tous les sels anhydres des acides étudiés nous avons trouvé la valeur moyenne $10^3.\chi_{Ni} = 4,4$ avec les valeurs extrêmes 4,14 pour le laurate et 4,57 pour le pélargonate; ce résultat est tout à fait comparable à celui

([4]) *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 686.

(*) Séance du 28 mai 1951.

([1]) J. Amiel, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1907; *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 251.

([2]) J. A. Dixmier, *Diplôme d'Études Supérieures*, Fac. Sc. Poitiers, 1950 et J. Amiel et J. Dixmier, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 415.

obtenu dans les mêmes conditions pour l'ion $Ni^{++}$ des hydrates usuels des sulfates, chlorure et nitrate (valeur moyenne $10^3 . \chi_{Ni} = 4,41$).

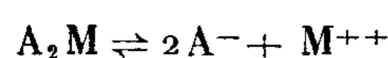
Il est intéressant de rapprocher ces résultats des $pK_A$ des acides correspondants qui s'échelonnent de 4,76 à 4,88 (mis à part l'acide formique dont la constante d'acidité est environ 10 fois plus forte) et des pH de précipitation des hydroxydes de cuivre (5,6) et de nickel (6,8). On constate alors que

$$pH_{Ni(OH)_2} \simeq pK + 2 \qquad \text{et} \qquad pH_{Cu(OH)_2} \simeq pK + 0,8.$$

La différence de nature entre ces deux types de composés serait donc due au fait que le pH de précipitation des hydroxydes serait plus ou moins proche du $pK_A$ des acides correspondants. En effet on a :

$$pK_A = pH + \log \frac{[AH]}{[A^-]}.$$

Désignons par $A_2M$ le sel du métal M; il est dissocié suivant l'équilibre



$$A_2M \rightleftharpoons 2A^- + M^{++}$$

auquel correspond la constante d'équilibre $K_S = [A^-]^2 . [M^{++}]/[A_2M]$. Or $2[A^-] = [M^{++}]$ pour un acide complètement salifié et en l'absence d'hydrolyse; donc

$$K_S = 4 \frac{[A^-]^4}{[A_2M]}$$

et par suite

$$pK_S = -\log 4 + 4(pK_A - pH) + \log \frac{[A^2M]}{[AH]^4}$$

ou

$$\log \frac{[A_2M]}{[AH]^4} = 0,6 + pK_S + 4(pH - pK_A),$$

cette formule est valable au cours de la neutralisation de l'acide tant qu'on n'atteint pas le pH de précipitation de l'hydroxyde.

Les alcanoates de nickel et de cuivre sont très peu dissociés (sels d'acides et de bases faibles); à $pK_S$ constant la formation du sel $A_2M$ est donc favorisée par des différences ($pH - pK_A$) plus grandes et positives. C'est vraisemblablement la raison pour laquelle les alcanoates de nickel sont de véritables sels à structure électrovalente, avec $Ni^{++}$ non dissimulé, tandis que ceux de cuivre ($pH - pK_A$ trop faible) comportent un atome de cuivre partiellement dissimulé, la formation d'un complexe, lorsqu'elle est possible, se trouvant alors facilitée. Ceci est également confirmé pour le formiate de cuivre dans lequel le cuivre est peu dissimulé ; on a en effet : $pH - pK_A = 1,9$.

Mais il est probable que le cas des formiates métalliques doit être disjoint de celui des autres alcanoates.

De plus nous nous proposons de faire intervenir dans l'étude plus complète

de ces phénomènes le pH de précipitation des alcanoates basiques qui se forment également, de telle sorte qu'on observe souvent la précipitation simultanée du sel normal, du sel basique et de l'hydroxyde métallique.

CATALYSE. — *Action catalytique des charbons métallisés dans certaines réactions d'oxydation.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Michel Favart**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note antérieure [1], nous avons montré que les charbons métallisés à l'argent et au cuivre accélèrent quelque peu, à température ordinaire, l'oxydation lente de l'alcool éthylique. Par contre, aucun résultat intéressant n'avait pu être obtenu dans le cas de cette réaction en utilisant le dispositif décrit dans la même Note qui nous avait permis de préparer l'acide benzoïque par oxydation du toluène. Nous avons été ainsi conduits à apporter à ce dispositif des modifications dont le détail sera précisé dans une autre publication, et qui permettent d'introduire séparément dans le tube à catalyse d'une part, l'alcool à l'état liquide et, d'autre part, le courant d'air qui entraîne l'alcool vaporisé. Il devient, dans ces conditions, possible de régler exactement la proportion des deux corps, et des rendements satisfaisants ont été obtenus à condition d'utiliser une quantité d'air légèrement inférieure à la quantité théorique et de maintenir la température entre 250° et 270°. A des températures plus élevées ou avec des proportions d'air plus fortes, le rendement est nettement réduit en raison du développement de la combustion complète. C'est ainsi qu'à 250°, avec un léger excès d'air, on a pu constater la formation d'une quantité d'eau correspondant à 72 % du poids d'alcool mis en œuvre.

Nous résumons ci-dessous les pourcentages d'aldéhyde formé en faisant arriver dans une colonne de verre contenant 50 g de charbon, 30 $cm^3$ d'alcool éthylique à 96°, à la vitesse de 1 $cm^3$ : mn, avec un courant d'air préalablement décarbonaté et desséché au débit de 0,883 l : mn. On a utilisé successivement un charbon actif vierge, et le même charbon imprégné, soit à l'argent (au moyen d'une solution de nitrate ou d'hydroxyde ammoniacal), soit au cuivre (au moyen d'une solution ammoniacale d'hydroxyde). Les résultats obtenus ont été les suivants :

| | Proportion d'aldéhyde (rapportée à l'alcool) (%). |
|---|---|
| Charbon seul | 9,50 |
| » au nitrate d'argent (0,3 % de métal) | 15 |
| » à l'hydroxyde d'argent (0,3 % de métal) | 15,8 |
| » » » (4 » ) | 22,2 |
| » » de cuivre (0,3 » ) | 9,3 |
| » » » (1,5 » ) | 11,4 |

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 900.

L'action du cuivre est donc moins marquée que celle de l'argent. Cette conclusion se trouve d'ailleurs confirmée par le fait suivant : si l'on fait couler l'alcool dans un appareil préalablement chauffé, on observe un brusque dégagement de chaleur dès que la température de chauffe atteint 200°, dans le cas où le charbon est imprégné d'argent. Ce phénomène ne se manifeste qu'à 250° pour le charbon imprégné de cuivre.

Il apparaît, d'autre part, que dans les deux cas le rendement augmente avec la quantité de métal incorporé au charbon. Mais ainsi qu'il a été exposé [2], cette quantité ne peut, pour un poids donné de charbon, dépasser certaines limites.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une variété de sulfure d'aluminium stable à haute température.* Note de M. **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

La vaporisation à haute température du sulfure d'aluminium aboutit, lors de la condensation des vapeurs, à la formation d'une nouvelle variété cristalline, $S_3Al_2\beta$. L'addition de carbure d'aluminium à $S_3Al_2\alpha$ entraîne l'apparition de la forme β. L'étude de ce corps aux rayons X révèle une maille hexagonale compacte, du type wurtzite, contenant 2/3 de molécule $S_3Al_2$.

Nous avons décrit précédemment une variété cristallisée de sulfure d'aluminium [1], possédant une maille hexagonale complexe contenant 6 molécules $S_3Al_2$. C'est le produit obtenu dans l'action du soufre ou de $SH^2$ sur l'aluminium. Nous l'appellerons $S_3Al_2\alpha$.

Nous avons isolé une autre forme cristallisée de sulfure d'aluminium, préparée par vaporisation de la précédente, et que nous désignerons par $S_3Al_2\beta$.

La volatilisation commence vers 1300° sous 1/10 de millimètre de mercure. A 1500° elle est assez rapide pour permettre une préparation du produit β en quantités suffisantes. L'étude de la composition des vapeurs condensées sur un tube de cuivre refroidi intérieurement par un courant d'eau, montre qu'il y a toujours du carbure d'aluminium à côté du sulfure. Le carbure provient, d'une part, de la destruction partielle du sulfure au contact du graphite à haute température, d'autre part, de la carburation de l'alumine, dont la formation en petite quantité est difficile à éviter au cours des manipulations à l'air du sulfure. Pour recueillir un produit pur, exempt de $C_3Al_4$, nous fractionnons les vapeurs, lors de leur condensation, sur une cheminée de graphite pénétrant à frottement doux dans le tube de chauffe. La variation de température obtenue le long de la cheminée permet une séparation complète du sulfure et du carbure, ce dernier étant plus volatil.

---

(2) R. Dubrisay, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 300.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 334.

Le sulfure d'aluminium condensé se présente sous forme d'aiguilles cristallines incolores, reposant sur un fond cristallin d'une grande dureté. Les aiguilles, longues de 5 à 6 mm, très fines, sont peu sensibles à l'action de l'humidité atmosphérique et peuvent être manipulées sans précaution spéciale. Il est assez difficile de séparer le fond cristallin de son support sans le souiller de graphite, par suite de sa dureté élevée (7 dans l'échelle de Mohs) et de son adhérence énergique. Le sulfure ainsi isolé possède un spectre de rayons X caractéristique, différent de celui de $S_3Al_2\alpha$.

La variété $\alpha$ ne se transforme pas en $\beta$, même après un chauffage de 4 heures à 1560°, si l'on évite sa vaporisation en opérant en atmosphère d'argon. Cependant, l'addition d'une certaine quantité de carbure d'aluminium $C_3Al_4$ provoque cette transformation, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une vaporisation, à des températures supérieures à 1000°. Elle est très lente vers 980° et n'a plus lieu vers 950°; il est remarquable qu'elle se produise déjà entre solides, à près de 150° au-dessous du point de fusion de $S_3Al_2\alpha$, très voisin de 1130°. Pour des concentrations en carbure de 2 à 4 %, les spectres de $\alpha$ et $\beta$ se retrouvent sur les diagrammes de rayons X. Avec des concentrations plus importantes, de 15 % environ, seul le spectre de $\beta$ est visible, accompagné évidemment de celui de $C_3Al_4$.

Cette opération ne peut être regardée comme une méthode de préparation de $S_3Al_2\beta$, par suite de la présence du carbure d'aluminium, qu'on ne peut séparer ultérieurement. C'est seulement un mode de passage entre les deux variétés. La transformation est discontinue; on n'observe pas de spectre intermédiaire, ce qui confirme l'individualité cristallographique des deux formes du sulfure.

De ces différents faits, il résulte que le dérivé $\beta$ est le produit stable à haute température.

L'étude de la structure cristalline a été réalisée à l'aide de diagrammes de cristal oscillant et de Laue. Les éléments de symétrie observés, notés $C_m^c$ cm, conduisent aux groupes de recouvrement $D_{6h}^4$ ou $C_{6v}^4$. La maille hexagonale la plus simple a pour paramètres

$$a = 3,579\ \text{Å} \pm 0,004, \qquad c = 5,829 \pm 0,007, \qquad \frac{c}{a} = 1,628.$$

Pour être en accord avec la densité mesurée, qui varie de 2,48 à 2,51 suivant les échantillons, il ne peut y avoir que les 2/3 d'une molécule $S_3Al_2$ par maille, soit 2 atomes S et $4/3 = 1,33$ atome Al. La densité calculée est alors $d = 2,55$.

On peut faire à cette représentation le reproche de placer un nombre fractionnaire de molécule dans la maille. Elle est cependant la traduction rigoureuse des diagrammes de rayons X. Nous la préférons à celle obtenue en utilisant une maille trois fois plus grande construite sur des axes à 30° des précédents dans le plan de l'hexagone, et qui contiendrait 2 molécules $S_3Al_2$.

Il est remarquable de constater l'identité parfaite des intensités des raies de ces diagrammes de poudre ou de cristal tournant avec celles des diagrammes de corps du type wurtzite, tels que NAl. Nous pouvons déduire de ceci l'hypothèse suivante sur la structure cristalline de $S_3Al_2\beta$. Les atomes de soufre forment un réseau hexagonal compact, exactement comme les atomes du métalloïde dans les composés du type NAl. Pour les atomes d'aluminium, on doit envisager une répartition statistique sur un réseau hexagonal compact, à raison de 2/3 d'atome en moyenne par place possible.

Récemment, Hahn et Klinger ([2]) ont décrit une variété β du sulfure de gallium $S_3Ga_2$. A l'aide du seul diagramme de poudre, ces auteurs concluent à une structure hexagonale, du type wurtzite, la maille élementaire contenant 2 atomes S et 1,33 atome Ga.

Les diagrammes de poudre et de cristal tournant des deux variétés de sulfure d'aluminium présentent des analogies remarquables.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la séparation quantitative de l'hexafluorure de soufre et des divers fluorures de carbone gazeux.* Note de M. **Jean Neudorffer**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons indiqué que la méthode d'analyse des mélanges gazeux, mise au point par Lebeau et Damiens pour les hydrocarbures ([2]), pouvait être étendue aux mélanges de fluorures de carbone et d'hexafluorure de soufre, résultant, par exemple, de la fluoration du thiophène; toutefois, nous n'avions pu réaliser la séparation intégrale des divers constituants. Nous avons maintenant résolu ce dernier problème grâce à la connaissance très précise des courbes de tension de vapeur de ces composés, en particulier pour les faibles pressions.

Pour maintenir pendant un laps de temps suffisamment long les gaz à des températures déterminées, nous avons d'abord construit un cryostat automatique pouvant assurer une constance de $\pm 0°,1$ pour tout l'intervalle compris entre $-192°$ et $-80°$ C. L'appareil est formé d'un cylindre d'aluminium percé d'un trou axial où l'on introduit le condenseur en verre destiné à contenir les gaz liquéfiés; la face externe du bloc porte un enroulement chauffant légèrement calorifugé. Dans l'épaisseur du métal, entre le condenseur et l'enroulement, sont logées trois soudures de couple thermoélectrique montées en série, et qui servent à commander un régulateur de température agissant sur le courant de chauffage. L'ensemble est introduit dans une boîte d'alu-

---

([2]) *Z. Anorg. Chem.*, **259**, 1949, p. 135.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1070.

([2]) *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 144 et 325.

minium à parois minces plongée dans un récipient d'azote liquide. L'air contenu dans la boîte assure, par convection, l'apport de froid vers le bloc central et le régulateur commande un réchauffement ménagé et automatique de ce dernier.

Les données sur les tensions de vapeur des fluorures de carbone que nous avons utilisées sont celles fournies par Ruff (3) et Simons (4); nous avons vérifié leur exactitude. Pour l'hexafluorure de soufre, Schumb (5) a proposé une formule calculée d'après des mesures faites entre —72°,4 et —51°,1; nous avons constaté qu'elle n'était pas applicable aux basses températures. En utilisant notre cryostat, nous avons déterminé expérimentalement les valeurs de la tension de vapeur de ce composé entre —160° et —85°. Le tableau suivant mentionne quelques-uns de nos résultats.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Température centigrade. | —157°,3 | —140°,5 | —133°,1 | —119° | —103°,5 | —85°,1 |
| Tension de vapeur (mm de mercure).... | 0,15 | 1,25 | 1,95 | 10,35 | 37,8 | 171,6 |

Aux basses températures la volatilité de $SF_6$ est, par suite, plus élevée que ne l'indique la formule de Schumb. En définitive, l'ensemble des résultats trouvés permet d'établir, entre la pression $p$ et la température absolue T, la relation empirique

$$\log p(\text{mm}) = 2,78753 - \frac{624,69}{T} + 0,014731\,T.$$

Cette formule est applicable entre —160° et —63°,8, c'est-à-dire pour toute pression ne dépassant pas une atmosphère.

L'échantillon de $SF_6$ que nous avons utilisé a été analysé suivant la méthode que nous avons précédemment décrite (6). Nous avons obtenu F % 77,81 (théorie 78,08); S % 21,78 (théorie 21,92). Pour les mesures, la pression était déterminée à ±0,05 mm; la température était maintenue constante à ±0°1 et connue à ±0°05 par un couple chromel-constantan placé à l'intérieur du condenseur et associé à un potentiomètre de précision.

Pour chaque température nous avons effectué trois séries de mesures en laissant l'équilibre s'établir d'abord spontanément, puis après une légère compression et enfin après une détente; dans les trois cas les résultats ont été identiques, aux erreurs normales d'expérience près. Après avoir mesuré la tension de vapeur entre —160° et —85° sur la totalité du composé (500 cm³ de $SF_6$ gazeux), nous en avons extrait la moitié à —100° de façon à éliminer les impuretés volatiles éventuelles; les mesures effectuées sur le résidu ont donné les mêmes tensions; la pureté du gaz était donc satisfaisante.

(3) *Z. anorg. Chem.*, **192**, 1930, p. 254; *Z. angew. Chem.*, **46**, 1933, p. 739.

(4) *J. Am. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 2964.

(5) *Ind. eng. chem. Ind. Éd.*, **39**, 1947, p. 422.

(6) NEUDORFFER, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 750.

Dans l'étude de la séparation intégrale des divers fluorures de carbone et de l'hexafluorure de soufre, nous avons dû tenir compte des nouvelles valeurs de la tension de vapeur trouvées pour ce dernier. Par suite, nous avons été amené à déplacer légèrement vers de plus basses températures les paliers d'extraction que nous avions antérieurement fixés. Les pressions des constituants sont les suivantes (en millimètres) :

à — 175°, $CF_4$ : 7; $C_2F_6$ : 0,027; à — 162°, $C_2F_6$ : 0,3; $SF_6$ : 0,002; à — 147°, $SF_6$ : 0,5; $C_3F_8$ : 0,08; à — 130°, $C_3F_8$ : 1, $C_4F_{10}$ : 0,08 et à — 115°, $C_4F_{10}$ : 0,55.

Nos essais ont été effectués sur un mélange déjà analysé par la méthode que nous avions précédemment décrite. Le tableau ci-dessous donne les résultats de la séparation.

| Constituant. | Composition en volume 0° et 760 mm (cm³). | Volume extrait (cm³). | Fluor (g : mol-g) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | trouvé. | théorie. |
| $C_2F_6$ | 6,49 | 6,35 | 114,2 | 114 |
| $SF_6$ | 14,45 | 14,34 | 114 | 114 |
| $C_3F_8$ | 5,06 | 5,09 | 151,3 | 152 |
| $C_4F_{10}$ | 15,6 | 15,41 | 187 | 190 |

Pour $SF_6$ le soufre trouvé est de 31,84 g au lieu de théorie 32 g.

On constate que nous avons pu obtenir l'extraction pratiquement totale de chaque constituant à l'état pur. On peut donc conclure que la méthode de fractionnement des gaz de Lebeau et Damiens peut être rendue très précise et s'appliquer à des mélanges de constituants dont les courbes de tension de vapeur ne sont décalées que de 15° environ les unes par rapport aux autres. Dans de telles conditions la méthode aboutit encore à une séparation totale.

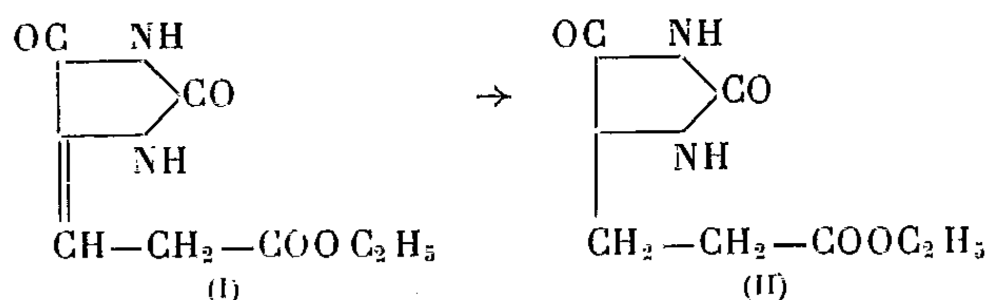
## CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle synthèse de l'acide glutamique.*

Note de M. **Charles Mentzer** et M^lle **Denise Billet**, présentée par M. Maurice Javillier.

La récente communication de J. Anatol sur une nouvelle synthèse de l'acide glutamique [1] nous incite à faire connaître les résultats de nos propres recherches dans ce même domaine. Dès 1949, nous avons montré que la condensation de l'urée avec l'oxalpropionate d'éthyle aboutit à un ester éthylénique dérivé de l'hydantoïne [2]. Entre temps, l'un d'entre nous a appliqué une réaction analogue à plusieurs autres esters α-cétoniques [3], en vue de

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 536.
(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 402.
(3) D. Billet, Thèse en cours.

préciser les limites d'application d'un tel mode de combinaison. D'un point de vue plus purement biochimique, il était également intéressant d'envisager la réactivité de l'acide α-cétoglutarique et, dans ce but, nous nous sommes adressés à l'ester éthylique de cet acide dont la combinaison avec l'urée a donné naissance à un ester hydantoïne Δ-3 propénoïque (I) non encore signalé jusqu'ici dans la bibliographie.




La double liaison de ce dérivé peut être réduite par l'hydrogène en présence de nickel de Raney; il est ainsi possible d'accéder à un composé identique à l'hydantoïne propionate d'éthyle (II) préalablement obtenu par Dakin au moyen d'un procédé entièrement différent ([4]). L'hydrolyse de cette hydantoïne (II) en acide glutamique s'effectue selon l'un des procédés déjà décrits par d'autres auteurs ([1]). L'intérêt d'une telle synthèse de l'acide glutamique réside dans le fait que les matières premières mises en œuvre sont des produits normalement élaborés par les êtres vivants; l'acide céto-glutarique provenant de la dégradation des glucides ([5]) et l'urée des protides, on peut se demander si leur combinaison en dérivé hydantoïnique ne constitue pas un terme intermédiaire dans la biogenèse de l'acide glutamique au sein de certains tissus. Aucun fait biochimique ne plaide encore en faveur d'un tel mécanisme dont la nature toute hypothétique appelle de nouvelles expériences.

Partie expérimentale. — *Ester éthylique de l'acide hydantoïne Δ 3 propénoïque*, $C_8H_{10}O_4N_2$. — 6,5 g d'α-céto-glutarate d'éthyle préparé selon Haworth et King ([6]) à partir de l'acide α-céto-glutarique obtenu d'après la méthode décrite dans *Org. Synth.* ([7]), sont mélangés à une solution de 20 g d'urée dissous dans 2,5 cm³ d'acide acétique glacial; le mélange est chauffé au bain d'huile à 90° sous un réfrigérant tandis qu'on fait barboter un courant de HCl gazeux dans la solution pendant 1 heure. Au bout de ce temps, la masse liquide se prend en cristaux qui sont abandonnés à la température ambiante jusqu'au lendemain. Le produit est recristallisé deux fois dans l'alcool. Rdt 3 g, F. 160°.

*Acide hydantoïne Δ 3 propénoïque*, $C_6H_6O_4N_2$. — 2 g de l'ester précédent sont dissous dans l'alcool; on ajoute une solution aqueuse constituée par 1,2 g de potasse et 3 cm³ d'eau; le mélange forme une pâte cristalline qui jaunit immédiatement; après avoir agité quelques minutes, l'alcool est chassé sous vide et le sel de potassium restant est dissous dans le minimum d'eau. L'acide est alors précipité par l'acide acétique et recristallisé dans très peu d'eau. Les cristaux obtenus sont jaune soufre et revêtent l'aspect décrit par Dakin dans

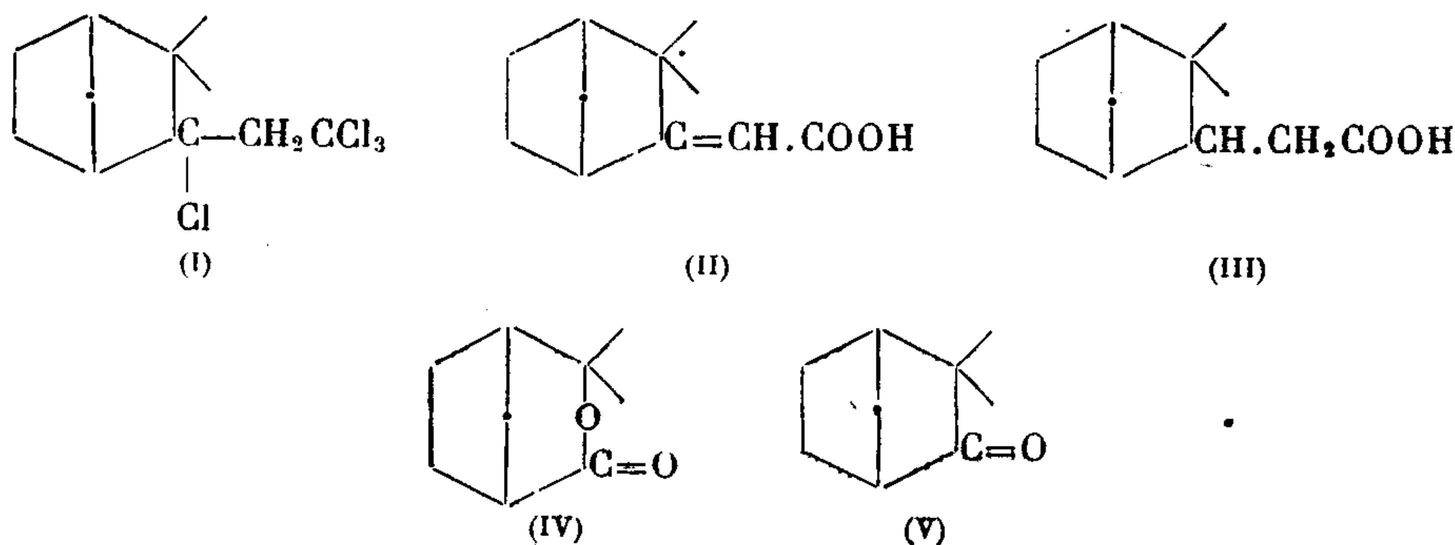
([4]) H.-D. Dakin, *Biochem. J.*, 13, 1919, p. 398-429.
([5]) Lockwood et Stodola, *J. Biol. Chem.* 164, 1946, p. 81-83.
([6]) *J. Chem. Soc.*, 101, 1912, p. 1979.
([7]) *Org. synthesis*, 26, p. 42.

sa préparation du même produit à partir de l'acide hydantoïne-bromo-propionique, F 223° (Dakin 223°), Rdt 0,8 g.

*Acide hydantoïne-propionique*, $C_6H_8O_4N_2$. — 0,8 g de l'acide précédent sont dissous dans 50 cm³ d'alcool et additionnés d'une pincée de nickel Raney, le tout est soumis à l'hydrogénation catalytique; on fait passer dans la solution 112 cm³ d'hydrogène on arrête après absorption de cette quantité. La solution est séparée du catalyseur par essorage puis concentrée à sec et le produit est recristallisé dans l'eau. Il fond à 170-175° et ne donne pas d'abaissement par mélange avec un échantillon du même produit préparé à partir de l'acide glutamique et du cyanate de potassium, Rdt 0,7 g.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la combinaison du camphène et du tétrachlorure de carbone.* Note de M^lle **Geneviève Clément**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente communication [1] nous avons montré que le tétrachlorure de carbone se fixe sur le nopinène en présence d'un peroxyde organique agissant comme catalyseur. Le camphène ayant également une double-liaison terminale, nous avons pensé qu'il pouvait aussi additionner le tétrachlorure de carbone [2]. En présence de peroxyde de benzoyle, il n'y a pas de fixation, mais avec le peroxyde d'acétyle, le rendement en produit brut peut atteindre 45 %. Pendant la préparation il y a un dégagement gazeux de 0,37 molécule de HCl par molécule de (I).




C'est une huile brunâtre, qui distille entre 100 et 125° sous 4mm et dont l'analyse indique qu'elle s'est partiellement déchlorhydratée.

Cette formule (I) est démontré par les faits suivants :

*a. L'acide* (II). — $C_{11}H_{16}O_2$ est obtenu en saponifiant le produit brut par la potasse alcoolique ou par la baryte glycolique, Rdt 65 à 70 %, $É_{10}$ 165°, F 125,5-126°, $(\alpha)_D = -78°$. Chlorydrate : F 156°.

---

(1) G. Dupont, R. Dulou et M^lle Geneviève Clément, *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 1115.

(2) Le camphène utilisé F 45° avait un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -29°$ (dans $CHCl_3$, $c = 0,1$ à $0,4$).

Cet acide peut être réduit soit par l'hydrogène en présence d'oxyde de Pt d'Adams, soit par le sodium dans l'alcool amylique. On obtient l'acide (III) $C_{11}H_{18}O_2$ : $É_{10}$ 145-150°; F 75-75°,5; $[\alpha]_D = 0$.

Ces deux acides ont pu être identifiés avec ceux obtenus par Langlois ([3]).

L'acide (II) α-β-éthylénique peut être rapidement décarboxylé en donnant du camphène caractérisé par son point de fusion et son chlorhydrate. Cette réaction nous permet de légitimer la structure attribuée à cet acide.

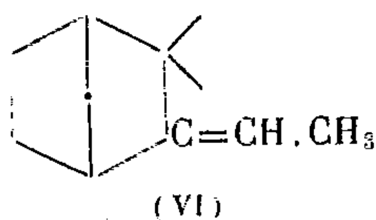
*b. L'oxydation par l'ozone* de l'acide (II) donne un mélange de deux produits d'oxydation :

α. La camphénilone (V) caractérisée par sa 2.4-dinitrophénylhydrazone, F 152°;

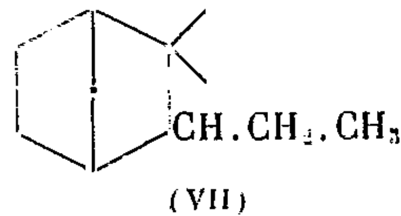
β. La lactone (IV), F 96°.

Ces deux produits avaient été décrits par Harries et Palmén ([4]) lors de l'oxydation du camphène par l'ozone.

*c. Un mélange de méthylcamphène* (VI) $C_{11}H_{18}$ *et de méthylcamphane* (VII)



(VI)



(VII)

$C_{11}H_{20}$ est obtenu en hydrogénant à froid en présence de nickel Raney et de potasse soit le produit d'addition (I), soit la fraction neutre obtenue par saponification. L'oxydation par l'ozone donne la camphénilone et la lactone caractérisées comme ci-dessus.

La réduction par l'hydrogène en présence de Pt d'Adams, conduit au méthylcamphane pur ($É_{10}$ 60-62°; $d_4^{17}$ 0,888; $n_D^{17}$ 1,4660; $[\alpha]_D + 4°$), et indique la proportion de 40 % de méthylcamphène dans le mélange. Le spectre Raman de ce dernier donne une raie en 1682 $cm^{-1}$. Quant à celui du méthylcamphane, on peut noter la presque identité de son spectre avec celui de l'isocamphane obtenu par réduction du camphène.

Enfin, on peut remarquer que le méthylcamphane obtenu à partir de produits lévogyres a un pouvoir rotatoire de + 4°. Le même fait a été signalé par Simonsen ([5]) qui obtient un isocamphane d'activité optique inverse de celle de l'hydrocarbure éthylénique.

---

([3]) *Ann. de Chim.*, 9e série, 12, 1919, p. 193; *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1924, p. 386.

([4]) *Ber. d. Chem. Gesells.*, 43, 1910, p. 1432.

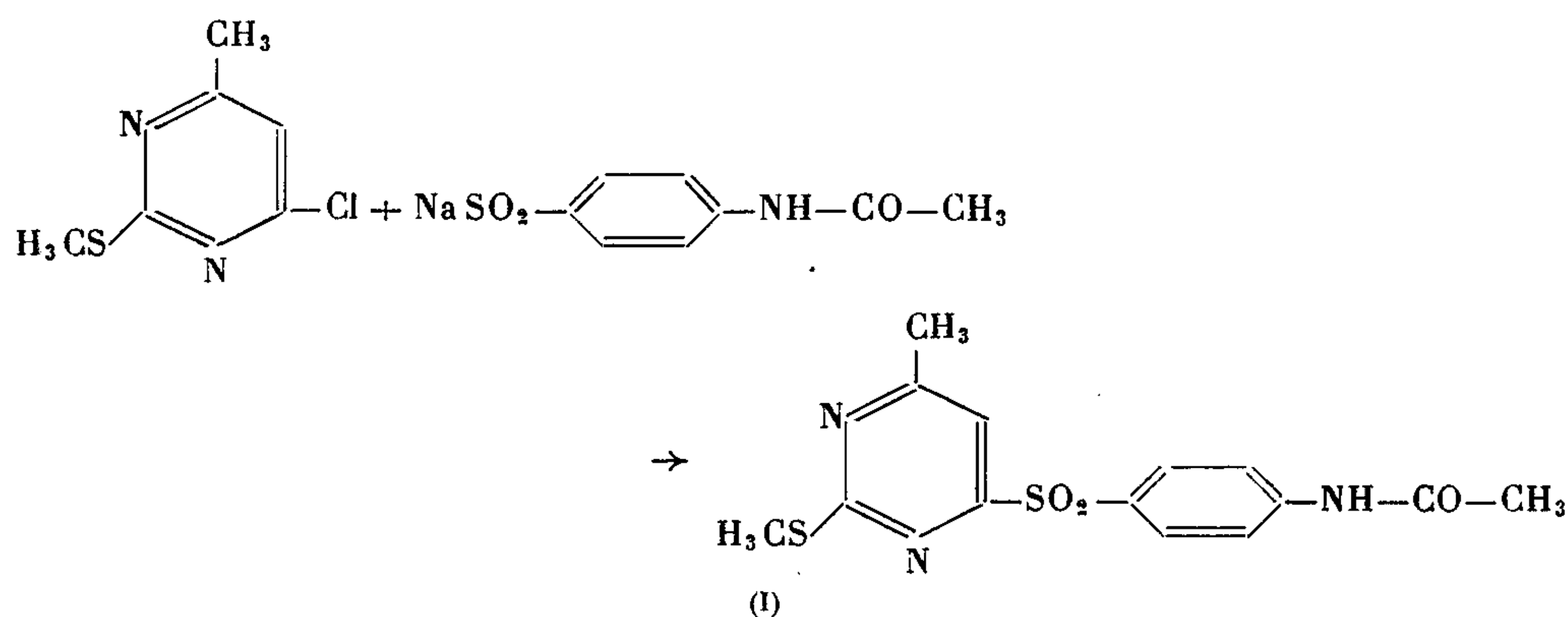
([5]) *The terpenes*, II, p. 276.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Labilité de la liaison sulfonyle dans une pyrimidine sulfone.* Note (*) de MM. **Michel Polonovski** et **Henri Schmitt**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La méthylthio-2 (*p*-acétamidophénylsulfonyl)-4 méthyl-6 pyrimidine, obtenue à partir de la méthyl-thio-2 chloro-4 méthyl-6 pyrimidine et du *p*-acétamido-benzène sulfinate de sodium, montre une curieuse labilité de la liaison sulfonyle vis-à-vis des agents acides ou alcalins et en présence d'amines.

Au cours de recherches antérieures, nous avons préparé la bis-(amino-2 méthyl-4 pyrimidyl)-6-6′ sulfone ([1]), qui s'est révélée inactive sur le Streptocoque *in vitro* et *in vivo*. Afin d'étudier les propriétés bactériostatiques éventuelles des *p*. amino-phényl-pyrimidyl-sulfones, nous avons poursuivi la synthèse de quelques-unes d'entre elles.

Nos premiers essais ont porté sur la préparation de la méthylthio-2 (*p*. acetamido phényl sulfonyl)-4 méthyl-6 pyrimidine (I), que l'on obtient aisément par condensation, en milieu hydroalcoolique, du *p*. acétylamino-benzène sulfinate de sodium avec la méthylthio-2 chloro-4 méthyl-6 pyrimidine (R = 76 %), (F 207°), (N calculé 12,46 %, N trouvé 12,26-12,28 %).




Nous avons essayé d'hydrolyser la fonction acétylamino : 1° selon la technique courante, au moyen de l'acide chlorhydrique (N à 6N). Mais le seul produit isolé par neutralisation du mélange réactionnel avec l'ammoniaque fut la méthylthio-2 hydroxy-4 méthyl-6 pyrimidine (II) (F 219°, N calculé, 17,93 %; N trouvé, 17,63 %), identique au produit déjà préparé par List ([2]).

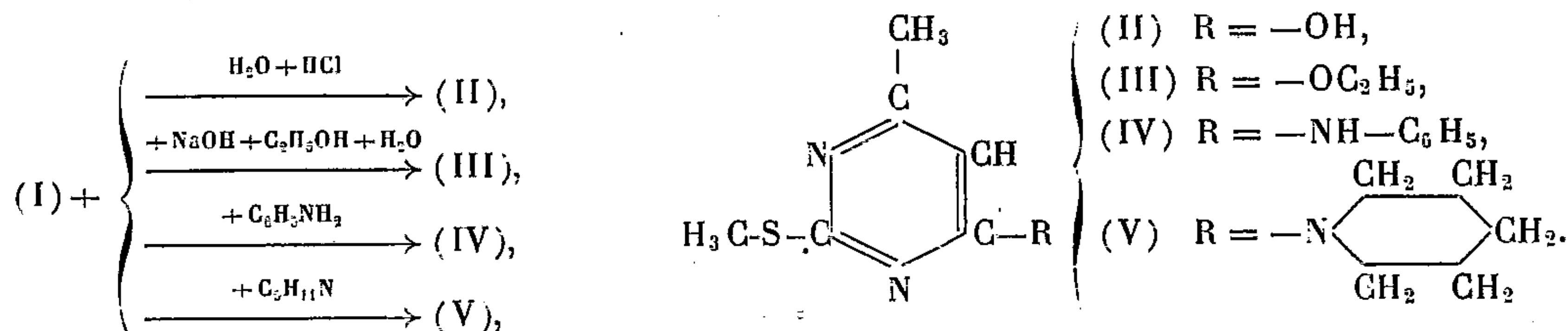
Ainsi se revèle une particulière fragilité de la liaison sulfonyle analogue

(*) Séance du 28 mai 1951.

([1]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, **17**, 1950, p. 620.

([2]) *Lieb. An.*, **232**, 1886, p. 12.

à celle constatée sur divers diphényl-sulfones par Smiles et al ([3]) :




2° L'hydrolyse alcaline par un équivalent de soude en milieu hydro-alcoolique, conduit à une pyrimidine (F 41°, N 15,06 %) (Rt 52 %), dont le picrate (F 84°) est identique à celui de la méthylthio-2 éthoxy-4 méthyl-6 pyrimidine (III), non encore décrite (N calculé 15,21 %; N trouvé 15,06 %) que nous avons obtenue en traitant par l'éthylate de sodium en milieu alcoolique anhydre la méthylthio-2 chloro-4 méthyl-6-pyrimidine.

L'action de l'iodure de méthyle sur les eaux-mères d'hydrolyse conduit à la méthyl *p*. acétylamino phényl sulfone (F 184°), ce qui met en évidence la présence du *p*. acétylaminobenzène sulfinate de sodium.

3° Nous retrouvons cette fragilité de la liaison sulfonyle en présence d'amines. Ainsi si l'on fait agir l'aniline à 180° sur la méthylthio-2 (*p*. acétamidophénylsulfonyl)-4 méthyl-6 pyrimidine, on obtient la méthylthio-2 *p*. aminophényl-4 méthyl-6 pyrimidine (IV) (F 114°, Rt 60 %). Ce composé, non encore décrit, a été préparé d'autre part en chauffant la méthylthio-2 chloro-4 méthyl-6 pyrimidine avec l'aniline (Rt 90 %, N calculé 18, 17 %; trouvé 17,81 %; chlorhydrate F 225°, N calculé 15,76 %; trouvé 15,89 %.

4° La pipéridine et la sulfone donnent, à chaud, la méthylthio-2 pipéridino-4 méthyl-6 pyrimidine (V), isolée sous forme d'oxalate acide (F 149°). Nous avons confirmé la structure de ce dernier corps en le préparant par action de la pipéridine sur la méthylthio-2 chloro-4 méthyl-6 pyrimidine (oxalate F 149°, N calculé 13,40 %, N trouvé 13,42 %).

La fragilité de la liaison sulfonyle dans cette pyrimidine sulfone est assez surprenante, étant donné que la liaison sulfonyle dans les *p*. acétamidophényl α-pyridine sulfones est stable vis-à-vis des agents d'hydrolyse ([4]).

MINÉRALOGIE. — *Transformations de la dravite de Doubrova (Moravie) de 375° C à 1350° C.* Note (*) de M. **Constantin Kurylenko**, transmise par M. Charles Mauguin.

La dravite de Doubrova est la tourmaline riche en Mg; sa composition

([3]) Voir *Annual Reports*, 30, 1933, p. 188; 36, 1939, p. 197; H. J. Backer, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 17, 1950, p. 729.

([4]) Max Dorn et Otto Laubereau, Brevet U. S. 2 451 258, 14 Décembre 1948.

(*) Séance du 28 mai 1951.

chimique renferme $3Na^{+1}$, $9(BO_3)^{-3}$, $9Mg^{+2}$, $18Al^{+3}$, $3(Si_6O_{18})^{-12}$ et $12(OH)^{-1}$.

L'étude du cristal tournant indique que :

$$a = 15,676\ \text{Å}, \quad c = 7,034\ \text{Å} \quad \text{et} \quad \frac{c}{a} = 0,4488.$$

La dravite appartient au groupe de recouvrement $C_{3v}^5 - R3m$.

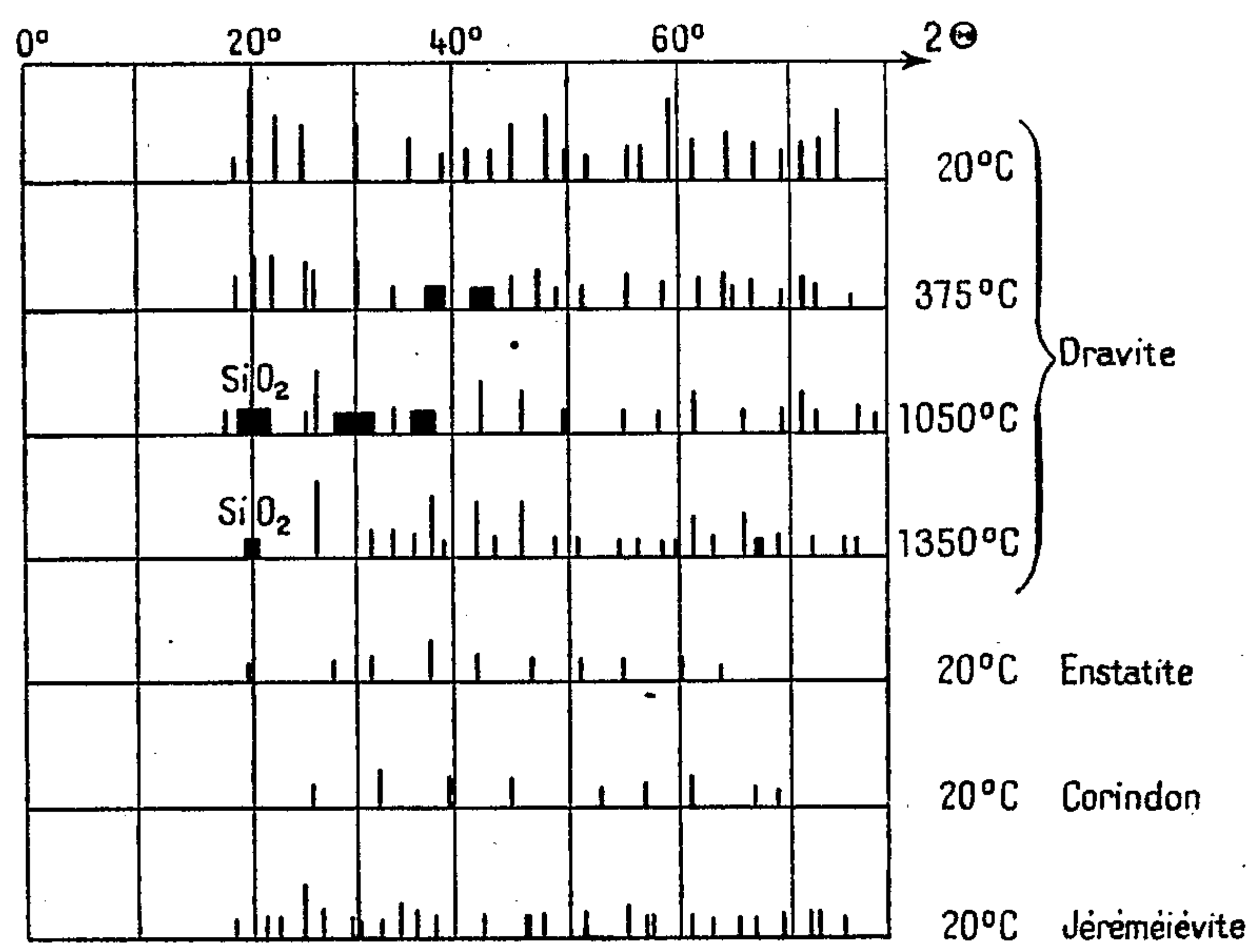



Fig. 1.

En 1895, Doelter supposait que les dravites se transforment à haute température en olivine, en spinelle et en verre. Les cristaux qui se forment

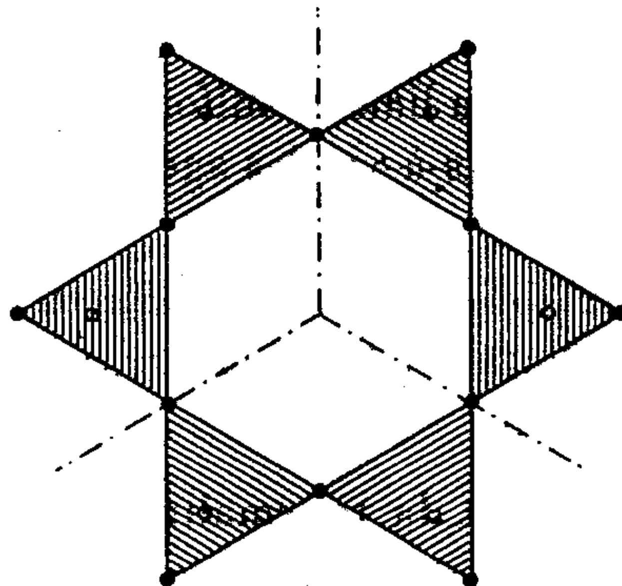


Fig. 2.

à 1050° et 1350° C en aiguilles et en carrés fournissent des diagrammes de rayons X qui diffèrent des minéraux signalés par Doelter, En outre, ni les

indices de réfraction, ni les densités du produit obtenu à partir de la dravite chauffée ne correspondent aux minéraux indiqués par Doelter. Par contre, les diagrammes de rayons X s'interprètent bien à partir des mélanges des minéraux suivants : silice amorphe ($SiO_2$), corindon ($Al_2O_3$), enstatite ($MgSiO_3$) et probablement jéréméiévite ($BAlO_3$). La figure 1 montre que la correspondance entre les raies des minéraux nommés et les raies observées est satisfaisante.

Les anneaux ([1]) hexagonaux (*fig.* 2) $Si_6O_{18}$, élément structural de la dravite sous l'effet des températures élevées, se rompent en s'associant pour former la chaîne de même composition Si $O_3$ du pyroxène-enstatite.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les propriétés élastiques du chlorure de sodium.* Note de MM. **Joseph Chatelet** et **Robert Cabarat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les vibrations acoustiques longitudinales de douze éprouvettes monocristallines de chlorure de sodium, à température ambiante et pour des amplitudes maxima d'allongement relatif, inférieures à $10^{-4}$.

Nous avons ainsi déterminé simultanément le module d'Young de chaque éprouvette dans sa direction longitudinale, au moyen de sa fréquence propre, et son frottement intérieur, défini par le décrément logarithmique de l'amortissement de ses oscillations dans le vide.

L'élasticimètre que nous avons utilisé, a été décrit par l'un de nous ([1]). Il permet d'obtenir une reproductibilité des mesures de l'ordre de $10^{-4}$ sur le module et de $5.10^{-3}$ sur le frottement intérieur.

Nos résultats déterminent les deux paramètres élastiques

$$s_{11} \text{ et } s' = s_{11} - s_{12} - (1/2)\, s_{44}.$$

Leur comparaison avec les valeurs antérieures ([2]) ne met pas en évidence d'écart systématique dû à l'origine des monocristaux.

| Origine. | $s_{11}.10^{13}$ (cm² : dyne). | $s'.10^{13}$ (cm² : dyne). | Auteur. |
|---|---|---|---|
| Cristaux naturels....... | 24,4 | − 9,41 | Voigt. |
| | 22,5 | − 12,18 | Durand. |
| | 22,8 | − 11,8 | Hunter et Siegel. |
| Méthode de Bridgman..... | 23,0 | − 11 | Bridgman. |
| | 24,0 | − 14 | Bergman. |
| Méthode de Kyropoulos... | 22,4 ± 0,2 | − 11,8 ± 0,2 | C. et C. |

([1]) M. J. Buerger et G. E. Hamburger, *Amer. Mineral.*, 33, 1948, p. 532.

([1]) R. Cabarat, *Mesures*, 1947, p. 275.

([2]) Hearmon, *Rev. Mod. Phys.*, 18, 1946, p. 409.

Le frottement intérieur s'échelonne pour les mêmes éprouvettes entre 33 et $0,8.10^{-5}$ (ce qui correspond à un coefficient de surtension de 1 à $42.10^{4}$).

Plus que les valeurs absolues de nos résultats, leur variation simultanée avec différents paramètres nous paraît significative. Mettons en évidence les caractères suivants :

1° Un recuit soigné fait disparaître les tensions internes visibles en lumière polarisée. Il stabilise à la fois le module élastique et le frottement intérieur : si, sur une même éprouvette, la variation relative du paramètre élastique peut atteindre $1,5.10^{-2}$ et celle du frottement intérieur, 700 %, après recuit, ces variations tombent respectivement à $5.10^{-4}$ et 75 %.

2° Contrairement au cas des métaux ([3]) le recuit peut soit augmenter, soit diminuer le paramètre élastique, sans que l'on ait pu jusqu'ici attribuer de cause au sens de variation.

3° Le frottement intérieur après recuit est lié à la perfection de l'état de surface, due à la recristallisation superficielle dans la zone plastique des températures. En effet, les surfaces de nos éprouvettes ont un état polycristallin par suite de leur travail au tour ou de leur polissage.

4° Le frottement intérieur ne semble pas dépendre de l'orientation cristalline des éprouvettes, mais plus de leur sous-structure. C'est ce que montre le tableau suivant. Il correspond à des traitements presque identiques sur des éprouvettes taillées dans trois blocs monocristallins distincts.

| Bloc n°............... | 1. | | 2. | | | 3. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Éprouvette n°......... | 2. | 3. | 17. | 18. | 19. | 15. | 14. | 16. |
| Orientation...... (a).... | 90° | 90° | 90° | 90° | 75° | 60° | 45° | 45° |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 30 | 45 | 45 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frottement intérieur × $10^5$. | 3,61 | 5,15 | 1,40 | 0,74 | 1,45 | 8,86 | 7,05 | 8,87 |

(a) Angles de l'axe de l'éprouvette avec les trois axes quaternaires.

Nous nous proposons de préciser nos résultats pour les relier aux nombreux travaux sur le frottement intérieur des monocristaux métalliques ([4]) et sur la dissipation d'énergie dans les cristaux ioniques.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains de recouvrement du sidérolithique entre la Dordogne et le Lot.* Note de MM. **Frédéric-Marie Bergounioux** et **Georges Kulbicki**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

La région délimitée au Nord par la Dordogne, au Sud par le Lot, à l'Est par Cahors et Gourdon, à l'Ouest par Monpazier et Fumel, est sporadi-

([3]) Zener, *Acta Cryst.*, **2**, 1949, p. 163.

([4]) Eshelby, *Proc. Roy. Soc.*, **1050**, 1949, p. 396.

quement recouverte par les formations sablo-argileuses d'âge éo-oligocène, désignées sous le terme compréhensif de Sidérolithique. La carte, au 1/80 000 (feuilles de Gourdon et de Villeréal) indique que ces dépôts sont localement recouverts par une série de calcaires lacustres, généralement stampiens, très souvent meuliérisés (plateau de Bort, près de Domme).

A une sédimentation de type fluvio-torrentiel aurait donc succédé l'établissement de lacs par suite d'un léger exhaussement du niveau de base correspondant à la transgression stampienne (calcaire à Astéries).

Des observations récemment effectuées permettent de modifier et de préciser cette manière de voir.

1. A 200 m au Nord de la gare de Thédirac-Peyrilles (entre Cahors et Gourdon), côte 270, une carrière en exploitation montre la succession suivante :

A la base, le calcaire kimméridgien qui forme les bords d'une dépression karstique; au-dessus, un sable rougeâtre grossier d'une épaisseur de 10 m, contenant quelques galets de quartz et des restes très décomposés de roches cristallines; la stratification est torrentielle; des traînées d'argile verdâtre ont colmaté des réseaux de fentes; à la partie supérieure, un banc d'argile sableuse verte de 1 m de puissance, couronnée elle-même par un cailloutis quartzeux dont les éléments sont mal calibrés.

Quand on se déplace de 100 m vers le Nord, on trouve une carrière d'argile verte, connue par sondages sous une épaisseur de 6 m et recouverte par 1 m de cailloutis quartzeux. Cette argile a été exploitée durant ces dernières années comme terre à foulon et argile grésante. Elle ne contient pas de calcaire. Les résultats des analyses chimique et thermique différentielle aussi bien que les spectres de rayons X montrent qu'il s'agit d'une beidellite ferrifère.

2. Au Nord de la gare de Thédirac s'étend la lande du Frau dont les graviers et les cailloutis occupent une superficie de plus de 400 ha. En suivant la route de Lavercantière à Peyrilles, on trouve, de bas en haut, la succession suivante : sables, grès et graviers rutilants du Sidérolithique; argile verte du type Thédirac sporadiquement et irrégulièrement conservée (côte 280); cailloutis quartzeux qui, sur les pentes, peuvent avoir 5 à 6 m de puissance.

3. A 20 km au Nord de Lavercantière, à 2 km au Sud de Domme, s'étend un large plateau recouvert par la meulière de Bort (côte 260). Dans les ravins qui le limitent au Nord on voit, de bas en haut : le calcaire sénonien *c* 7 formant le fond d'une dépression remplie de sables argileux et ferrugineux. Le contact avec le calcaire encaissant est souvent difficile à observer. Des ségrégations d'argile kaolinique se sont opérées au sein de la masse sableuse. Des bancs de grès tendres à ciment argileux ou ferru-

gineux terminent la formation. Sur ce niveau s'installe une puissante assise d'argile verte de 10 à 15 m, très homogène, du type beidellite ferrifère; enfin, le niveau de meulière couronne l'ensemble sur une épaisseur de 2 m environ, avec de petites intercalations lenticulaires d'argile sableuse vert bleu.

4. A 20 km à l'Ouest, dans la région de Monpazier, le plateau de la Bessède occupe de très larges espaces recouverts de bruyères et d'ajoncs. Une carrière exploitée à 2 km au Nord de Bouillac permet de voir, de bas en haut : le calcaire mæstrichtien raviné par les sables ferrugineux sidérolithiques contenant des passées d'argile kaolinique (30 m de puissance environ); à la partie supérieure de ces sables, on voit des éléments grossiers constitués de quartz roulés, de lydiennes, silex, débris de calcaire fossilifère, rognons de limonite. Au-dessus de cette surface d'exondation se place un banc d'argile verte pouvant atteindre 5 m d'épaisseur; sa base remanie des éléments de la formation sous-jacente et renferme, en outre, des fragments de calcaire lacustre, ainsi que des sphérolites de calcite. Il est surmonté par des blocs de meulière provenant de la couverture disloquée par l'érosion (côte 220).

5. A 2 km à l'Ouest de l'embranchement des routes Cadouin Saint-Avit et Cadouin Molières, sur la crête (côte 200), on peut voir un contact entre le calcaire Crétacé et le Tertiaire. Les bancs horizontaux du calcaire lacustre tendre contenant des bancs d'argile verte, viennent buter en transgression discordante sur le Crétacé à Rudistes. Au contact, les traces d'exondation sont nombreuses : limonite, silex et débris calcaires enrobés dans un ciment argileux rougeâtre. Au fond de la vallée, le Sidérolithique sableux de type normal apparaît sous le calcaire lacustre et les argiles vertes.

*Conclusion.* — Ces quelques gisements peuvent être reliés entre eux grâce à de nombreux témoins dans lesquels se rencontre la même superposition. Il paraît donc légitime de rétablir l'ordre chronologique des dépôts de la manière suivante :

1. Le Sidérolithique fluvio-torrentiel a recouvert toute une topographie fossile qu'il a fossilisée.

2. Un stade d'exondation a suivi ce premier dépôt.

3. Au moment de la transgression stampienne des argiles vertes d'un type très différent de celles que l'on trouve dans les formations sidérolithiques se sont déposées dans un milieu extrêmement calme.

4. Sur la bordure orientale de ce lac s'est enfin produit un alluvionnement grossier (cailloutis de Thédirac et du Frau). Partout ailleurs, les calcaires lacustres secondairement meuliérisés, ont succédé aux argiles.

GÉOLOGIE. — *L'Albien supérieur marin dans la série schisto-gréseuse du Sud-Ouest de la Biscaye.* Note de M. **Pierre Rat**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans la Chaîne cantabrique, aux confins des provinces de Burgos, d'Alava et de Biscaye, la série sédimentaire du Crétacé inférieur, essentiellement détritique, se termine par un puissant ensemble schisto-gréseux correspondant à l'Albien supérieur (Hystérocératien de Spath) et à la partie inférieure du Cénomanien. Il lui succède une série marno-calcaire débutant avec le Cénomanien supérieur (Zone à *Schlœnbachia varians*).

Au Sud-Ouest de Bilbao se développe un faisceau de plis parallèles, orientés NW-SE. Une crête de l'anticlinal le plus méridional forme, à l'Ouest de la vallée du rio Cadagua, les Monts de Galdames. Le flanc sud de cet anticlinal est constitué par une série très puissante de sédiments détritiques qui, dans le Nord des provinces d'Alava et de Burgos, est recouverte par les marnes et les calcaires du Crétacé supérieur. Cet ensemble, observé par J. M. Rios [1], est daté de façon incertaine. Les observations que j'ai faites au cours de l'année 1950 permettent de préciser l'âge de ses termes supérieurs.

En partant de l'axe de l'anticlinal de Galdames et en remontant vers le Sud la vallée du rio Cadagua, on reconnaît la succession suivante, d'apparence continue, dans laquelle le passage d'un terme au suivant se fait de façon très progressive :

1° Marnes noires, ternes, compactes, affleurant dans le cœur de l'anticlinal autour de La Cuadra.

2° Série schisto-gréseuse, constituée d'alternances de schistes argileux sombres et de bancs gréseux dont certains contiennent de petites Orbitolines. Sa puissance, variable selon les points, est de l'ordre de 1000 à 1500 m.

Vers le sommet de cette série s'intercale un niveau de calcaires à Rudistes en grandes lentilles (*Pseudotoucasia santanderensis* Douvillé) qui forme une crête dans les Monts de Galdames.

3° Complexe de marnes gris-bleu souvent très sableuses, de calcaires bleu-noir et de quelques bancs gréseux. Sa puissance peut dépasser 2 000 m. Les fossiles y sont rares et fort mal conservés : *Parahoplites* sp., *Cheloniceras* ? sp. [2].

4° Schistes argileux noirs avec intercalations de minces lits gréseux. Leur puissance est d'environ 1500 m. Facilement affouillés par le rio

(1) *Temas profesionales, Direccion general de Minas y Combustibles*, n° 9, Madrid, 1948, p. 19-22.

(2) Les Ammonites ont été déterminées par le Général M. Collignon.

Cadagua et ses petits affluents, ils se traduisent dans le modelé par une dépression, bien marquée autour de Zalla.

5° Série schisto-gréseuse, formant les crêtes massives des environs de Valmaseda. Sa puissance atteint environ 3 000 m.

*a*. La partie inférieure de cette formation m'a fourni, dans des grès roux, jaune-rouille, parfois même rouges, souvent friables et à aspect de grauwackes :

à La Herrera : *Pervinquiera inflata* Sowerby, *Dipoloceras* sp. aff. *pseudoaon* Spath;

au Nord-Ouest de Valmaseda, dans des couches stratigraphiquement un peu plus élevées : *Hysteroceras* sp. aff. *orbignyi* Spath, *Prohysteroceras* (*Goodhallites*) sp. aff. *candollei* Pictet, accompagnés de *Rostellaria* cf. *parkinsoni* Sow., *Avellana incrassata* Sow., *Arca carinata* Sow., *Neithea morrisi* Pictet et Renevier, *Pinna* sp., Térébratules, *Holaster lœvis* De Luc, *Epiaster* sp.

En outre, dans ces deux niveaux se rencontrent, en abondance, des Orbitolines en forme de cône très peu élevé, dont le diamètre n'atteint qu'exceptionnellement 15 mm. On peut les rapprocher d'*Orbitolina subconcava* Leymerie.

Cette faune permet d'attribuer la partie inférieure de la série schisto-gréseuse de Valmaseda à l'Albien supérieur (Hystérocératien de Spath).

*b*. Au Sud-Ouest de Valmaseda apparaissent, très fréquentes dans les grès, les Orbitolines de grande taille caractéristiques du Cénomanien (*O. aperta* Erman), puis, par l'intermédiaire de calcaires gréseux à Orbitolines, les dépôts détritiques grossiers passent au flysch marneux avec lequel commence la sédimentation du Crétacé supérieur.

6° Flysch marneux formé d'alternances rapides de marnes claires et de petits bancs calcaires qui se débitent fréquemment en boules aux affleurements : « Flysch à boules » de R. Ciry et J. Mendizabal [3]. Dans cette formation, j'ai trouvé *Mantelliceras hyatti* Spath, très caractéristique de la Zone à *Schlœnbachia varians* du Cénomanien supérieur.

*Le complexe schisto-gréseux de Valmaseda, avec lequel s'achève la série détritique du Crétacé inférieur, correspond donc à une phase de sédimentation qui a débuté à l'Albien supérieur pour se continuer, puis se terminer, au cours du Cénomanien.*

Vers l'Ouest, cet ensemble se suit dans la Sierra de Ordunte. Au Nord-Ouest d'Espinosa de los Monteros où R. Ciry l'a étudié, l'Albien marin n'est plus connu, mais entre les calcaires à Rudistes de l'Aptien et les grès

---

(3) *Livre jubilaire Charles Jacob, Annales Hébert et Haug*, 7, 1949, p. 63.

cénomaniens à *Orbitolina aperta* s'intercale un puissant complexe gréseux à faciès continental wealdien ([1]).

Dans le reste de la région cantabrique, l'Albien marin à Ammonites n'a été signalé avec certitude qu'à l'Ouest de Santander, près de Comillas, par L. Mengaud ([2]), mais il s'agit d'une zone de sédimentation tout à fait différente de celle du Sud de la Biscaye étudiée ici.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de mouvements orogéniques calédoniens au Maroc central.* Note (*) de M. **William Van Leckwijck**, présentée par M. Paul Fallot.

En 1936, H. Termier ([1]) signalait l'existence au Maroc central d'un *mouvement épirogénique postgothlandien et antéemsien.* Nous sommes actuellement en mesure de donner des précisions sur l'âge de ce mouvement et sur son intensité, qui a été grande et d'ordre orogénique plutôt qu'épirogénique.

Dans la région située entre le plateau des phosphates et le massif granitique des Zaër et baptisée « pays des sokhrats » du nom des crêtes (sokhrats) de quartzite qui lui donnent un relief très particulier, H. Termier citait, dans le même Ouvrage ([2]) une série de gisements compris dans certains de ces quartzites et contenant *Acaste spinosa* Salter, *Homalonotus* sp., *Orthis lunata* Sow., *Rhynchonella nucula* Sow., *Schizophoria* gr. *striatula* d'Orb, *Stropheondonta* cf. *simulans* M'Coy, *Modiolopsis complanata* Sow., *Bellerophon* sp., *Chætetes* gr. *Fletcheri* Murch.; il en déduisait que ces quartzites *appartenaient à l'Upper Ludlow britannique et à la base du Gédinnien franco-belge.*

En 1950, j'ai effectué un levé assez détaillé de la région comprise entre Christian et le plateau des phosphates, et j'ai pu constater ainsi que, si l'ensemble des terrains ordoviciens et gothlandiens dessine une série harmonieuse de plis, orientés Nord-Est-Sud-Ouest en moyenne, diverses masses, grandes et petites, de quartzites reposent transgressives ou pincées en des positions quelconques par rapport à ces plis. Elles recouvrent indifféremment n'importe lequel des terrains antérieurs. En certains points, alors que les bancs ordoviciens sont redressés ou même verticaux, les quartzites supérieurs présentent une allure beaucoup moins inclinée, voir subhorizontale au Kern el Kébir, à el Gara, à l'Ouest de la mine du Fil Rouge. En de nombreux endroits une discordance angulaire est manifeste entre les quartzites et leur

---

([1]) R. Ciry, *Étude géologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, Léon et Santander*, Thèse, Paris, 1940, p. 95-96.

([2]) *Recherches géologiques dans la région cantabrique*, Thèse, Paris, 1920, p. 145.

(*) Séance du 28 mai 1951.

([1]) *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc.*, 33, 1, p. 670-671.

([2]) *Ibid.*, p. 223-228 et 281-282 et tableau V.

substratum (Sokhrat ez Zerda, el Oukaz, Nord de Sidi Rahmoun etc.). Mais elle n'est que très rarement photographiable (en 365,7-268,3 et en 376,2-280,0), car le pendage des schistes ordoviciens et gothlandiens est toujours difficile à discerner.

Les sédiments détritiques qui sont à l'origine de ces quartzites se sont donc déposés sur un pays qui avait été précédemment plissé et qui a été, ensuite, imparfaitement pénéplainé. On a, en effet, la preuve (notamment au Sokhrat de Sidi Ahmed) que de grosses barres de quartzite ordovicien (Caradoc) sont restées émergées pendant le début de la transgression.

L'âge de cette transgression nous est fourni par la faune citée ci-dessus, à laquelle s'ajoutent les espèces ci-après que j'ai recueillies et qui ont été déterminées par M. H. et M<sup>me</sup> G. Termier : *Digonus* sp., *Dalmanella canaliculata* Lindst (*Sokhrat es Sbaa*), *Digonus rhenanus* Koch avec hypostome, *Proschizophoria personata* Zeiller, cf. *Rensselaerina* sp., *Dalmanella* cf. *lunata* Sow., *Hysterolites Mercuri* Gosseler (Nord du Sokhrat ed Djaja, à 10 km Sud-Est du « pays des Sokhrats »), pygidium d'*Asteropyge* sp. (Nord-Est de Sidi Daoui, à 30 km Est-Nord-Est du « pays des Sokhrats »), *Acaste* cf. *spinosa* Salter, *Calymene* aff. *Blumenbachi* Brong., *Dalmanella* cf. *lunata* Sow., *Ctenodonta edmondiiformis* M'Coy (Defilet Aït Lemsenaoui, à 30 km au Nord-Est du « pays des Sokhrats », ici dans du schiste gris, micacé, noduleux, non loin d'affleurements emsiens ([3]).

La présence de formes proprement dévoniennes telles que *Asteropyge*, *Rensselærina* incite à attribuer les quartzites transgressifs au *Gédinien inférieur* plutôt qu'à l'Upper Ludlow. La transgression serait donc exactement de même âge au Maroc Central qu'en Ardennes.

Ainsi se trouve mise en évidence dans le Maroc central une *orogénèse calédonienne* qui a violemment plissé tous les terrains jusqu'au Ludlow inférieur (à *Monograptus chimæra* B.) et, sans doute aussi, moyen (à *Dalila resecta* B., et *Monograptus* indét.). Il est vraisemblable que ce plissement s'est fait sentir également avec intensité en d'autres régions marocaines telles que par exemple, le Maroc oriental (Debdou-Zekkara) et le pays de Skoura.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des mouvements orogéniques calédoniens dans le Maroc central.* Note de MM. **Gabriel Colo**, **Philippe Morin** et **Gabriel Suter**, présentée par M. Paul Fallot.

M. H. Termier, dans sa magistrale description du Maroc central, avait signalé l'existence, dans le *Pays des Sokhrats*, de deux séries quartzitiques distinctes : l'une ordovicienne, l'autre attribuée à l'Upper Ludlow ou à la

(3) H. Termier, *loc. cit.*, p. 317-318.

base du Gédinnien [(1), p. 225 et 281]. M. Van Leckwijck (2) a récemment précisé, dans cette région, l'âge gédinnien des quartzites supérieurs et montré qu'ils reposent en discordance angulaire très nette sur les différents termes du Silurien.

Nos études en cours dans diverses régions du Maroc central nous permettent déjà de mettre en évidence la généralité de cette discordance.

La structure du vaste *anticlinal complexe de Khouribga-Oulmès*, constitué en majeure partie par les séries puissantes de l'Ordovicien (3) et par du Gothlandien, est mise en lumière par les barres quartzitiques de l'Ordovicien terminal (Caradoc). De part et d'autre de cet anticlinal on trouve de très grosses masses quartzitiques d'allure relativement paisible et qui sont, en plusieurs points, très nettement discordantes sur les séries précédentes.

A. Sur le flanc ouest et du Nord vers le Sud, nous citerons à cet égard les exemples suivants :

1. Le Jebel Hadid (entre le Bou Regreg et la route d'Oulmès) est constitué par un synclinal perché de quartzites reposant en discordance sur des séries ordoviciennes et gothlandiennes datées [(1), p. 205]. La même disposition apparaît avec plus de netteté encore dans le sommet qui domine le Bou Regreg à 3 km au Sud de Sidi Abbou.

2. Entre les Oueds Ksiksou et Grou, le Jebel Berkane et le Jebel Tiguert, dans sa partie sud, sont constitués par des masses énormes de quartzites faiblement plissés qui supportent en discordance les séries détritiques du Terrain de Sidi Kassem (Westphalien) formant le Jebel Aouïnet-et-Tine et le Guelb-el-Atrouss.

Des accidents verticaux importants compliquent la structure de cette zone dont l'allure paisible contraste cependant violemment avec celle des séries siluriennes datées, immédiatement au Sud-Est, dans lesquelles les quartzites du Caradoc soulignent la complexité et l'intensité des plissements calédoniens.

De même le Jebel Atchana sur la rive gauche du Beth est très vraisemblablement à rattacher à cette série post-calédonienne.

3. Ces mêmes séries quartzitiques réapparaissent avec une très grande ampleur à l'autre extrémité du Bassin westphalien, au Sud et à l'Est de Christian.

Le Jebel Bedouz, à l'Est de Christian, est formé par une grande dalle de quartzites faiblement inclinée vers l'Ouest et reposant sur la tranche de séries très redressées et plissées (Schistes à *Trinucleus* très fossilifères,

(1) H. Termier, *Notes et Mém. Serv. Mines et Carte Géol. Maroc*, n° 33, Rabat, 1936.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2117.

(3) G. Choubert, H. et G. Termier, *Comptes rendus sommaires Soc. Géol. Fr.*, 1947, p. 335-337.

quartzites du Caradoc subverticaux dessinant des replis complexes, et schistes gothlandiens).

Ces mêmes quartzites se poursuivent plus au Sud jusqu'au Jebel Habari formant sur les séries très plissées du Silurien un placage plus ou moins continu et disloqué par des accidents verticaux importants. On rejoint, par ces jalons, la zone décrite par M. Van Leckwijck immédiatement au Sud-Ouest.

B. Sur le flanc est de l'anticlinal de Khouribga-Oulmès et toujours du Nord au Sud, on observe que :

1° L'Oum el Grinat est formé par des quartzites posés en synclinal perché très plat sur les schistes et la double barre quartzitique subverticale de l'Ordovicien supérieur.

2° A hauteur de Moulay Bou Azza, ces quartzites post-calédoniens forment une grande dalle (Mechmech Zreib) à pendage Ouest qui repose en discordance sur les séries gothlandiennes et ordoviciennes dont les replis aigus et cassés sont bien mis en évidence par les bancs du Caradoc. Cette même dalle se poursuit encore plus au Sud, dominant la route des Smala face à l'Archet Beni-Mellal, lui-même constitué par un anticlinal de Caradoc.

C. Beaucoup plus à l'Est enfin, au delà du synclinal namurien de Fourhal, au cours d'une mission rapide en compagnie de M. P. Fallot, nous avons pu constater que les *montagnes en quartzites du Pays des Zaïan* apparaissent comme un vaste bombement anticlinal complexe de matériel principalement quartzitique, ceinturé sur tout son pourtour par les dépôts transgressifs et discordants du Viséen, comme l'ont signalé MM. Russo et Tussau (4). Il semble bien que l'on puisse, dans ce vaste ensemble, discerner deux séries quartzitiques différentes : la plus inférieure, très intensément plissée, est liée par place à des schistes (schistes d'Ouerdane) rappelant beaucoup, par leur faciès, les schistes de l'Ordovicien supérieur [(1), p. 207 et 462], la seconde, enveloppant la précédente et d'allure plus tranquille, correspondrait vraisemblablement au Gédinnien (Oum Matoursguene).

Si les preuves paléontologiques qui nous permettraient d'affirmer partout l'âge gédinnien des séries quartzitiques post-calédoniennes manquent encore, les rapports stratigraphiques des quartzites discordants incitent à l'admettre. Ces formations clastiques transgressives résultent très vraisemblablement du démantèlement de la chaîne calédonienne.

Dès à présent, nous pouvons souligner l'importance très grande de cette phase orogénique calédonienne dont les effets sont déjà connus sur un

(4) *Comptes rendus*, **162**, 1916, p. 75.

territoire de 100 km sur 80 km. Son intensité paraît en tous cas avoir donné des plis plus aigus et accusés que ceux qui sont dus aux phases hercyniennes postérieures qui s'y sont approximativement superposées.

MÉTALLOGÉNIE. — *Présence de la scheelite en bordure du granite des Zaër, Maroc central.* Note de MM. **Jules Agard** et **Valéry Ziegler**, présentée par M. Paul Fallot.

La scheelite a été découverte en des points différents de la bordure du granite des Zaër sous deux modes de gisement : d'une part au sein de calcaires métamorphiques, d'autre part dans des filons de quartz où elle est associée à du mispickel et de la pyrite. Cette découverte confirme à nouveau l'existence de la province métallogénique marocaine à tungstène liée aux granites hercyniens.

Sur la bordure nord-ouest du batholite granitique des Zaër au Sud de Sibara, M. H. Termier [1] avait signalé plusieurs grosses lentilles calcaires touchées par le métamorphisme. Certaines, situées à quelques centaines de mètres du marabout de Sidi Mohamed Hammou, sont formées, d'après cet auteur, de calcaires recristallisés contenant des restes de fossiles, en particulier *Cardiola interrupta* qui date ces formations gothlandiennes. Les autres situées dans l'Oued el Ateuch, peu après sa sortie du granite sont constituées par des cornéennes à diopside passant aux parapyroxénites.

Au cours d'une mission en compagnie de M. G. Golo et des élèves de l'École de Prospection et d'Études Minières de Rabat en mai 1950, puis au cours d'études détaillées ultérieures, de nouveaux bancs importants de calcaires métamorphiques ont été découverts et cartographiés à quelques kilomètres au Nord-Est des précédents, au Nord et au Sud des zones de quartzites de Daïdia, El Krama, Ragoubet, Bou Khellala, El Kiar, Serj el Abbès, El Aouija. Ils forment la bordure de deux anticlinaux assez aigus, dont le cœur est constitué par des quartzites et des schistes attribuables au Caradoc.

Le granite du Massif des Zaër qui, dans ce secteur, est un granite à mica noir, recoupe très obliquement ces anticlinaux et métamorphise fortement à son contact les formations qui les constituent, en particulier les bancs calcaires. Trois de ceux-ci, presque parallèles au contact du granite ont été transformés, sur des distances atteignant 1 à 2 km, en cipolins, en calcaires silicifiés et en tactites. Ces tactites sont constituées de minéraux variés et irrégulièrement répartis : grenat, diopside, idocrase, calcite, quartz, wollastonite (ce dernier minéral forme parfois des lentilles atteignant 10 m de puissance au Sud-Ouest du col de Sibara). La liaison

(1) *Notes et Mémoires, Service des Mines et de la Carte Géologique*, Rabat, n° 33, 1936, p. 1442.

courante de la scheelite avec de telles roches nous a conduit à y rechercher ce minéral. Il fut d'abord reconnu au laboratoire sur un échantillon. Ultérieurement, grâce à une prospection à la lampe de Wood effectuée le long des affleurements, de tactites d'autres indices furent découverts dans la bande au Sud de Ragoubet bou Khellala. Les mouches de scheelite sont toutes localisées dans une parapyroxénite formée essentiellement de diopside en petits grains et d'un peu de labrador. Dans cette roche la scheelite forme soit des filonnets de 1 à 2 mm d'épaisseur que l'on peut suivre sur plusieurs centimètres le long de petits plans de cassure, soit des mouches fines pouvant atteindre 5 mm et dispersées en pleine masse. Dans la bande de l'Oued el Ateuch, c'est une lentille de grenatite qui recèle la minéralisation. La scheelite s'y présente en mouches pouvant atteindre 1 cm et devient plus abondante en descendant vers l'Oued. Un banc à wollastonite en recèle aussi quelques mouches.

Signalons enfin que d'autres bancs moins importants de grenatites à rares mouches de scheelite ont été découverts par M. C. Bizard sur le contact ouest du granite à 2 km à l'Est de Lalla Khaloua.

Sans liaison apparente avec la scheelite, on observe des filonnets de quartz recoupant ces tactites et un peu de pyrite et de pyrrhotine en inclusions dans ces mêmes roches.

Un tel mode de gisement de la scheelite dans les calcaires métamorphiques est déjà connu au Maroc autour des granites hercyniens : Le Ment, Jebel, Aouam, Tichka, Azegour, Jebilet.

Un deuxième type de gisement existe sur la bordure sud du même batholite granitique, à Koudiat Cheïba où la scheelite a été découverte dans des filons de quartz.

Le granite dans ce secteur est à deux micas et prend vers le contact une texture aplitique. Il se prolonge par des filons-couches dans les schistes métamorphiques. Ces derniers dérivant de schistes du Llandeilo supérieur, sont grossièrement concordants avec la surface du batholite à cet endroit et contiennent de nombreuses baguettes d'andalousite.

Les filons minéralisés se trouvent dans la zone de contact granite-schistes, qui est ici à peu près rectiligne et dirigés Est-Ouest. Leur puissance dépasse parfois 2 m; ils se relaient sur 2 km et sont subverticaux. La plus grande partie de leur remplissage est composée de quartz massif blanc ou gris, présentant parfois des géodes et de rares enclaves de schistes. De la muscovite tapisse souvent les fissures du quartz ou forme des nids de petites dimensions près des épontes. De rares cristaux de feldspaths et parfois beaucoup de tourmaline s'observent dans certaines zones près ou dans les épontes de ces filons. La scheelite se présente dans le quartz en amandes brunes ou jaunâtres de quelques millimètres à plusieurs centimètres. Elle est particulièrement fréquente dans la partie est du

gisement. Le mispickel, plus ou moins altéré, se rencontre en abondance sur toute la longueur des filons ainsi que la pyrite, le plus souvent transformée en limonite, avec fréquentes pseudomorphoses.

Une telle association filonienne de quartz, scheelite, mispickel et pyrite est connue autour d'autres massifs granitiques hercyniens du Maroc : Le Ment, Oulmès (Zguit et Tarmilet), Jebel Aouam, Hassian ed Diab, mais en général la wolframite est aussi présente. La découverte future de ce dernier minéral, très altérable à l'affleurement, nous semble probable ici.

*Conclusions.* — La découverte de la minéralisation en tungstène en bordure du granite des Zaër est intéressante au point de vue métallogénique.

1° Elle confirme une fois de plus l'existence d'une province métallogénique à tungstène liée aux massifs granitiques hercyniens du Maroc.

2° Elle montre l'existence autour d'un même massif granitique de deux types de gisement de scheelite : pyrométasomatique et filonien. L'étude de telles associations permettra peut-être d'apporter quelques lumières nouvelles sur la métallogénie du tungstène.

MÉTALLOGÉNIE. — *Présence de la scheelite dans les tactites de Sidi bou Othmane, Jebilet, Maroc.* Note de M. **François Permingeat**, présentée par M. Paul Fallot.

L'existence au Sud-Ouest de Sidi bou Othmane, de lentilles calcaires particulièrement transformées en tactites dans une zone de métamorphisme intense sillonnée de filons de pegmatites, a conduit à admettre la présence à faible profondeur d'un pointement granitique hercynien et, par suite, à rechercher la scheelite. La découverte de ce minéral et de la molybdénite dans les tactites confirme l'hypothèse de départ et permet de relier les gisements du Haut-Atlas et ceux du Maroc central et oriental en une vaste province métallogénique à tungstène.

Au Sud-Ouest de Sidi bou Othmane, les premières collines des Jebilet sont formées par des sédiments paléozoïques fortement métamorphiques (1) : schistes à andalousite renfermant des lentilles calcaires partiellement transformées en tactites. Ce métamorphisme est indépendant des grands affleurements granitiques de la partie Sud des Jebilet : massif de Sidi Abd er Rahman (2) à l'Est de la route Casablanca-Marrakech et massifs du Bamega et du Ber Ramram à l'Ouest. Ceux-ci n'ont, en effet, donné que d'étroites auréoles métamorphiques marquées par les sommets méridionaux des Jebilet et séparées de la zone de Sidi bou Othmane par une large bande de schistes peu métamorphiques. On est ainsi conduit à admettre l'existence d'une roche éruptive à faible profondeur immédia-

(1) J. Barthoux, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 832.
(2) J. Barthoux, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 504.

tement au Sud-Ouest de Sidi bou Othmane. Elle n'affleure nulle part mais sa présence est encore signalée par de nombreux filons de pegmatites à muscovite contenant des phosphates de fer et de manganèse et, localement : des grenats, de la tourmaline et de l'apatite. Ces pegmatites indiquent une roche granitique. Enfin, la tectonique de la région et l'âge, probablement viséen, des sédiments qu'il métamorphise permettent de penser que ce granite est hercynien.

L'ensemble des observations et des hypothèses qu'elles suggèrent incitait à appliquer une règle de prospection valable pour le Maroc : rechercher la scheelite dans les calcaires ayant subi un métamorphisme de contact intense de la part d'un granite hercynien.

La scheelite existe effectivement dans les tactites de Sidi bou Othmane. Elle se présente, au sein de la roche, en mouches disposées en traînées irrégulières et, aussi, en gros cristaux isolés. La molybdénite a été découverte par M. Toulouse, Chef d'exploitation de la mine de graphite, dans des filonnets de quartz sillonnant les tactites, elle se trouve aussi dans la masse de ces roches. La scheelite ne contient que très peu de molybdène et sa fluorescence sous l'ultra-violet est nettement bleutée. Par contre, on rencontre parfois des nodules friables de powellite, à fluorescence jaune d'or, à peu près exempte de tungstène. Cette powellite paraît, dans la plupart des cas, s'être formée aux dépens de la molybdénite, ce qui explique l'absence du tungstène. On remarque ici, comme dans la plupart des gisements du même type, que le tungstène et le molybdène ont un comportement différent : le premier joue le rôle d'anion et se fixe de préférence sur la chaux, le second intervient comme cathion dans le sulfure primaire. Ceci est bien mis en relief par le fait qu'on n'a observé ni seyrigite, ni tungsténite, ni wolframite. Parmi les autres minéraux métalliques que comporte généralement ce type de gisements pyrométasomatiques on n'a encore rencontré que la pyrite.

Les tactites de Sidi bou Othmane sont très semblables à celles d'Azegour ([3]) les grenats y dominent largement; le diopside devient très abondant lorsque l'intensité du métamorphisme diminue ([1]); l'idocrase, la wollastonite et l'épidote sont subordonnées, mais se développent beaucoup localement. Le quartz et la calcite sont partout présents et forment souvent, surtout le quartz, des veinules sillonnant les tactites.

Les lentilles de calcaires métamorphiques noyées dans les schistes à andalousite ont des dimensions très variables : longueur de quelques mètres à quelques centaines, épaisseur de l'ordre du décamètre. Elles sont généralement subverticales, orientées Nord-Nord-Est dans la direction des plissements hercyniens. Certaines sont entièrement transformées en tactites,

---

([3]) F. Permingeat, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 92.

mais la plupart comportent des masses irrégulières de tactites et de cipolins avec des roches intermédiaires.

Les cipolins ne renferment ni scheelite, ni molybdénite. Les schistes, même au voisinage des tactites, sont également stériles.

Les calcaires métamorphiques contiennent du graphite. Celui-ci est irrégulièrement réparti sur le pourtour des lentilles et dans leur masse, aussi bien dans les tactites que dans les cipolins. La minéralisation en scheelite et molybdénite apparaît sur le terrain complètement indépendante de la minéralisation en graphite. Celui-ci provient, probablement, du métamorphisme de matières organiques préexistant dans les calcaires.

Les deux minéralisations sont localisées dans les calcaires métamorphiques mais pour le graphite seul, le métamorphisme intense, quelle que soit sa nature, intervient; tandis que la scheelite et la molybdénite ne peuvent provenir que d'un magma granitique voisin. Leur présence constitue donc un nouvel argument en faveur de l'hypothèse qu'un massif granitique, proche de la surface actuelle, responsable du métamorphisme, existe au Sud-Ouest de Sidi bou Othmane.

Les Jebilet occupent une position géographique et tectonique intermédiaire entre la Meseta marocaine et le massif primaire du Haut-Atlas. Le nouveau gisement de scheelite de Sidi bou Othmane permet donc d'étendre vers le Sud, jusqu'aux gisements du Haut-Atlas (Azegour et Tichka), la province métallogénique à tungstène, en rapport avec les granites hercyniens, signalée dans le Maroc central et oriental (4).

GÉOPHYSIQUE. — *Influence des orages magnétiques sur la région* F 2. Note de M. **Rudolf Eyfrig**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude statistique des orages ionosphériques pendant les années 1948 à 1950 fait ressortir pour l'été boréal une forte dissymétrie de l'ionisation. On s'aperçoit que les orages magnétiques provoquent une diminution de cette dernière dans l'hémisphère Nord alors qu'il y a augmentation dans l'hémisphère Sud.

E. V. Appleton et W. R. Piggot (1) ont étudié l'influence de ces perturbations à l'aide des observations de plusieurs stations réparties sur le globe. En dehors de la diminution de l'ionisation dans les régions polaires, qui est connue, ils ont trouvé une augmentation dans la région équatoriale.

Or récemment nous avons essayé à délimiter la zone où l'ionisation est augmentée. Dans ce but nous avons étudié 6 stations en Europe et en Afrique ayant à peu près la même longitude, plus la station des Iles Falkland

(4) J. Agard et P. Morin, *Notes du Service Géolog. du Maroc*, 11, 1949, p. 159-162.

(1) *Nature*, 165, 1950, p. 130.

| Station. | Latitude. | Longitude. | TLM — TU. (h m) | Inclinaison. |
|---|---|---|---|---|
| Slough | 51,5 N | 0,6 W | −0,02 | 66,5 N |
| Lindau | 51,6 N | 10,1 E | +0,40 | 67 N |
| Fribourg | 48,1 N | 7,8 E | +0,31 | 63,5 N |
| Dakar | 14,6 N | 17,4 W | −1,10 | 24 N |
| Johanesbourg | 26,2 S | 28,0 E | +1,52 | 61 S |
| Le Cap | 33,9 S | 18,7 E | +1,15 | 63 S |
| Iles Falkland | 51,7 S | 57,7 W | −3,51 | 46 S |

Nous avions observé à Dakar, station assez proche de l'équateur, une diminution considérable de l'ionisation pendant les orages du 12 juillet 1950 (caractéristique magnétique $c = 1,4$) et du 8 août 1950 ($c = 1,8$) ([2]). D'autre part pour ces dates il existait une augmentation appréciable pour toutes les stations précitées qui sont situées dans l'hémisphère Sud. Nous avons pu constater par la suite que cette dissymétrie de l'ionisation existe régulièrement pendant les orages des mois d'été nordiques (soit mai-août). Dans le langage d'Appleton ces stations ne montrent que la phase positive (augmentation) de la perturbation, la phase négative (diminution) manquant complètement. Nous avons trouvé un seul cas (19 août 1950) où il y avait diminution dans l'hémisphère Sud le jour après la perturbation.

D'un nombre de 10 à 14 orages étudiés pendant les années 1948 à 1950 nous obtenons le tableau suivant indiquant la variation moyenne de la fréquence critique (MHz) en fonction de l'heure

| | Station- | | | | Station | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temps. | Johannesbourg. | Le Cap. | Iles Falkand. | Temps. | Johannesbourg. | Le Cap. | Iles Falkand. |
| 00 | +0,2 | ±0 | +0,2 | 12 | +1,4 | +1,4 | +0,6 |
| 01 | +0,1 | ±0 | +0,1 | 13 | +1,3 | +1,2 | +1,0 |
| 02 | +0,3 | ±0 | ±0 | 14 | +1,1 | +0,3 | +1,1 |
| 03 | +0,2 | ±0 | +0,2 | 15 | +0,7 | −0,2 | +0,6 |
| 04 | +0,2 | ∓0 | −0,2 | 16 | +0,4 | ±0 | +0,2 |
| 05 | +0,2 | +0,1 | −0,4 | 17 | +0,9 | +0,2 | +0,3 |
| 06 | +0,1 | +0,2 | −0,4 | 18 | +1,4 | +0,9 | +0,3 |
| 07 | +0,1 | ±0 | ±0 | 19 | +0,9 | +0,9 | +0,3 |
| 08 | +0,1 | ±0 | +0,6 | 20 | +1,0 | +0,1 | +0,4 |
| 09 | +0,5 | +0,6 | +1,2 | 21 | +0,6 | ±0 | +0,6 |
| 10 | +1,1 | +0,3 | +0,8 | 22 | +0,4 | ∓0 | +0,5 |
| 11 | +1,2 | +1,0 | +0,8 | 23 | +0,5 | +0,1 | +0,2 |

Dans le cas d'une perturbation, nous remarquons que pendant les mois de mai à août la région à « ionisation diminuée » existant dans le Nord, s'étend jusqu'à proximité de l'équateur ou tout au moins jusqu'au Sud de Dakar. Par

([2]) Voir *Bulletin SPIM*-0, 34, 35, 36 et suite.

contre, dans l'hémisphère australe, il existe une région importante présentant un accroissement de l'ionisation. Nous ne savons pas, malheureusement, si tous les orages magnétiques présentaient les mêmes caractéristiques dans les deux hémisphères terrestres. D'autre part, pour les mois d'octobre jusqu'à février, le comportement de l'ionisation dans l'hémisphère Sud est « normal », caractérisé par une diminution de la densité électronique pendant les orages. Nous ne pouvons pas juger si un pareil effet existe pendant l'hiver boréal pour les stations ionosphériques en Afrique du Nord.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la libération d'auxine à l'intérieur des tissus de Topinambour sous l'action de diverses hétéro-auxines.* Note de M^lle^ **Juliette Besset**, présentée par M. Roger Heim.

Les substances de division agissent sur les tissus de Topinambour d'une manière indirecte en provoquant la libération d'auxine.

Les recherches de Raoul et Gautheret (1) ont établi que l'acide 2.4-dichlorophénoxy-acétique et l'acide naphtoxy-acétique provoquent la prolifération des tissus de Topinambour de la même manière que l'acide indole-acétique ou l'acide naphtalène-acétique.

D'autre part Gautheret a montré (2) qu'à faible dose l'action histogène exercée par ces diverses substances présente des caractères identiques et qu'elles déterminent les mêmes structures. On pouvait donc se demander si elles agissent en libérant au sein des tissus un facteur d'histogénèse. Nous avons entrepris de vérifier cette hypothèse en recherchant si, par exemple, les tissus traités par ces substances ne contiendraient pas un facteur capable d'agir sur le test-Avoine.

Pour cela nous avons ensemencé des fragments de tubercules de Topinambour sur des milieux contenant diverses doses ($10^{-8}$ à $10^{-4}$) de ces quatre substances et nous avons fait des dosages périodiques d'auxine dans les tissus en utilisant la méthode d'extraction de Van Overbeek et la méthode du test-Avoine de Went. Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau ci-après.

On voit que tous les composés étudiés ont déterminé l'apparition de substances de croissance au sein des tissus. Dans le cas de l'acide indole-acétique et de l'acide naphtalène-acétique, qui agissent à très faible dose sur le test-Avoine, cette apparition pouvait résulter d'une simple pénétration. Mais pour l'acide naphtoxy-acétique et l'acide 2.4-dichlorophénoxy-acétique qui n'agissent sur le test-Avoine qu'à partir de $10^{-5}$, on doit admettre l'intervention d'une substance de croissance intratissulaire. En outre, étant donné que les quatre

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 129.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 475.

substances déterminent les mêmes phénomènes d'histogénèse, on peut estimer qu'elles doivent agir de la même façon et que, par conséquent, l'acide naphtalène-acétique et peut-être même l'acide indole-acétique doivent provoquer, comme les autres composés, la libération d'une substance de croissance au sein du tissu.

*Teneur en auxine de fragments de tissus de Topinambour traités par diverses substances de division* (toutes les valeurs contenues dans ce tableau sont exprimées en acide-indole-acétique par rapport au poids frais).

| Nature et dose de la substance. | | Durée de la culture. 10 jours. | 20 jours. | 30 jours. |
|---|---|---|---|---|
| Acide indole-acétique | $10^{-7}$ | $0,7.10^{-8}$ | $1,8.10^{-8}$ | $1.10^{-}$ |
| | $10^{-5}$ | 3,2 | 3,5 | 0,7 |
| | $10^{-4}$ | 3 | 4,5 | 2,2 |
| Acide 2.4-dichlorophénoxy-acétique | $10^{-8}$ | 0,8 | 1,2 | 0,9 |
| | $10^{-7}$ | 1,2 | 2,1 | 1 |
| | $10^{-6}$ | 1,1 | 2,1 | 0,7 |
| | $10^{-5}$ | 0,6 | 0,9 | 0,9 |
| Acide naphtalène-acétique | $10^{-7}$ | 2,5 | 3,1 | 0,9 |
| | $10^{-6}$ | 2,8 | 2,9 | 0,7 |
| | $10^{-5}$ | 3,3 | 3 | 1 |
| Acide naphtoxy-acétique | $10^{-8}$ | 1,5 | 1,8 | 1 |
| | $10^{-7}$ | 1 | 2,9 | 0,7 |
| | $10^{-6}$ | 1,3 | 1,7 | 0,4 |
| | $10^{-5}$ | – | 1,9 | 0,4 |
| Témoin | – | 1 | – | 0,2 |

On remarque, en outre, que la dose d'auxine libérée ne s'accroît guère en fonction de la dose de substance contenue dans le milieu. Elle atteint un maximum voisin de $4.10^{-8}$, même si la dose de substance de division mise en œuvre est de l'ordre de $10^{-4}$.

Ceci peut s'expliquer en admettant :

*a.* que la méthode d'extraction des auxines ne convient pas pour les fortes doses;

*b.* qu'il existe au sein du tissu un facteur, par exemple un enzyme, qui détruirait l'auxine à partir d'une certaine concentration;

*c.* que la réserve intratissulaire d'auxine libérable par les substances de division ne dépasserait pas $4.10^{-8}$.

Pour le moment nous ne pouvons choisir entre ces trois hypothèses, mais en tout cas l'examen du tableau montre que les substances de division provoquent la libération d'auxine par les tissus de Topinambour cultivés *in vitro*.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Développement des phytocarcinomes expérimentaux du* Pelargonium zonale *sous l'action de la vitamine* K. Note de MM. **László J. Havas** et **Alfred Heusner**, présentée par M. Roger Heim.

L'action curative de la colchicine sur le cancer végétal (1) suggère d'étendre les recherches à d'autres agents polyploïdogènes (2), (3), (4), (5) : l'un d'eux est la vitamine K, dont les propriétés rappelant celles de la colchicine (1) sont : le pouvoir stathmocinétique (6), (2), (3), l'action sur la viscosité protoplasmique (3), (7), (8), le rôle en cancérothérapie animale (8).

On a observé avec la vitamine K (2), (3) : 1° effets tératogènes chez Haricot et Blé; 2° action tumorigène sur les racines de Blé; 3° action antitumorigène sur les tumeurs colchiciniques de racines de Blé, mais stimulation des tumeurs colchiciniques non radiculaires des mêmes plantes; 4° action nulle sur la variété *Metax* de *Pelargonium zonale*. En raison des différences variétales de sensibilité aux substances actives (2), (9), on a repris cette expérience avec une autre variété de *Pelargonium*.

40 plantes de *Pelargonium zonale* var. *Meteor* furent inoculées, à 15 endroits par plante (2) avec *Phytomonas tumefaciens* (souche A/6 B*x*, due à l'obligeance du regretté Joseph Magrou) : sur un total de 600 inoculations, 524 produisirent des tumeurs. Quand le diamètre moyen des tumeurs eût atteint 5,3 mm les plantes furent partagées en deux lots égaux : 1° tumeurs enduites de lanoline, puis d'huile contenant 0,1 % de vitamine K « Thyloquinone » (2-méthyl-1.4 naphtoquinone); 2° tumeurs-témoins, enduites de lanoline et d'huile seulement. En six traitements (du 3 août 1950 au 14 septembre 1950), la quantité totale de vitamine administrée fut de 0,28 mg par tumeur.

Les courbes de croissance des tumeurs (moyenne des grands diamètres, temps écoulé depuis le premier traitement) montrent le freinage croissant par la vitamine. Le 49e jour on coupa et pesa les tumeurs. Le tableau I montre, malgré un écart numérique peu considérable entre tumeurs traitées et témoins, une réduction de poids des premières hautement significative.

(1) L.-J. Havas, *Bull. Assoc. Fr. Cancer*, **26**, 1937, p. 635-651.

(2) L.-J. Havas, *Arch. Biol. Hung.*, **18**, 1948, fasc. II, p. 132-146.

(3) L.-J. Havas, *Experientia*, **4**, n° 2, 1948, p. 69-73.

(4) L.-J. Havas, *Bull. Acad. Roy. Belg.*, **28**, 1942, p. 318-336.

(5) N. Brown, *Phytopath.*, **32**, 1942, p. 25-42.

(6) N. Nybom et B. Knutson, *Hereditas*, **33**, 1948, p. 58-72.

(7) H.-W. Beams et T.-C. Evans, *Biol. Bull.*, **79**, 1940, p. 328-340.

(8) R. Lombard, *Le Monde Médical*, **60**, 1950, p. 145-156.

(9) L. Strong, *Scientific American*, **183**, 1950, p. 44-50.

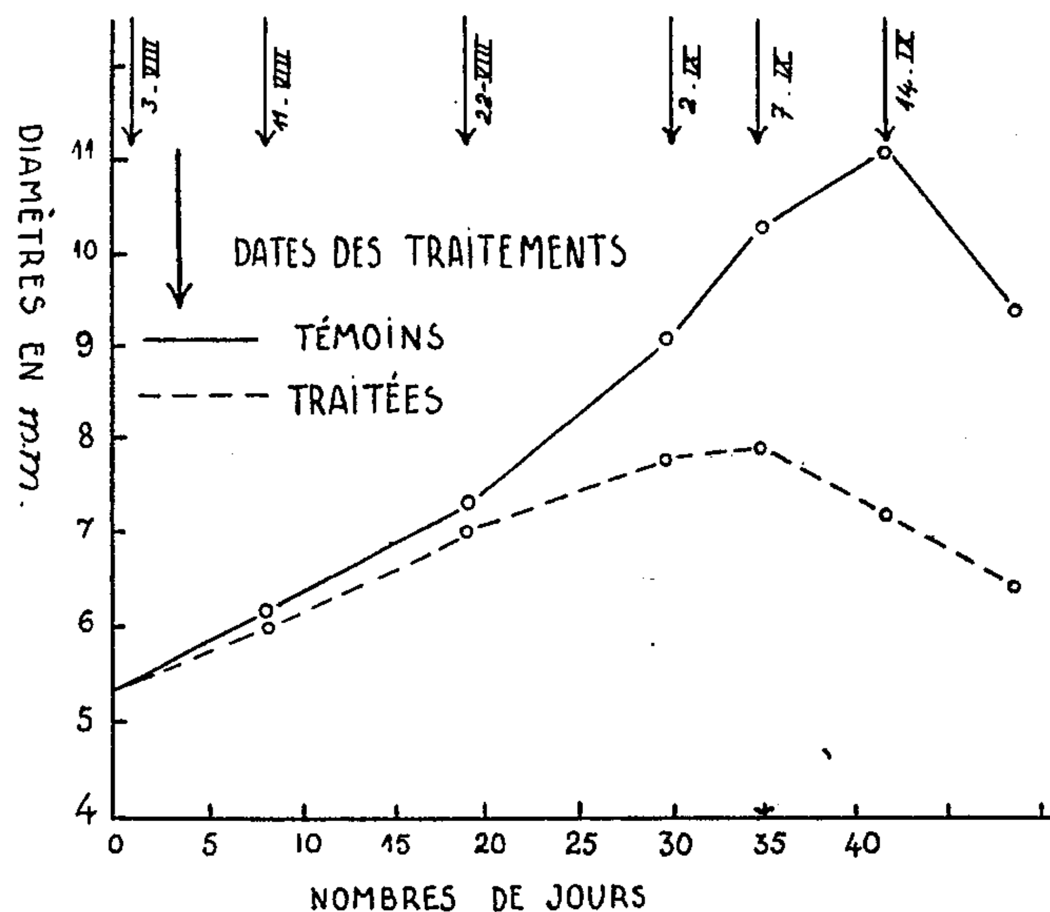
TABLEAU I.

| Plantes. | Nombre. Total. | Nombre. Par plante. | Poids (g). Total. | Poids (g). Par plante. | Poids (g). Par tumeur. |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Tumeurs primaires.* | | | | |
| Traitées.................. | 247 | 12,35 | 41,02 | 2,02 | 0,165 |
| Témoins.................. | 277 | 13,85 | 118,07 | 5,93 | 0,428 |

TABLEAU II.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Tumeurs récidivantes.* | | | | |
| Traitées.................. | 94 | 5,2 | 10,86 | 5,2 | 0,60 |
| Témoins.................. | 53 | 2,6 | 12,51 | 2,6 | 0,63 |

Cependant, 75 jours après, des tumeurs récidivèrent à l'emplacement des anciennes, autant chez les plantes traitées que chez les témoins. 88 jours après l'excision des premières tumeurs, le nombre des nouvelles apparitions était, chez les traitées, 5,8 en moyenne par plante et, chez les témoins, 4,2, y




Développement des phytocarcinones expérimentaux du *Pelargonium zonale* sous l'action de la vitamine K. La croissance des tumeurs est exprimée par la moyenne de leur plus grand diamètre en fonction du temps écoulé depuis le premier traitement.

compris les métastases. 100 jours après leur apparition, les nouvelles tumeurs furent excisées à leur tour et pesées. Le tableau II montre qu'à ce moment, quoique le nombre des récidives tumorales soit chez les plantes traitées double de celui des témoins, le poids moyen des tumeurs est resté le même dans les deux séries. Nous avons tenté, sans résultat, la greffe de ces tumeurs métastasiques.

16 jours après l'extirpation des récidives, on constata 17 secondes récidives chez les plantes traitées, aucune chez les témoins.

Nous confirmons donc : 1° l'importance des différences variétales pour la sensibilité des plantes aux agents pro- ou antiblastiques; 2° la coexistence chez la vitamine K, comme pour la colchicine et autres agents, de propriétés pro- et antiblastiques, critères d'activité thérapeutique en puissance ([10]); 3° la forte malignité des phytocarcinomes (récidives après extirpation).

PHYSIOLOGIE. — *Preuves de la systématisation du vague cardiaque apportées par l'étude comparée des actions des nerfs vagues droit et gauche chez les Poissons d'eau douce.* Note de MM. Antoine Jullien et Jean Ripplinger, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons rendu compte antérieurement ([1]) et ([2]) d'un certain nombre d'observations que nous avons faites chez les Mollusques et les Poissons et qui tendent à prouver l'existence, dans le vague cardiaque, d'au moins deux catégories de fibres fonctionnellement différentes : des fibres chronotropes et des fibres tonotropes. Ces observations étaient basées sur l'appréciation du temps perdu, très court pour l'obtention de l'effet tonotrope, plus long pour l'effet chronotrope; sur l'action de l'atropine qui lève toutes les actions du vague, sauf l'effet tonotrope; aussi sur l'emploi de l'acétylcholine qui ne relâche pas la musculature cardiaque tandis que l'excitation subséquente du vague est toujours fortement tonotrope négative.

Dans la présente Note, nous apportons d'autres preuves de la systématisation du vague cardiaque, tirées de l'étude comparée des nerfs droit et gauche, chez les Poissons d'eau douce. De nombreux auteurs dont les recherches ont été analysées dans les travaux d'ensemble de R. Tigerstedt ([3]) et H. Hermann ([4]) ont montré, en opérant principalement sur les Batraciens, les Reptiles et les Mammifères, que les effets résultant de l'excitation des deux vagues n'étaient pas superposables; pour eux, dans l'ensemble le nerf droit est « plus excitable » que le nerf gauche et exerce une action plus marquée sur la fréquence, le nerf gauche est plus efficace sur la puissance des contractions.

Pour nous, il ne s'agit pas de différences d'excitabilité des vagues droit et gauche, mais de répartition inéquivalente de fibres à fonctions dis-

---

([10]) K. H. Bauer, *Ref. Chirurgertagung*, Freiburg-Br., 1948.

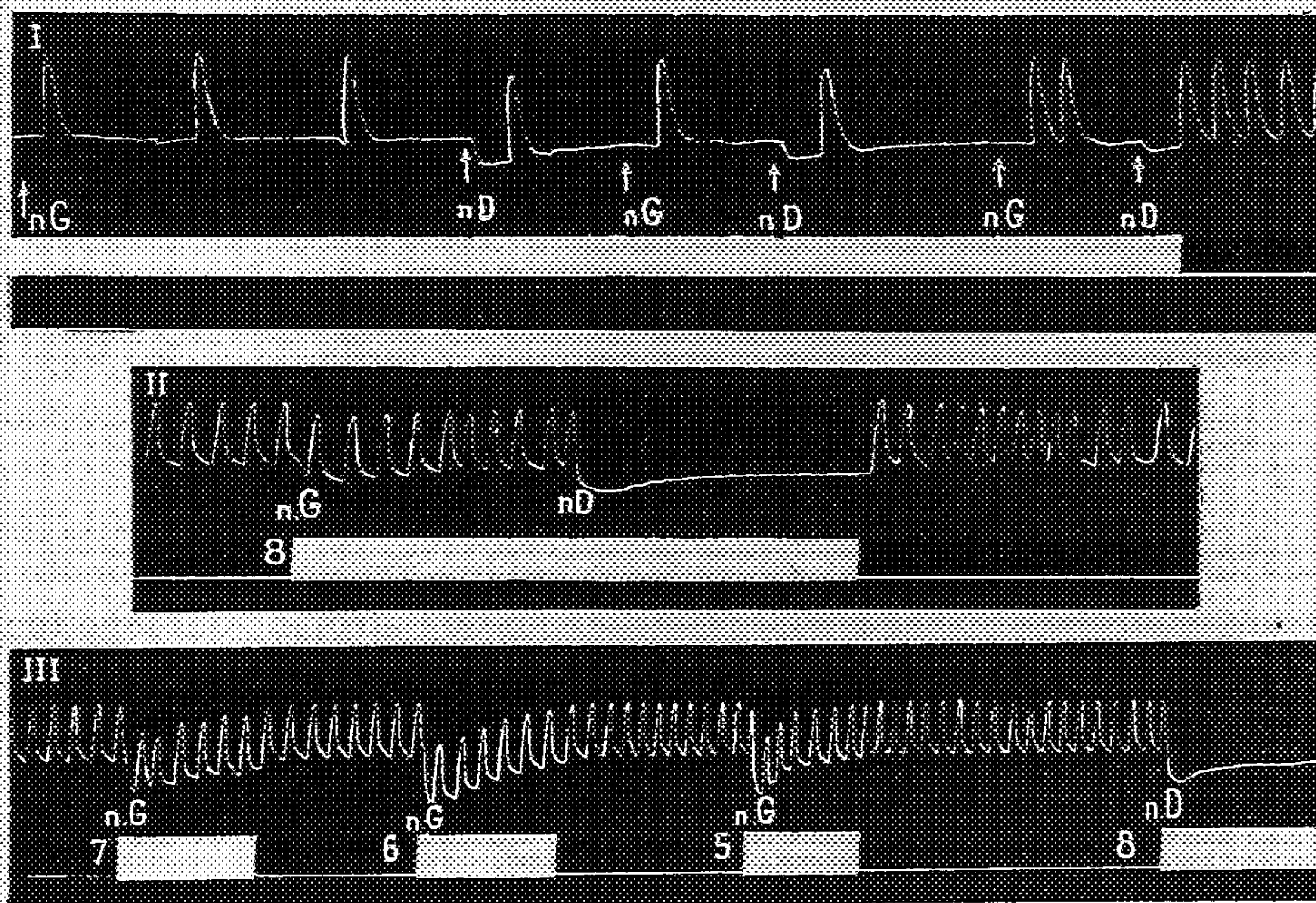
([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 467.

([2]) *J. Physiol.*, **42**, 1950, p. 615.

([3]) *R. Physiologie des Kreislaufes*, 2e édit., De Gruyter, Berlin, 1921-1923.

([4]) H. Roger et L. Binet, *Le cœur, in Traité de Physiologie*, VI, Masson, Paris, 1932.

tinctes, dans les troncs respectifs des deux nerfs. Nos observations ont porté sur la Carpe, la Tanche, le Gardon, la Brème, le Brochet, la Perche et le Barbeau. Deux de ces formes, le Gardon et la Tanche, nous ont donné des résultats très démonstratifs. Nous avons opéré sur le cœur entier. *in situ*; chaque nerf est chargé à demeure sur un excitateur; un commutateur permet de lancer des excitations séparées, dans l'un ou l'autre nerf, ou de les exciter à tour de rôle, au cours d'une excitation ininterrompue.




Graphique I. Excitation alternative des nerfs gauche (nG) et droit (nD) chez la Tanche. — Graphiques II et III. Excitation des nerfs gauche (nG) et droit (nD) chez le Gardon. (Explications dans le texte.)

Avec le Gardon, nous analyserons l'expérience traduite par les graphiques II et III de la figure. Le nerf gauche, soumis à des excitations d'intensités croissantes (écartement à 8, 7, 7, 5 des bobines du chariot), donne un effet tonotrope négatif pur, et rien d'autre, dont l'amplitude est fonction de l'intensité appliquée sur le nerf. Par contre, l'excitation du nerf droit est suivie du double effet chronotrope négatif et tonotrope négatif. Ces derniers résultats pourraient s'interpréter tout aussi bien par l'existence d'un seul type de fibres à fonctions multiples que par la présence de fibres spécifiques, responsables respectivement de l'une et l'autre action. Or, les résultats recueillis avec le nerf gauche permettent de trancher en faveur de la seconde hypothèse : le nerf gauche ne contient que des fibres tonotropes pures ou, tout au moins, celles-ci y sont en très grande majorité; si elles étaient aussi chronotropes, leur action, en ce sens, aurait dû se

manifester par application des intensités fortes (écartement à 5), puisque des intensités plus faibles inhibent le cœur à droite. Tout au contraire, à gauche, l'effet tonotrope continue à se développer seul. A droite, on peut donc supposer qu'il existe un mélange de fibres chronotropes pures et des fibres tonotropes pures. Cette hypothèse, concernant aussi l'existence de fibres chronotropes pures, est corroborée par les observations faites sur la Tanche (graphique I de la figure). Ici, le nerf gauche est chronotrope négatif sans abaissement de la ligne de diastole ventriculaire; le nerf droit est à la fois chronotrope négatif, et à ce point de vue d'une efficacité égale au nerf gauche, et, en plus, tonotrope négatif. Dans l'expérience rapportée (graphique I), on a fait agir des intensités assez fortes (écartement à six des bobines); si les fibres du nerf gauche étaient polyvalentes, elles auraient dû donner, également, l'effet tonotrope qui n'exige pour se manifester que de faibles intensités. Les fibres du nerf gauche de la Tanche sont donc seulement chronotropes.

En résumé, l'étude comparée de l'action des vagues droit et gauche, chez les Poissons d'eau douce, apporte de nouveaux arguments en faveur de la systématisation de ces nerfs et paraît confirmer l'existence de fibres respectivement tonotropes et chronotropes pures.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *L'éthinyl-testostérone a une action féminisante sur la gonade de l'Urodèle* Pleurodeles Waltlii *Michah.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'éthinyl-testostérone administré à des larves de *Pleurodeles Waltlii* pendant la vie larvaire, entraîne une inhibition du développement de la gonade. Cette inhibition, qui se traduit encore plusieurs mois après cessation du traitement, est suivie par un développement ovarien de la gonade chez tous les animaux traités. Ce mode d'action de l'éthinyl-testostérone est du même type que celui observé avec le propionate de testostérone.

Il a été démontré (¹) que, chez les Urodèles, l'hormone mâle, le propionate de testostérone, administré précocement n'est plus capable d'inverser le sexe de la gonade des femelles génétiques et que, de plus, cette hormone exerce une action féminisante sur la gonade des mâles génétiques, à tel point que, chez *Pleurodeles Waltlii*, on peut obtenir une féminisation totale de la glande génitale (²). C'est un cas des effets paradoxaux, observés fréquemment, lorsqu'on éprouve une hormone sexuelle.

Or, la masculinisation d'une femelle génétique d'Urodèle n'est nullement impossible. Humphrey (1931) l'a montré par ses greffes d'ébauches présomp-

(¹) C. L. Foote, *J. Exp. Zool.*, 86, 1941, p. 291; B. Mintz, *Phys. Zool.*, 20, 1947, p. 355.

(²) L. Gallien, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1092.

tives mâles, sur femelle génétique ([3]). Il était intéressant de rechercher si d'autres composés hormonaux à fonctions androgènes n'arriveraient pas à masculiniser une gonade d'Urodèle.

Dans ce but, nous avons éprouvé, sur *Pleurodeles Waltlii*, un composé synthétique, l'éthinyl-testostérone, hormone polyvalente, dont nous avons constaté, sur le tractus génital et la gonade de *Rana temporaria* et sur le tractus génital de *Discoglossus pictus*, l'action puissamment masculinisante, supérieure même à celle de la testostérone.

*Protocole expérimental.* — Ponte 10 mai 1948. Éclosion 18 mai. Début du traitement : 20 mai, soit à l'âge de 2 jours. Nombre d'animaux en expérience : 30. Concentration de l'éthinyl-testostérone : 1 mg : l d'eau. Densité de l'élevage : quatre têtards par litre d'eau. Température : 24° jurqu'à la métamorphose, celle du laboratoire (16-20°) ensuite. L'eau et l'hormone sont changés tous les trois jours jusqu'à la métamorphose. Celle-ci s'effectue dans le courant des 3e et 4e mois. Les animaux sont ensuite élevés normalement. Nombre d'animaux étudiés depuis la métamorphose jusqu'à l'âge de 18 mois : 20. *Sex-ratio* d'un lot témoin : 10 ♂♂ : 9 ♀♀.

Les résultats se sont révélés très voisins de ceux que l'on obtient sur le même matériel avec le propionate de testostérone ([2]). A la métamorphose, la gonade présente un développement faible. C'est un simple cordon effilé et très mince, accolé au corps jaune et dont le sexe est indiscernable. En somme, dans une première réaction, le développement de la gonade est fortement inhibé. Si l'on observe périodiquement, dans les mois qui suivent, l'évolution de la gonade, on constate que cette inhibition dure longtemps. Aux 9e et 10e mois, la glande génitale se présente encore comme un mince cordon blanchâtre, mais qui laisse reconnaître de petits ovocytes. Finalement, 10 animaux autopsiés au 18e mois possédaient tous d'incontestables ovaires, mais avec des degrés fort variables de développement : un seul possédait deux ovaires à ovocytes pigmentés; deux présentaient, d'un côté un ovaire bien développé, de l'autre un ovaire dont les ovocytes n'avaient pas élaboré de pigments; les autres animaux montraient de petits ovaires très éloignés de leur maturité; chez un animal, les gonades se réduisaient à deux petites plages de quelques millimètres étalées sur le corps jaune. Par ailleurs, les canaux de Müller étaient vestigiaux. Le résultat ultime du traitement par l'éthinyl-testostérone est donc de provoquer le développement d'ovaires.

Ainsi, on peut obtenir la féminisation de la gonade des mâles génétiques chez *Pleurodeles Waltlii* en utilisant trois hormones différentes : le benzoate d'œstradiol ([4]), le propionate de testostérone, l'éthinyl-testostérone. Mais, alors qu'avec l'hormone femelle la gonade se développe immédiatement et

---

([3]) *J. Exp. Zool.*, **58**, 1931, p. 333.
([4]) L. Gallien, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 919.

rapidement en un ovaire, avec l'hormone mâle et l'éthinyl-testostérone, le phénomène de féminisation est précédé par une inhibition profonde du développement de la gonade. Ceci montre que le résultat final est réalisé par des modalités différentes. Il convient de souligner enfin que, dans la féminisation obtenue avec le propionate de testostérone et l'éthinyl-testostérone, deux composés chimiques différents agissent sur la morphogenèse sexuelle selon des modalités morphogènes semblables, pour aboutir au même résultat : le développement d'un ovaire. Ce qui est spécifique en l'occurence, c'est essentiellement la réaction propre du récepteur.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action des hormones androgènes sur les canaux de Müller de l'embryon de Hérisson.* Note de M. **René Godet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les hormones sexuelles mâles dévient l'organogenèse des tractus femelles chez les fœtus de Mammifères traités précocement. Cette action revêt un caractère général; elle a été obtenue chez la Souris, le Rat, le Lapin, le Singe, la Taupe, le Hamster, le Hérisson, le Mulot. Mais la masculinisation des femelles laisse subsister, à peu près intacts, les canaux de Müller alors qu'ils disparaissent complètement chez les mâles normaux. Jost (1) ne considère pas la légère réduction des canaux de Müller obtenue chez le Lapin soumis à des doses considérables d'hormones comme un véritable signe d'involution de ce canal. Enfin, la légère réduction du diamètre de ces canaux et la diminution de la hauteur de leur épithélium notées par Raynaud (2) chez des Souris ayant reçu de fortes doses de propionate de testostérone ne peuvent être assimilées à une dégénérescence.

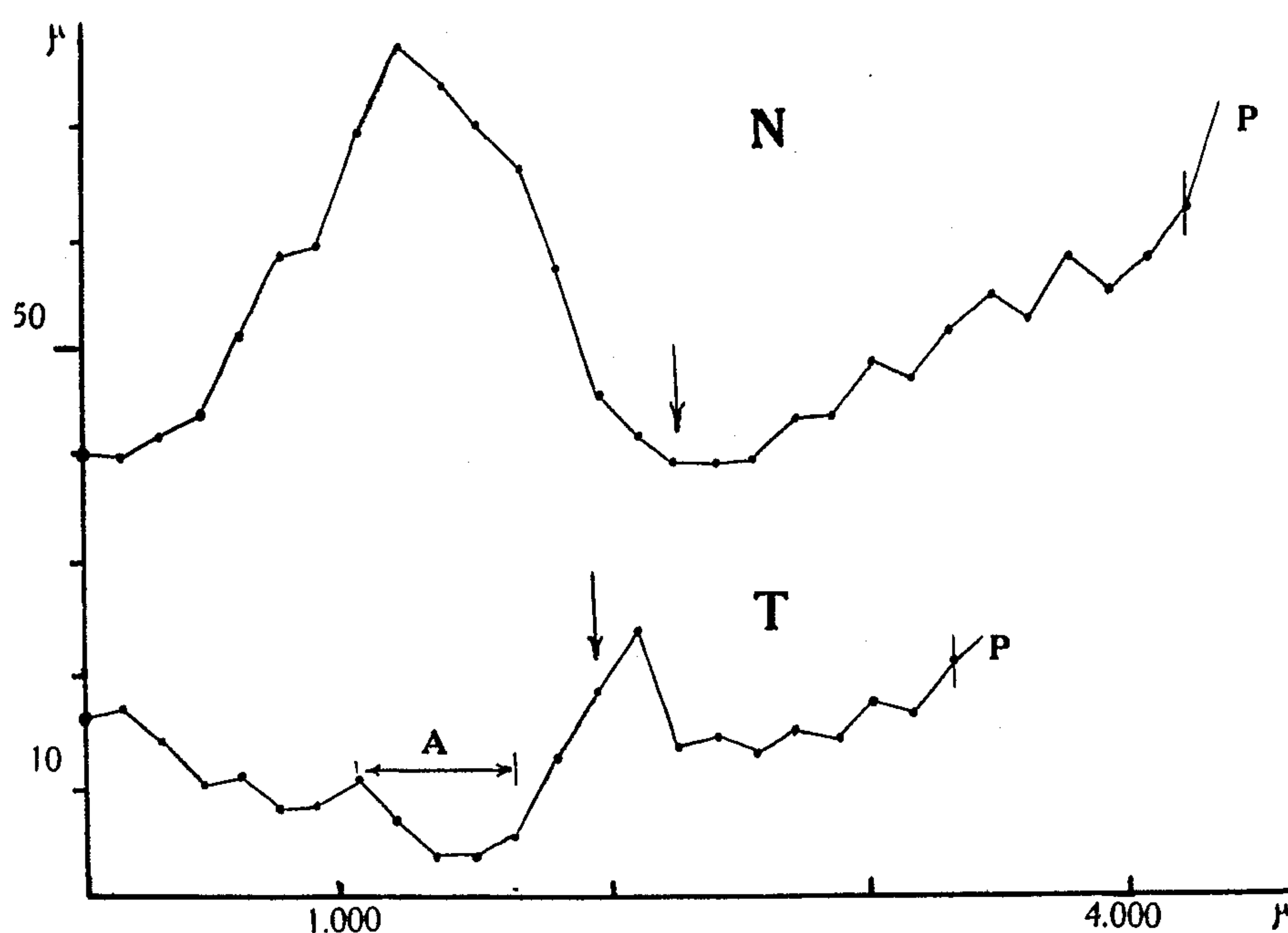
Or, Mombaerts (3) rapporte que les canaux de Müller de fœtus femelles de 4 hérissons dont la mère avait reçu 35 mg de propionate de testostérone sont « dégénérés dans leur segment impair caudal ». On mesure l'importance de ce résultat en rappelant que chez les Bovins, le partenaire femelle, « free-martin » ne possède que des rudiments müllériens atrophiés, ce qui le différencie donc des intersexués expérimentaux.

Afin de préciser l'étendue et le mode d'action des androgènes sur le canal de Müller, nous avons traité 8 femelles de hérissons (état de gravidité vérifié par laparatomie), en faisant agir de fortes doses de propionate de testostérone et de méthyltestostérone. Trois femelles dont les embryons ont été traités *in utero* ont avorté. Le cas le plus heureux est constitué par une femelle ayant reçu 75 mg de propionate de testostérone,

(1) *Arch. Anat. micr. et Morph. exp.*, 36, 1946, p. 242.
(2) *Ann. Endocr.*, 8, 1948, p. 248 et *XIIIe Congrès Inter. Zool.*, Paris, 1949, p. 112.
(3) *Arch. Biol.*, 55, 1943, p. 393,

par voie sous-cutanée, sacrifiée 15 jours après le début des injections, alors que les embryons mesuraient 47 mm.

Le canal de Müller des fœtus femelles fortement masculinisés, bien que très atrophié, est encore visible sur toute sa longueur. Au voisinage du sinus uro-génital, la cavité est cloisonnée sur une faible longueur. Dans le reste du cordon génital le canal est impair; sa lumière est en certains points virtuelle; les cellules müllériennes sont pycnotiques, mais il est toujours aisé de les distinguer du mésenchyme appartenant au cordon. Le segment cranial pair est plus développé, mais il n'en reste pas moins que, même au voisinage du pavillon, les cellules sont en pleine dégénérescence. Leur lumière est souvent obstruée par les débris de la nécrose.




Variation de la section du canal de Müller gauche, chez un embryon femelle normal (N) de 49 mm et chez un embryon femelle, traité par le propionate de testostérone (T), de 47 mm. En abscisses : longueur du canal, le sinus uro-génital étant pris pour origine. P, pavillon; A, zone particulièrement dégénérée. La flèche indique la limite des segments pair et impair.

La figure 1 permet de comparer le développement du canal de Müller à différents niveaux chez un embryon normal de 49 mm (N) et chez un embryon femelle ayant reçu 75 mg de propionate de testostérone (T). L'atrophie est particulièrement nette.

Nous n'avons pas obtenu la disparition complète du canal de Müller, mais une inhibition et une dégénérescence très accusées qui marquent l'influence du propionate de testostérone sur le Hérisson. Ce résultat,

qui n'a été réalisé chez aucun autre Mammifère, met encore en évidence les propriétés spécifiques des récepteurs hormonaux. Il souligne l'intérêt qu'il y aurait à tenter la réalisation du « free-martin » chez les Bovidés eux-mêmes.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la forme du cerveau, au cours de l'ontogénie, chez les Éléphants* (Elephantidæ). Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

La forme allongée et surbaissée du cerveau fœtal des Éléphants, au début de son évolution, s'explique par la forme même de la tête du fœtus, qui rappelle les reconstitutions de certains Proboscidiens fossiles.

D'après les recherches de M. J. Perry et les miennes, se rapportant à un très jeune fœtus d'Éléphant et à un autre, de 12 mois environ, le trait le plus remarquable du cerveau fœtal de ce Proboscidien (*Loxodonta africana* Blum.), durant la première année ([1]), est certainement sa forme allongée et, surtout, très surbaissée, morphologie qui contraste avec celle du cerveau de l'adulte, haut et court, et aussi avec ce que nous savons de l'embryogénie cérébrale des autres Mammifères et de l'Homme, à des stades de développement comparables (Cheval, stades 1 et 7 de R. Anthony et J. de Grzybowski, 1930; Homme, 4e et 7e mois de la vie fœtale, M. Friant, 1947, Prisma, par exemple).

L'évolution des Proboscidiens, au cours des périodes géologiques, et celle des Éléphants actuels, durant la vie intra-utérine, permettent, seules, de comprendre cet aspect si particulier du cerveau fœtal.

Le plus ancien Proboscidien connu, le *Mœritherium* de l'Éocène du Fayum, en Égypte, présente un crâne très allongé et une formule dentaire presque complète. Au cours des temps, on voit le crâne des Proboscidiens se raccourcir, la dentition se réduire, chez les *Mastodontes* du Miocène et du Pliocène, notamment; enfin, les *Éléphants* actuels, à crâne élevé et très court, ne possèdent plus qu'une seule incisive, la supérieure, et une molaire ou une molaire et demie, en fonction, à l'une et à l'autre mâchoires.

Or, le fœtus d'Éléphant reproduit, en quelque sorte, l'aspect des Proboscidiens primitifs. C'est ainsi qu'en 1937 ([2]), je signalais que, par son profil, la tête d'un jeune embryon d'Éléphant d'Asie (*Elephas indicus* L.) ressemble aux reconstitutions de Mastodontes données par Osborn et Abel, par exemple. En rapport avec sa tête, relativement basse, le cerveau du fœtus, au début du développement et jusque vers l'âge de 12 mois, demeure allongé et surbaissé, rappelant un peu celui du *Mœritherium*,

---

([1]) M. Friant, *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 33, n° 1, 1944, p. 75; M. Friant et J. Perry, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 560.

([2]) M. Friant, *Bull. Soc. zool. France*, 62, 1937, p. 159.

d'après le moule endocrânien figuré par Andrews. Nous ne savons rien de son évolution au delà de la première année. Mais, chez l'Éléphant adulte, le cerveau est très court et très élevé : la forme du crâne impliquant, alors, cette morphologie. La direction radiaire des circonvolutions s'ajoute à l'aspect subsphérique du cerveau et à la présence d'un lobe temporal, pour montrer que chez l'Éléphant, comme chez les Carnassiers pinnipèdes (³) et, surtout, chez l'Homme (⁴), une flexion télencéphalique accusée s'est produite, au cours du développement cérébral, flexion qui a certainement débuté, ici, après le 12ᵉ mois de la vie fœtale : des stades intra-utérins, plus avancés que ceux déjà connus, seraient très intéressants à étudier.

En somme, la forme si remarquable du cerveau fœtal des Éléphants, au cours de la première année, ne peut s'interpréter qu'à la lumière de l'évolution phylogénique et ontogénique des Proboscidiens, groupe mammalien étrange à tant de points de vue, dont la position systématique demeure très isolée.

ZOOLOGIE. — *Sur divers Amphipodes et Isopodes des côtes de la Manche parasités par des* Pilisuctoridæ *Ch. et Lw.* Note de M. **Alexandre Cantacuzène**, présentée par M. Louis Fage.

Divers Amphipodes et Isopodes des côtes de la Manche sont parasités par des *Conidophrys* Ch. et Lw. Leurs hôtes de prédilection sont différents de ceux observés en Méditerranée, et nouveaux. La distribution du parasite sur le corps de l'hôte et son type morphologique varient, chez les Gammaridés, en fonction du cycle de mue. Une souche anormale de *Conidophrys guttipotor* Ch. et Lw. est signalée.

Les recherches poursuivies par nous à la Station Biologique de Roscoff montrent la présence de *Pilisuctoridæ* Ch. et Lw. chez diverses espèces d'Amphipodes et d'Isopodes de la zone intercotidale. Ainsi, les Talitridés *Orchestia mediterranea* Costa et *O. gammarella* (Pallas) présentent une infection massive, qui frappe la presque totalité des adultes. Chez les Gammaridés, le taux d'infestation est moindre : il varie de 10 à 20 % chez *Gammarus marinus* Leach, *G. locusta* (Lin.) et *Pherusa fucicola* Leach.

Parmi les Isopodes, *Idotea neglecta* Sars est l'hôte de prédilection des *Pilisuctoridæ* : discret en hiver, le parasitisme atteint au mois de mai plus de la moitié des adultes.

La réceptivité de *Jæra marina* Fabr. est des plus faibles : nous n'avons observé qu'un seul individu infecté, portant un parasite au stade sphéroïde.

(³) R. Anthony et M. Friant, *C. R. Ass. Anat.*, Milan, 1936, p. 22 du tiré à part.

(⁴) M. Friant, *Anatomie comparée du cerveau*, Paris, Prisma, 1947, p. 10, Pl. 1.

*Sphæroma serratum* (Fabr.) est parasité, lui aussi, par des *Pilisuctoridæ*, mais très rarement et de façon très discrète.

Il apparaît ainsi que les hôtes de prédilection des *Pilisuctoridæ* sont très différents aux abords de Roscoff et sur le littoral méditerranéen : là, d'après les données de Chatton et Lwoff, ce sont des *Corophium*, alors qu'à Roscoff ce sont des hôtes nouveaux, les Orchestia et l'Idotée. Une autre différence entre les deux régions se manifeste dans l'évolution de l'infestation qui, en Méditerranée, cesse pendant la saison froide, alors qu'elle se poursuit activement à Roscoff, en hiver, chez les Talitridés et les Gammaridés.

L'étude comparée des *Pilisuctoridæ* parasites des Amphipodes et de l'Idotée met en évidence l'identité de leur structure infraciliaire, caractéristique du genre *Conidophrys* Ch. et Lw. Par contre, la variabilité de la morphologie externe de ces Protistes, en ce qui regarde les proportions du corps, sa courbure et sa gaine de fixation, pose parfois le problème de l'unicité spécifique des diverses formes observées; aussi avons-nous cherché à préciser l'origine de ces variations et leur valeur pour les caractères de l'espèce.

Les parasites des Gammaridés offrent des variations particulièrement accusées, qui peuvent se ramener à trois types : des formes rares, au corps très étroit, parfaitement rectiligne, orientées selon l'axe même des soies nourricières longues et fines des appendices antérieurs de l'hôte, où on les observe généralement. La forme la plus commune, principalement localisée sur les dernières paires de péréiopodes, est plus renflée distalement et moins effilée que la précédente, du côté proximal; son corps, arqué, s'écarte de l'axe des poils plus épais qui les portent. Enfin, des formes sessiles s'observent sur les tergites, où elles se fixent par une sole élargie à l'orifice des glandes tégumentaires, et dont le corps s'infléchit brusquement au-dessus de sa base verticale, pour s'appliquer contre la carapace.

L'existence d'une série de formes intermédiaires démontre toutefois l'unicité spécifique de ces types, qui doivent leurs caractères particuliers à la nature de leur support. Il semble que le raccourcissement de la gaine de fixation, et son élargissement, ainsi que la courbure du corps, s'accentuent d'autant plus que le conduit sécréteur alimentant le Cilié est plus court.

Mais il y a plus : la comparaison de nombreux Gammares et Pherusa parasités montre que la distribution des *Conidophrys* sur le corps de l'hôte n'est pas la même pour tous les hôtes, mais comporte deux modes de répartition, dépendant de l'état physiologique du Crustacé. Ainsi pendant la majeure partie du cycle d'intermue, les parasites se fixent sur les soies des divers appendices. Aux approches de la mue, par contre, ils se localisent exclusivement sur la partie tergale des deux derniers segments du métasome et le segment suivant, au niveau des glandes tégumentaires, et se présentent uniquement sous la forme sessile, accolée aux téguments.

Il apparaît ainsi que, chez ces Gammaridés, la distribution et par contre-

coup, le type morphologique du Protiste est fonction de la physiologie de l'hôte : le parasite apparaît, à cet égard, comme un réactif particulièrement sensible de l'activité sécrétoire de ce dernier.

L'extrême rareté des *Pilisuctoridæ* parasites de *Sphæroma serratum* (Fabr.) et la fréquence des formes abortives en a rendu l'étude très malaisée. Par l'ensemble de ses caractères, la position dorsale de la bouche et la nature de son hôte, cette espèce correspond à *Conidophrys guttipotor* Ch. et Lw. Elle présente toutefois une variation remarquable de son infraciliature, chez un tiers environ des exemplaires examinés après imprégnation argentique : l'infraciliature gauche, en effet, est constituée, chez ce type anormal, par 7 stries au lieu de 6; la strie supplémentaire se groupe avec la paire médiane de stries, dont elle est un peu plus rapprochée. Les autres exemplaires possèdent par contre un système de stries normales : on doit ainsi considérer cette espèce comme une souche normale de *Conidophrys guttipotor* Ch. et Lw.

La faible spécificité des *Conidophrys*, vis-à-vis de leurs hôtes nous a amené à tenter l'infestation de *Talitrus saltator* (Mont.) à partir d'Idotées infectées et mises en contact dans le même bac plusieurs jours de suite. Nous avons ainsi obtenu la fixation des *Conidophrys* sur les appendices du Talitre et l'évolution du Protiste jusqu'à la formation de tomites. Ces résultats positifs montrent que la réceptivité à l'infection se maintient chez cette espèce dont la biologie et l'habitat normal s'opposent à toute possibilité d'infestation naturelle.

BIOLOGIE. — *Transplantations d'ébauches de la nageoire caudale chez* Salmo irideus *Gibb*. Note de M. **Maurice Blanc**, présentée par M. Louis Fage.

J'ai pratiqué des transplantations d'ébauches de la nageoire caudale dans la cavité cœlomique du sac vitellin, chez des embryons de *Salmo irideus* Gibb (Salmonidés), selon la technique de Mangold [1], environ huit jours avant l'éclosion. L'avantage de cette méthode est d'avoir un greffon bien nourri et non soumis à l'action des nerfs. J'ai pris la précaution, avant de pratiquer l'opération, de m'assurer sur un certain nombre d'animaux sacrifiés comme témoins, que les ébauches de nageoires caudales ne contenaient absolument aucune trace de rayon osseux à ce stade. Les sections furent faites au delà de la terminaison de la moelle-épinière pour éviter toute intervention possible de celle-ci.

Les embryons porteurs d'un tel greffon ont vécu pendant quelque temps dans le liquide de Holtfreiter double; je n'ai cependant pu en garder dans ces conditions pendant plus de dix jours. Mais cet intervalle de temps a été suffisant pour me permettre d'en sacrifier à différents moments, de rechercher le greffon dans la paroi du sac vitellin, et de voir ce qu'il était

(1) *Naturwissenchaften*, 19, 1931, p. 23-25.

devenu. J'ai pu ainsi étudier ces greffons soit par simple transparence, soit après traitement *in toto* par le nitrate d'argent à 5 % selon Kossa, soit même au moyen de coupes histologiques. Les observations que j'ai pu faire ainsi sur ces greffons nourris uniquement par l'intermédiaire du liquide cœlomique sont les suivantes :

Les premiers jours après l'opération, le greffon ne présente rien d'autre qu'une légère déformation des contours généraux. Puis au bout de 6 ou 7 jours apparaissent brusquement les premières traces de rayons osseux. Ces rayons ne sont évidemment constitués à ce stade que par une portion de leur article basilaire, mais cela est normal et il en est de même dans la véritable nageoire caudale du porte-greffe. Ces ébauches sont effilées à leur partie proximale et renflées en forme de massue dans leur région distale. Ce sont les rayons les plus médians qui se forment les premiers. Ces débuts de rayons formés ainsi dans le greffon se calcifient presque immédiatement et apparaissent colorés en noir par la réaction argentique de Von Kossa pratiquée *in toto*. J'ai pu observer ainsi la formation et la calcification de plusieurs rayons osseux (jusqu'à cinq au maximum), ces phénomènes se produisant à peu près en même temps dans la nageoire greffée et dans la nageoire normale du porte-greffe. Au point de vue histologique, les rayons du greffon apparaissent comme de très minces bandes ostéoïdes, à peine détachées de la membrane basale sous-épidermique et semblent se former exactement de la même façon que des rayons ordinaires.

Ces expériences m'incitent à penser que le système nerveux n'intervient pas au moins dans les premiers stades de la formation et de la calcification des rayons de nageoires, car les greffons en question ne sont évidemment plus innervés depuis le moment où ils ont été détachés du corps du donneur. Seuls des phénomènes humoraux peuvent donc être mis en cause, comme le pensent d'ailleurs Hermann, Drevon et Cier ([2]) à propos des os du Rat.

Ceci confirme donc pleinement ce que j'ai déjà écrit ([3]) à propos des extrémités distales de rayons osseux qui, isolés expérimentalement de la base de la nageoire chez des Poissons adultes, conservent cependant leur intégrité, continuent à croître normalement et conservent même leurs possibilités de régénération le cas échéant.

---

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 275-277.

([3]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1466.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude morphologique et biométrique de la régénération d'un variant sexuel chez* Orchestia gammarella *Pallas*. Note de Mme **Hélène Charniaux-Legrand**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le deuxième gnathopode d'*O. gammarella* présente un dimorphisme sexuel très accentué, mais qui ne concerne que les trois articles distaux; les articles proximaux présentent, dans les deux sexes, une croissance isométrique à la taille de l'individu. La croissance du carpopodite et celle du propodite sont identiques chez les ♂ et les ♀, jusqu'à la mue de première différenciation externe du sexe (1). Après cette mue, le deuxième gnathopode reste semblable à la forme jeune chez les ♀, tandis qu'il change de forme avec l'âge chez les ♂ et présente trois étapes au cours de sa croissance : 1° *étape juvénile*; le gnathopode garde sensiblement la forme jeune, le carpopodite croît avec un coefficient d'allométrie $\alpha$ égal à 0,40 et le propodite avec $\alpha = 1{,}25$; 2° *étape intermédiaire*; caractérisée par un accroissement accéléré du propodite et un raccourcissement du carpopodite. Après passage par plusieurs formes intermédiaires le gnathopode présente, à la fin de cette étape, la forme adulte, très différente de la forme femelle; 3° *étape post-pubérale*, qui va jusqu'à la mort; le gnathopode continue de croître avec $\alpha = 0{,}83$ pour le carpopodite et 1,25 pour le propodite (2).

J'ai étudié la régénération d'un gnathopode de la 2e paire, aux différents stades de sa croissance. L'amputation est pratiquée au niveau du plan de moindre résistance, situé entre le basis et l'ischiopodite. Un des gnathopodes est conservé comme témoin. La régénération se fait dans le basis, à l'abri d'un bouchon cicatriciel (sang coagulé). Elle peut être suivie *in vivo*, grâce à la transparence du tégument.

L'amputation déclenche une intense prolifération épithéliale dans la région de la section, excepté si le tégument est en cours de sécrétion de la couche préexuviale ou post-exuviale de la cuticule. L'épithélium rétablit d'abord sa continuité par la fermeture complète de la section, puis forme un régénérat qui, après avoir atteint une certaine grandeur, présente des constrictions annonçant les futurs articles. La formation des muscles s'opère aux dépens d'hématocytes et débute simultanément dans tous les articles. L'épithélium du régénérat sécrète la couche préexuviale du futur squelette tégumentaire en même temps que celui des autres appendices; son activité

---

(1) H. Legrand, *Bull. Biol. France-Belgique*, **83**, 1949, p. 158-176.

(2) La longueur L d'un article est reliée à une longueur de référence B, par une loi d'allométrie : $L = KB^{\alpha}$. La longueur de référence choisie est celle du troisième péréiopode.

régénératrice est alors stoppée. Si, lorsque survient la mue post-opératoire, le régénérat a eu le temps d'organiser sa musculature, il sera libéré sous forme d'un appendice bien formé et fonctionnel; sinon, il formera une masse globuleuse à l'extrémité du basis.

*Chez les femelles*, le régénérat possède à la mue post-opératoire une forme voisine de celle du témoin. Le taux de régénération, $\tau =$ rapport entre la longueur régénérée et la longueur à régénérer, est indépendant du temps de régénération. Il est plus faible chez les ♀ pubères que chez les ♀ immatures. Pour l'ischiopodite et le méropodite, $\tau = 0,84$ chez les ♀ immatures et 0,70 chez les ♀ matures. Pour le carpopodite, $\tau = 0,75$ et 0,63. Pour le propodite, $\tau = 0,93$ et 0,74.

*Chez les mâles* juvéniles, le régénérat présente une forme juvénile. Lorsque le gnathopode amputé est de forme adulte, le régénérat passe d'abord et toujours par la forme juvénile. Puis il évolue vers la forme adulte en passant par les intermédiaires que l'on observe dans la croissance normale. Cette évolution morphologique cesse quand débute la sécrétion de l'épicuticule. A la mue post-opératoire, le régénérat aura donc une forme juvénile, intermédiaire ou adulte suivant la durée de la régénération. L'amputation d'un gnathopode de forme intermédiaire donne évidemment un régénérat de forme juvénile ou adulte.

Le taux de régénération est le même pour l'ischiopodite et le méropodite. Il est indépendant du temps de régénération et de la grandeur de l'individu; sa valeur moyenne est 0,84. Cependant, chez les vieux mâles, il tombe à environ 0,66.

Le carpopodite et le propodite acquièrent d'abord les dimensions correspondant à leurs lois de croissance relative par rapport à l'ischio durant l'étape juvénile. Mais, comme l'ischiopodite atteint une dimension égale à 84 % de celle du témoin, chez les individus intermédiaires et adultes, les points représentatifs du carpopodite et du propodite régénérés se placent sur le prolongement des droites de la loi juvénile. On obtient donc, par régénération, des gnathopodes de forme juvénile dont les dimensions sont supérieures à celles atteintes dans la croissance normale. Le carpopodite régénéré peut présenter des dimensions doubles du témoin.

L'acquisition par le régénérat des dimensions correspondant aux lois de la croissance juvénile coïncide avec la formation de la musculature. Puis, par une croissance accélérée du propodite et un raccourcissement du carpopodite, le régénérat gagne la courbe post-pubérale (ceci après plusieurs intermues).

*Conclusions.* — L'étude morphologique de la régénération du 2e gnathopode montre que la forme mâle adulte ne peut être prise d'emblée. L'appendice acquiert d'abord les dimensions relatives correspondant à la loi de croissance juvénile; c'est alors seulement qu'il peut évoluer vers la forme

adulte. Dans la croissance normale, l'étape juvénile correspond à plusieurs mues; ceci incline à penser, qu'à un moment de la vie du jeune mâle, intervient un facteur qui provoque l'évolution simultanée des variants sexuels vers la forme adulte. Au cours de la régénération chez un mâle possédant déjà ce facteur, l'évolution a lieu dès l'acquisition par le gnathopode des dimensions relatives juvéniles. Le passage de la loi de croissance juvénile à la loi de croissance post-pubérale apparaît comme une crise qui correspond à une forte dispersion des points sur les courbes de croissance normale et de régénération.

BIOLOGIE CELLULAIRE. — *Méthode d'obtention quantitative des structures cellulaires sur un même échantillon de tissu.* Note de MM. **Jean Chauveau** et **Guy Clément**, présentée par M. Pierre Grassé.

Par une étude soigneuse des divers temps des techniques de centrifugation fractionnée des structures cellulaires de Claude et Hogeboom, et par introduction de modifications importantes, les auteurs obtiennent à l'état de grande pureté la totalité des noyaux, des mitochondries, les microsomes jusqu'à une certaine taille et la phase homogène du cytoplasme.

La récente revue de Schneider et Hogeboom (1) sur la question montre qu'aucune méthode, jusqu'ici, ne permet d'obtenir sur une prise unique de tissu, à l'état pur et quantitativement : noyaux, mitochondries, microsomes et phase homogène du cytoplasme. Une étude systématique de chacun des temps du fractionnement nous a conduits à adopter le mode opératoire suivant.

Toutes les manipulations sont menées quantitativement à + 2° C. Le seul liquide utilisé est le saccharose à 30%. Tous les volumes sont exprimés en centimètres cubes par gramme de tissu (vol). Les centrifugeuses utilisées : l'Internationale $PR_1$ ou la Servall $SS_2$. Les surnageants (S) sont décantés par un dispositif évitant toute remise en suspension des culots (D).

*Obtention de l'homogénat.* — L'animal est décapité, le foie prélevé est plongé dans l'eau glacée, essoré, finement coupé, broyé 5 mn au mortier; le broyat transvasé dans l'homogénéiseur de Potter avec 2 vol est homogénéisé 8 mn à 1200 t : mn : on ajoute 8 vol et on rehomogénéise 2 mn. L'absence totale de cellules est vérifiée au microscope à contraste.

*Centrifugation préalable aux séparations.* — C'est là une modification essentielle par ses conséquences : elle permet outre une séparation ultérieure plus facile des structures, de doser les lipides qu'elles contiennent avec précision, ce qui n'a pas été possible à nos devanciers. L'homogénat centrifugé 2 h à 50 000 g livre : *a.* une pellicule rassemblant les lipides non liés aux protéines cellulaires. On la prélève pour l'analyse; *b.* un surnageant So contenant la phase cytoplasmique dispersée et les microsomes non sédimentés à 50 000 g; *c.* un culot DT constitué par la totalité des structures.

*Noyaux.* — Le culot DT suspendu dans 10 vol centrifugé 30 mn à 600 g, donne $D_1$ et $S_1$.

(1) *Cancer Research*, **11**, 1951, p. 1-22.

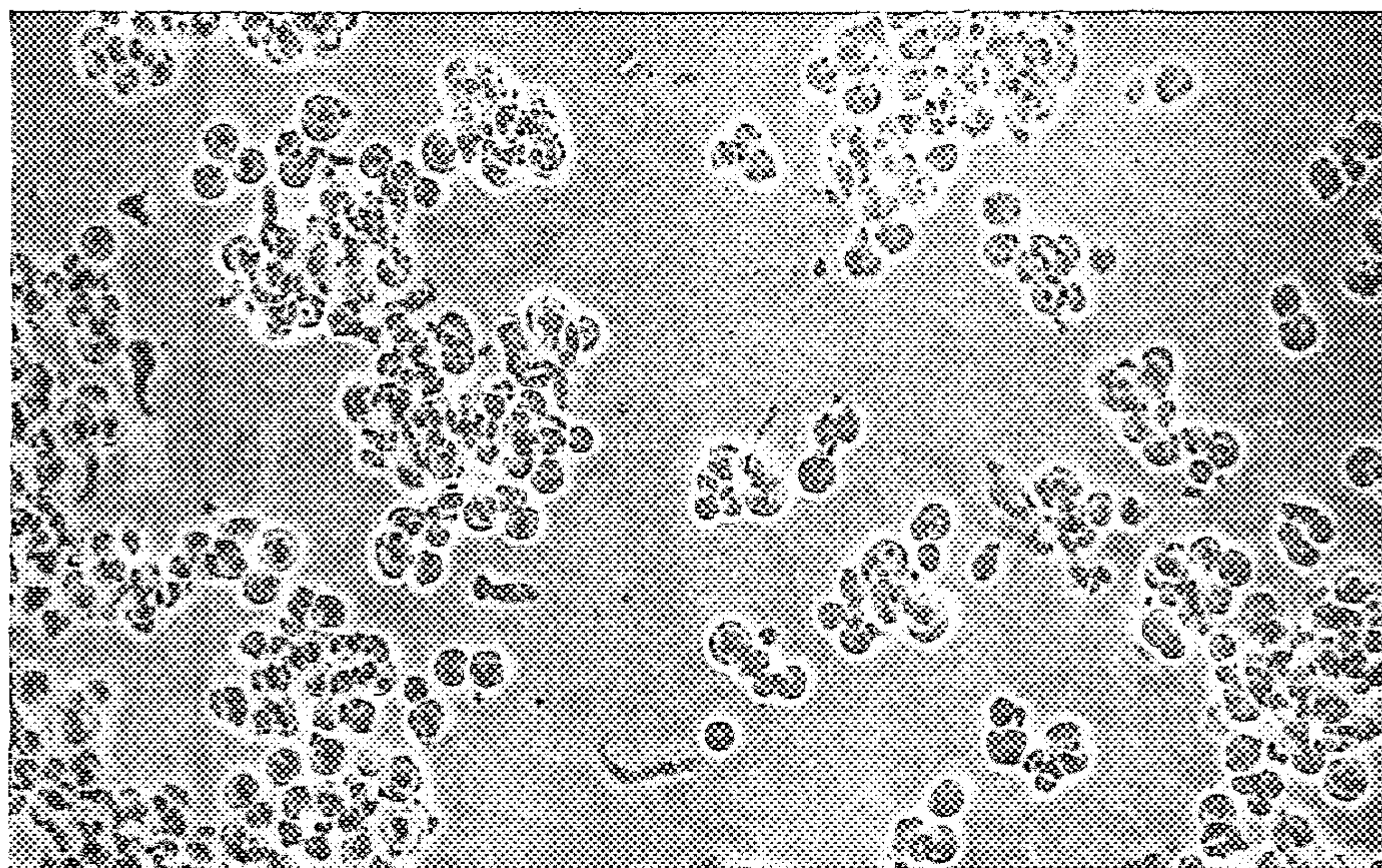


Fig. 1. — Noyaux isolés de foie de rat normal en suspension dans le saccharose 0,88 M. Contraste de phase. Gross. 350 ×.

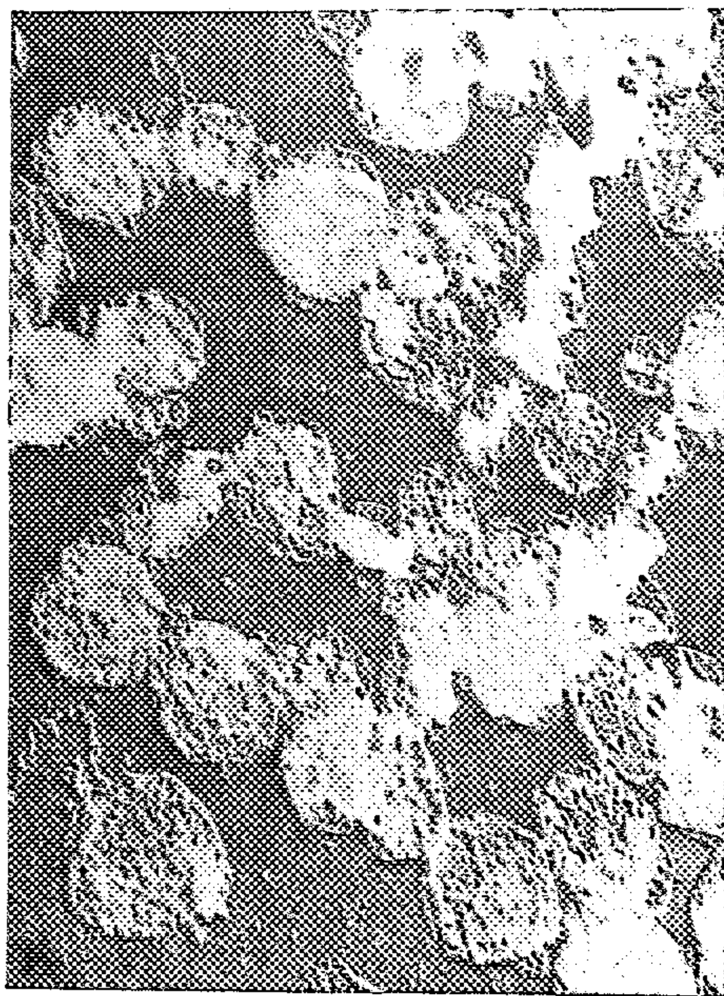


Fig. 2.

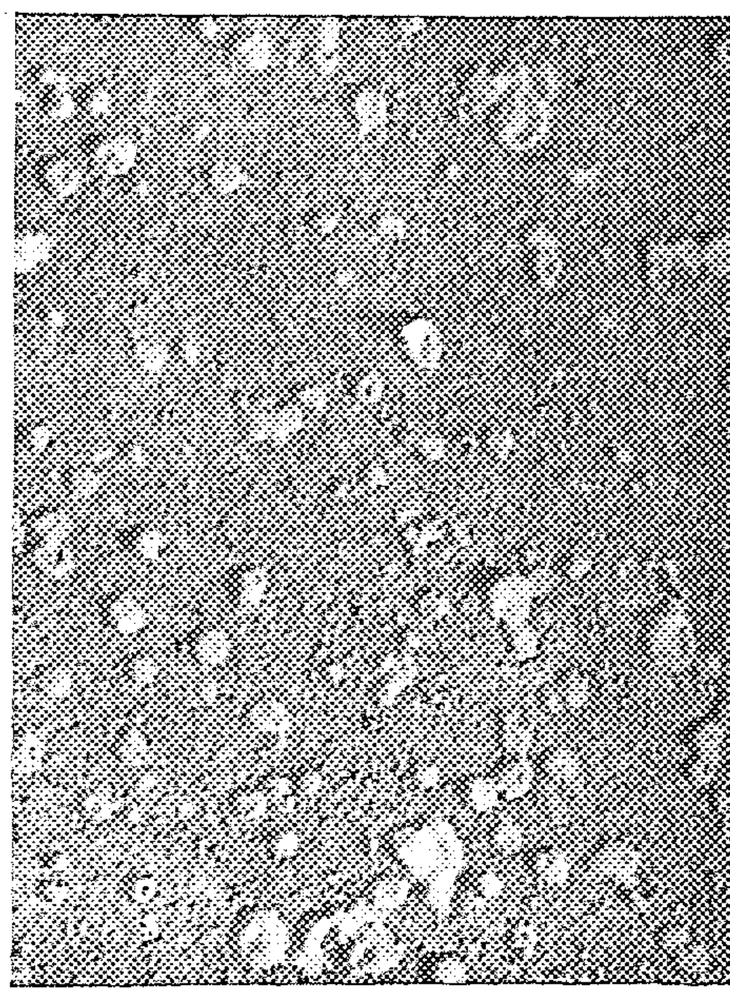


Fig. 3.

Fig. 2. — Mitochondries isolées de foie de rat normal en suspension dans l'eau distillée. Fixation osmique, ombrage au platine. Mic. Élec. Gross. 6300 ×.

Fig. 3. — Microsomes isolés de foie de rat normal en suspension dans l'eau distillée. Fixation osmique ombrage à l'or. Mic. Élec. Gross. 14000 ×.

On homogénéise $D_1$ avec 2 vol, on centrifuge 30 mn à 600 g, on obtient $D_2$ et $S_2$; $D_2$ repris par 10 vol est additionné de 0,04 g d'acide citrique pour 100 cm³, concentration n'altérant pas les noyaux. On filtre sur trois tamis nos 30/20, 40/24, 120/42 qui retiennent le tissu conjonctif; une dernière centrifugation de 20 mn à 600 g livre $D_3$ et $S_3$. $D_3$ *contient la totalité des noyaux purs* (*fig.* 1).

*Mitochondries.* — Les surnageants $S_1$ et $S_2$ centrifugés 20 mn à 24 000 g, donnent $D_4$ et $S_4$, $D_4$ remis en suspension dans 5 vol recentrifugé 20 mn à 24 000 g, fournit $S_5$ et le culot $D_5$ *qui contient la « totalité des mitochondries pures »* (*fig.* 2).

*Microsomes.* — Les surnageants $S_4$ et $S_5$ centrifugés 2 h à 50 000 g livrent $S_6$ et $D_6$ *qui contient à l'état pur les microsomes sédimentables à cette vitesse* (*fig.* 3).

La totalité de la *phase homogène cytoplasmique* et les petits microsomes non sédimentés sont contenus dans $S_0$ et $S_6$.

Le détail de cette méthode et son application à l'étude du tissu hépatique normal et des hépatomes expérimentaux du Rat sont en cours de publication.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches chronaximétriques sur le mode d'action de quelques stéroïdes cortico-surrénaux.* Note (*) de M. PAUL CHAUCHARD, Mme HENRIETTE MAZOUÉ et M. RAOUL LECOQ, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré, dans une Note précédente, que la cortisone, hormone cortico-surrénale type, 11-oxycorticostéroïde par sa constitution et agent du métabolisme glucoprotéique par sa fonction, s'oppose par un certain nombre de propriétés à la désoxycorticostérone (D. O. C.), hormone cortico-surrénale de synthèse, agent du métabolisme hydrominéral. En particulier, on ne retrouve pas, lors de l'action de la cortisone sur le système nerveux, la première phase excitante decelée de façon constante avec la désoxycorticostérone. D'autre part, la cortisone se comporte, d'une manière générale, dans toutes les réactions tissulaires comme une substance anti-acide, alors que dans les mêmes conditions, la D. O. C. agit comme une substance anti-alcaline [1].

Il était intéressant de reprendre cette étude en utilisant d'autres stéroïdes cortico-surrénaux. Nous sommes reconnaissants au Professeur T. Reichstein de les avoir mis à notre disposition. Comme précédemment, ces corps ont été administrés au Rat normal en dispersions aqueuses (préparées avec 10 à 20 % de tween 80), par voie sous-cutanée ou intrapéritonéale, soit isolément, soit après injection d'une substance dont on désire déceler la synergie ou l'antagonisme, après un laps de temps suffisant pour laisser s'effacer les effets nerveux de la première substance.

Les matières premières mises en œuvre furent, en dehors de la D. O. C.

(*) Séance du 7 mai 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2045.

et de la cortisone : la corticostérone, préparation obtenue par perfusion de la glande surrénale; la 17-oxycorticostérone, « substance M » de Reichstein ou « compound F » de Kendall; la 11-désoxy-17-oxycorticostérone-acétate ou S-acétate et la 11-déhydrocorticostérone-acétate. Toutes ces substances furent préalablement dispersées à la concentration de 5 mg pour 10 $cm^3$ et injectées à la dose de 0,5 $cm^3$, correspondant, par conséquent, à 250 $\gamma$ de produit pur. Le test choisi était la mesure percutanée par chronaximétrie du retentissement des substances injectées sur les centres nerveux.

A. En ce qui concerne l'action aiguë d'une injection unique sur le système nerveux, on note une action diphasique avec première phase excitante, seulement avec la corticostérone qui, bien que 11-oxycorticostéroïde, se révèle avoir une action comparable à celle de la D. O. C. Au contraire, les autres corps essayés ont, d'emblée, une action inhibitrice comme la cortisone. Quoique 11-désoxycorticostéroïde, le S-acétate ou 11-désoxy-17-oxycorticostérone agit aussi à la manière de la cortisone.

B. Si, par une injection préalable acidogène (chlorure d'ammonium) ou alcalogène (bicarbonate de sodium), on recherche l'effet de ces stéroïdes en fonction de l'équilibre acido-basique des tissus, on retrouve la même répartition des substances en deux catégories. La corticostérone est antialcaline comme la D. O. C., tandis que toutes les autres sont antiacides comme la cortisone, actions qui se manifestent par la suppression de l'effet nerveux du stéroïde après l'injection préalable antagoniste.

C. En accord avec ces résultats, la corticostérone (comme la D. O. C.) se montre antagoniste de la cortisone, des extraits antéhypophysaires et de l'A. C. T. H.; mais elle ne se trouve inhibée ni par la D. O. C. ni par les extraits posthypophysaires. Inversement, les autres stéroïdes (de même que la cortisone) sont antagonistes de la D. O. C. et de la posthypophyse, mais pas de la cortisone, de l'antéhypophyse et de l'A. C. T. H.

D. En complément, nous avons recherché *in vivo* les effets comparés des mêmes stéroïdes sur la chronaxie de l'utérus non gravide de Rat, ou de Cobaye. En accord avec R. Courrier et A. Colonge, nous avons constaté que la cortisone qui diminue la chronaxie (action excitante du type folliculine) est en opposition avec la D. O. C. qui l'augmente, comme la progestérone ([2]). Ici encore, la corticostérone augmente la chronaxie comme la D. O. C., tandis que les autres stéroïdes utilisés la diminuent comme la cortisone.

*Conclusions.* — Cette nouvelle série de recherches chronaximétriques conduit à admettre l'existence de deux classes bien tranchées de stéroïdes cortico-surrénaux, qui s'opposent, tant en ce qui concerne leur action nerveuse que leur activité antiacide ou antialcaline sur l'équilibre acido-

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1164.

basique des tissus, que leurs antagonistes hormonaux et que leur action sur l'utérus non gravide.

Notre étude toutefois ne nous permet pas de rattacher ces deux classes, soit à une distinction chimique (11-oxy- ou 11-désoxycorticostéroïdes), soit à une distinction physiologique entre hormones du métabolisme glucoprotéique et du métabolisme hydrominéral, puisque c'est un 11-oxycorticostéroïde, la corticostérone, qui agit dans nos expériences comme la désoxycorticostérone, alors qu'un 11-désoxycorticostéroïde agit comme la cortisone.

Quoi qu'il en soit, ces déterminations apportent une preuve sérieuse de la complexité de la sécrétion cortico-surrénale, puisqu'elle comporte à la fois la présence de substances synergiques et de substances antagonistes de l'hormone adrénocorticotrope (A. C. T. H.).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation d'iodures à partir de la diiodotyrosine dans le corps thyroïde et sur leur réutilisation.* Note de MM. **Jean Roche**, **Raymond Michel**, **Serge Lissitzky** et Mme **Odette Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Des coupes de corps thyroïde en suspension dans un liquide isotonique libèrent des iodures aux dépens de la mono- ou de la diodotyrosine, alors qu'elles ne dégradent pas la thyroxine (1). Nous nous sommes proposé d'étudier, d'une part, le mécanisme de déshalogénation des iodotyrosines et, d'autre part, la destinée physiologique des iodures en provenant.

La formation d'iodures aux dépens de diiodotyrosine (DIT) par des coupes de corps thyroïde peut relever de deux mécanismes : l'action d'une désiodase conduisant à la tyrosine par l'intermédiaire du dérivé monohalogéné (MIT) ou celle d'une transaminase donnant naissance à l'acide 3.5-diiodo 4-hydroxyphénylpyruvique, corps qui se désiode spontanément en milieu aqueux (2). L'étude des produits de la réaction doit donc permettre de préciser sa nature. Par ailleurs, on peut envisager que les iodures libérés soient réutilisés *in situ* et il convenait de contrôler cette hypothèse. La dégradation de la diiodotyrosine marquée ($I^{131}$) par des coupes de corps thyroïde et la formation d'acides aminés iodés marqués au sein de la thyroglobuline de celles-ci ont été étudiées dans un travail que résume cette Note.

I. Le mécanisme de déshalogénation de la diiodotyrosine a fait l'objet des expériences suivantes : 1 g de corps thyroïde (Mouton, coupes de 0,5 mm)

---

(1) J. Roche, R. Michel, O. Michel et S, Lissitzky, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 288.

(2) N. Hartmann, *Z. physiol. Chem.*, **285**, 1950, p. 1-17.

immergé dans 10 ml de liquide de Krebs-Ringer de pH 7,3 additionnés de 5 γ de DIT marquée (200 000 impulsions : mn) est placé à 37° pendant 3 h (témoin porté 10 mn à 100°). Après congélation, broyage à + 4° et addition de 100 γ de INa, de MIT, de DIT (produits d'entraînement), on amène à pH 1,0 par HCl N et l'on extrait à trois reprises par 20 ml de *n*-butanol saturé de HCl 0,1 N. Après dessiccation sous vide (*t*° inférieure à 40°) et reprise par 0,2 ml de *n*-butanol neutre, on établit les radiochromatogrammes ([3]) d'une microgoutte (5-10 μl) des solutions provenant de l'essai et du témoin (papier Whatman n° 1, solvant : butanol acétique). La présence de chacun des constituants marqués se traduit sur ceux-ci par un clocher et leur taux respectif correspond à la radioactivité (% $I^{131}$ total) des taches ainsi caractérisées (contrôle de la position par coloration, à la ninhydrine ou à l'amidon, des produits entraîneurs). La figure 1 illustre un exemple des résultats obtenus.

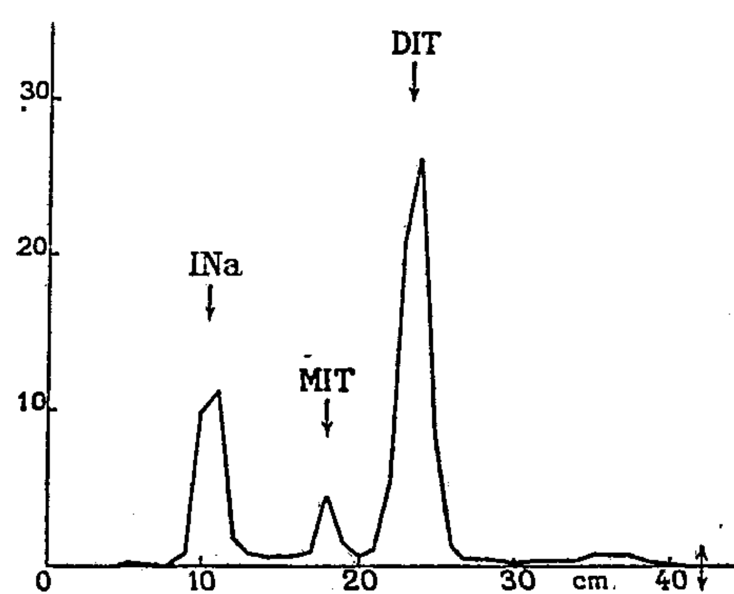


Fig. 1.

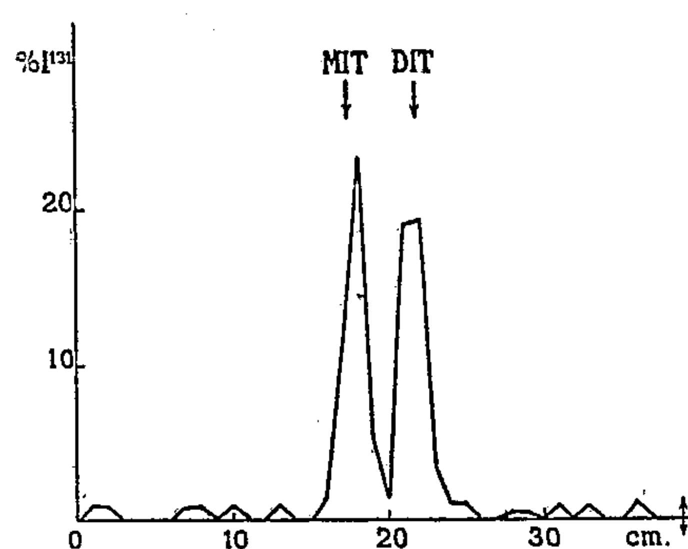


Fig. 2.

Fig. 1. — Radiochromatogramme établi à partir du liquide de macération de coupes de corps thyroïde (3 h, 37°, pH 7.3) additionné de diiodotyrosine marquée.

Fig. 2. — Radiochromatogramme de l'extrait *n*-butanolique de l'hydrolysat protéinasique de thyroglobuline provenant de coupes de corps thyroïde ayant décomposé la diiodotyrosine marquée. *Abscisses* = distance (cm) de l'origine du chromatogramme; *Ordonnées* = % $I^{131}$ total.

La figure 1 traduit la formation de monoiodotyrosine comme produit intermédiaire de la réaction et celle d'iodures minéraux, la diminution du taux de la diiodotyrosine ayant été observée par ailleurs. La déshalogénation de celle-ci est donc opérée par une désiodase ou un système désiodasique; elle n'est pas secondaire à une action enzymatique d'un autre type.

II. La réutilisation thyroïdienne des iodures formés par dégradation de la diiodotyrosine a été mise en évidence dans d'autres essais. Pour

([3]) J. Roche, M. Jutisz, S. Lissitzky et R. Michel, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 723.

cela, l'expérience précédente a été répétée sur 15 g d'organe immergés dans 150 ml de liquide isotonique oxygéné additionnés de 25 γ de DIT marquée (1 000 000 impulsions : mn) et l'on a extrait des coupes la thyroglobuline ([4]) en vue de son étude. Le produit obtenu renfermait des combinaisons iodées radioactives, non extractibles par le *n*-butanol à pH 1,0. Afin de préciser la nature de celles-ci, la protéine a été soumise pendant 75 h, à pH 8,5 et à 37°, à l'action des protéinases pancréatiques totales et les produits libérés solubles dans le *n*-butanol à pH 1,0 ont été analysés par radiochromatographie (butanol acétique), ce qui a permis d'établir la figure 2.

La présence de mono- et de diiodotyrosine marquées dans la thyroglobuline des coupes d'organe ayant décomposé la diiodotyrosine radioactive est établie par ces observations. Comme elle ne peut pas être due, tout au moins pour une part importante, à une incorporation de ces acides aminés dans la protéine, la réutilisation pour la biosynthèse de la thyroxine des iodures libérés au contact des coupes se trouve ainsi démontrée.

*Conclusions.* — La désioduration de la diiodotyrosine au contact de coupes de corps thyroïde est opérée par une désiodase; elle comporte la formation de monoiodotyrosine comme produit intermédiaire. Les iodures libérés par ce processus entrent à nouveau dans le cycle de la thyroxinogenèse, au même titre que ceux d'origine sanguine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle méthode colorimétrique de dosage du glucose dans le plasma sanguin et le liquide céphalo-rachidien.* Note (*) de MM. **Marcel Péronnet** et **Jacques Hugonnet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Lorsque l'on fait agir, en milieu hydroalcoolique alcalinisé, de l'*ortho*-dinitrobenzène sur un glucide réducteur, il se développe peu à peu une coloration violette très pure due à la formation d'un sel alcalin de l'*ortho*-nitronitrosobenzène ([1]), ([2]).

Une telle réaction, simple à mettre en œuvre, est, dans des conditions opératoires déterminées, relativement spécifique, stable et très sensible. Déjà mise à profit, en 1933, par Péronnet et Truhaut, pour le dosage du benzène dans les atmosphères ou les milieux complexes, après isolement et nitration de l'hydrocarbure et en utilisant un céto-hexose : le lévu-

---

([4]) Y. Derrien, R. Michel et J. Roche, *Biochim. Biophys. Act.*, 2, 1948, p. 454.

(*) Séance du 28 mai 1951.

([1]) A. Morel et Marthoud, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **1**, 1935, p. 940-950.

([2]) L. von Szécsényi-Nagy, *Biochem. Zeitschr.*, **281**, 1935, p. 175-177.

lose [3], [4], elle peut servir à résoudre le problème inverse, celui du dosage des oses, notamment du glucose, non seulement en solution pure, mais aussi dans certains liquides biologiques ayant subi une défécation convenable.

Si, en effet, à du plasma sanguin ou à du liquide céphalo-rachidien (L. C. R.) déprotéinisé, au préalable, par l'alcool à 95° (plasma ou L. C. R. : 1 volume; alcool à 95° : 4 volumes), on ajoute successivement :

*a.* une solution aqueuse de soude caustique à 5 % en quantité telle que l'alcalinité finale du milieu corresponde à N/16;

*b.* un excès d'une solution d'*ortho*-dinitrobenzène pur (F 117°) à 1 % dans l'alcool à 95° (excès qui ne devra pas dépasser 20 fois la dose théoriquement nécessaire); si l'on ajuste le titre alcoolique du milieu réactionnel de façon à l'amener à environ 70° et, enfin, si l'on porte le mélange ainsi obtenu au bain-marie bouillant, pendant 2 mn à 2 mn 15 s : on obtient une coloration violette, sensible à environ 1 p. 100 000, dont l'intensité est fonction de la quantité de glucose présente et dont la stabilité est très bonne (plus d'une heure).

Cette réaction se prête, *après dilution suffisante* avec de l'alcool à 70°, à une évaluation colorimétrique du glucose par comparaison aux colorations données par des solutions aqueuses du sucre, de titre connu, traitées de la même façon que le plasma ou le L. C. R. [examen au colorimètre ordinaire ou, mieux, au photocolorimètre, sous écran rouge foncé (longueur d'onde 650 mμ), avec utilisation d'une courbe d'étalonnage tracée une fois pour toutes].

L'acide urique, la créatinine, les amino-acides principaux, le glutathion (présents dans les liquides biologiques normaux ou pathologiques), connus pour donner des colorations diverses avec les dérivés dinitrés [3], [4], ne gênent pas le dosage, car les colorations parasites qu'ils pourraient produire ne deviennent perceptibles que pour des doses de ces composés 10 à 100 fois supérieures aux doses anormales les plus élevées susceptibles d'être rencontrées chez l'Homme. Enfin, le fluorure de sodium et l'oxalate neutre de potassium, habituellement utilisés comme anticoagulants et antiglycolytiques, ne présentent pas non plus d'action perturbatrice.

La technique proposée est applicable à 1 $cm^3$ de plasma ou de L. C. R., elle est sensible, spécifique et surtout d'*exécution extrêmement simple et rapide* (15 à 20 mn) : elle peut donc rendre des services dans les déterminations d'urgence. Les résultats qu'elle donne sont, le plus souvent, compris

---

[3] M. Péronnet et R. Truhaut, *Bull. Soc. Chim. France*, 53, 1933, p. 1464-1474.
[4] M. Péronnet, *Journ. Pharm. Chim.*, 20, 1934, p. 145-149, 195-206 et 244-249; 21, 1935, p. 503-513.

entre ceux fournis par les procédés volumétriques considérés jusqu'ici comme les plus précis (types Baudoin-Lewin et Hagedorn-Jensen).

*En résumé*, le dosage de la glycémie et de la glycorachie peut être effectué, avec une bonne précision, en utilisant la coloration violette que fournit le glucose avec l'*ortho*-dinitrobenzène, en milieu alcalin, après défécation convenable du plasma ou du liquide céphalo-rachidien au moyen de l'alcool à 95°.

BACTÉRIOLOGIE. — *Analogie physiologique, démontrée par l'action des bactériophages Vi, entre les espèces bactériennes possédant l'antigène Vi.* Note (*) de MM. **Pierre Nicolle**, **Geo Rita** et **Maurice Huet**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'analogie sérologique que confère l'antigène *Vi* à *Salmonella typhi, S. paratyphi* C, *S. ballerup* et *S. coli* I se double d'une analogie physiologique, puisque les formes *Vi* de ces espèces sont sensibles aux bactériophages typhiques *Vi*.

Un bactériophage spécifique de la variante non *Vi* de *S. Coli* I, en éliminant celle-ci, permet de rendre plus manifeste la lyse des éléments *Vi* par les phages *Vi*.

L'antigène *Vi* confère aux cultures de *S. typhi* qui le possèdent, non seulement l'agglutinabilité spécifique par un sérum anti-*Vi*, mais encore la sensibilité à certains bactériophages. Ces phages sont totalement inactifs sur les cultures dépourvues du même antigène. Ils ont été isolés, en général, de bacilles typhiques lysogènes. Ce sont les bactériophages typhiques *Vi*.

L'affinité spécifique de certains bactériophages pour un antigène particulier semble être une règle assez générale chez les *Salmonella* et quelques espèces voisines. Elle explique en partie pourquoi les phages manifestent parfois une activité étroitement limitée à certaines cultures d'une même espèce, en même temps qu'ils agissent sur des cultures appartenant à des espèces plus ou moins proches.

Les cultures sensibles ont toujours un caractère commun : la présence de l'antigène spécifique.

Plusieurs espèces, plus ou moins voisines de *S. typhi*, possèdent un antigène *Vi* sérologiquement identique, ou du moins analogue, à celui du bacille typhique : *S. paratyphi* C, *S. ballerup*, *S. hormaechei* et *S. coli* I.

Cette communauté antigénique rend-elle ces diverses espèces sensibles aux phages typhiques *Vi*? Les opinions émises jusqu'à ce jour par les rares auteurs qui ont cherché à répondre à cette question sont fragmentaires et contradictoires.

---

(*) Séance du 28 mai 1951.

1. *Fixation spécifique des phages Vi sur les cultures Vi des espèces en question.* — Les formes *Vi* des espèces *S. typhi*, *S. paratyphi* C (8 échantillons, dont la culture « *East Africa* » de Kauffmann), *S. ballerup* (2 cultures de Kauffmann) et *S. coli* I (cultures n° 2624/36 et n° 5396/38 de Kauffmann), tuées par la chaleur ou le formol, fixent énergiquement les phages *Vi* I, II, III et IV de Craigie, 1936, alors que les formes non *Vi* des mêmes germes et les cultures de *S. paratyphi* A, *S. paratyphi* B et *Escherichia coli* ne les fixent pas.

2. *Action lytique.* — Les phages *Vi* de Craigie et les phages $V_c$ et $V_e$ de Desranleau, à leur concentration d'origine, ont été essayés en gouttes déposées sur des plaques de gélose préalablement ensemencées par étalement de quelques gouttes d'une culture de 18 h, en bouillon, des mêmes germes. Après 24 h à 37° C, l'examen en transillumination oblique (1) est pratiqué, condition essentielle pour déceler les actions lytiques partielles souvent invisibles à l'éclairage frontal.

Toutes les espèces mentionnées plus haut, dans leur forme *Vi*, se sont montrées sensibles soit à l'un, soit à l'autre, soit à tous les phages *Vi*. On ne peut donner aucune signification, à notre avis, des différences observées d'une espèce à l'autre, puisque de nombreux essais du même genre, pratiqués sur des cultures appartenant aux 24 types de *S. typhi* nous avaient révélé que les échantillons d'une même espèce pouvaient présenter des gammes de sensibilité aussi variées.

En raison de la dissociation *Vi* + → *Vi* —, qui, au contraire de ce que l'on observe avec le bacille typhique beaucoup plus stable, survient rapidement dans les cultures des autres espèces à antigène *Vi*, il est indispensable de n'opérer que sur la première subculture à partir d'une colonie *Vi*.

On peut également accentuer, d'une manière remarquable, l'action lytique des phages *Vi* sur les cultures de *S. coli* par l'artifice suivant : il existe un phage qui agit sur les éléments non *Vi* de cette espèce et laisse les éléments *Vi* intacts. On ensemence une boîte avec la culture dissociée de *S. coli*. Sur la moitié inférieure de la plaque de gélose, on étale plusieurs gouttes du phage *coli* non *Vi*. On dépose ensuite les gouttes des phages *Vi* symétriquement sur les deux moitiés de la plaque. La lyse des éléments *Vi* dans la moitié supérieure est masquée par la culture des éléments non *Vi* et ne peut être révélée que par la transillumination oblique. Dans la moitié inférieure, la culture n'étant composée que d'éléments *Vi*, chaque goutte de phage *Vi* a provoqué une lyse totale, à l'exception de quelques colonies secondaires *Vi* ou non Vi qui ont résisté à l'action combinée des deux sortes de phages.

(1) P. Nicolle, A. Jude et L. Le Minor, *Ann. Inst. Past.*, 78, 1950, p. 572.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les propriétés antidotiques des filtrats de culture de* Penicillium notatum, *d'*Actinomyces griseus *et de* Bacillus subtilis *à l'égard de la β staphylotoxine.* Note de MM. **Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours de recherches poursuivies, en 1945, sur l'antagonisme microbien, nous avons montré avec G. Ramon (¹) que les filtrats de culture de *Bacillus subtilis*, de *Penicillium notatum*, *d'Actinomyces griseus* sont doués de propriétés que nous avons dénommées « antidotiques », c'est-à-dire qu'ils sont capables de détruire les toxines microbiennes, diphtérique, tétanique, staphylococcique, etc.

Mis, en particulier, en contact pendant plusieurs heures avec la toxine staphylococcique α, à l'étuve à 37°, ils annihilent le pouvoir hémolytique et le pouvoir dermonécrotique de cette toxine.

Or, on sait qu'en dehors de la toxine α, hémolytique pour les globules rouges de Lapin, le staphylocoque sécrète une toxine β active sur les globules rouges de mouton et qui possède, en outre, la propriété d'être beaucoup plus résistante que la toxine α à l'action, par exemple, de la chaleur et du formol.

Au cours de nouveaux essais, nous avons recherché si la β-staphylotoxine peut être elle aussi détruite, dans les conditions indiquées, par divers filtrats de culture de germes antagonistes.

Une dilution de toxine staphylococcique renfermant les hémolysines α et β est mélangée à parties égales à divers filtrats de culture de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* et de *Bacillus subtilis* et les mélanges sont exposés à l'étuve à 37°. Après un temps plus ou moins long de séjour à l'étuve, les mélanges sont éprouvés quant à leur pouvoir hémolytique à l'égard des globules rouges de lapin et de mouton.

Le tableau ci-après rend compte de quelques-uns de nos résultats.

Comme il ressort de ces essais et d'autres encore, les filtrats de culture de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus* et de *Bacillus subtilis* se montrent capables d'annihiler, après un temps de contact plus ou moins long, les propriétés hémolytiques de la toxine staphylococcique. Toutefois, ces filtrats de culture ont une action nettement plus rapide sur l'hémolysine α que sur l'hémolysine β, puisque les mélanges qui renferment le même nombre de doses minima hémolytiques α et β n'ont plus, après 6 h. de contact, de pouvoir hémolytique pour les globules de Lapin, alors qu'ils conservent encore une

(¹) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 802; *Bull. Acad. Méd.*, 1945; *Bull. Acad. Vét.*, 1945; *Presse Médicale*, n° **30**, 1945; *Revue d'Immun.*, **9**, 1944-1945, p. 161; **10**, 1946, p. 9; **11**, 1947, p. 5.

partie importante de leurs propriétés hémolytiques pour les globules de Mouton.

| Toxine staphylococcique. | Filtrat de culture utilisé. | Temps de séjour à l'étuve et nombre de doses hémolytiques contenues dans 1 cm³ du mélange. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hémolysine α. | | Hémolysine β. | | | |
| | | Au départ. | 6 h. | Au départ. | 6 h. | 24 h. | 48 h. |
| Le 43 | Penicillium n° 12....... | 60 | 0 | 50 | 40 | 20 | 0 |
| | » n° 15....... | 60 | 0 | 50 | 20 | 0 | 0 |
| | Actinomyces n° LM....... | 60 | 0 | 50 | 10 | 0 | 0 |
| | » n° 0....... | 60 | 0 | 50 | 5 | 2 | 0 |
| | Subtilis n° 145....... | 60 | 0 | 50 | 40 | 0 | 0 |
| | Toxine seule............. | 120 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Le 59 | Penicillium n° 12....... | 50 | 0 | 50 | 40 | 20 | 0 |
| | » n° 15....... | 50 | 0 | 50 | 40 | 20 | 0 |
| | Actinomyces n° LM....... | 50 | 0 | 50 | 30 | 0 | 0 |
| | » n° R......... | 50 | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 |
| | Subtilis n° 134....... | 50 | 0 | 50 | 20 | 5 | 0 |
| | Toxine seule............. | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Cette différence de résistance des hémolysines α et β aux filtrats de culture des germes antagonistes, s'ajoutant à celle que l'on constate lorsque l'on fait agir le formol ou la chaleur sur ces deux hémolysines, constitue un argument de plus en faveur de la pluralité des hémolysines staphylococciques.

IMMUNOLOGIE. — *Action des sérums cyto-toxiques sur la vitesse de cicatrisation des plaies expérimentales.* Note de MM. **Jean Loiseleur** et **Georges Velley**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le sérum, provenant de lapins préparés par des inoculations intrapéritonéales de broyats de tissu réticulaire de rats accélère considérablement la vitesse de la cicatrisation des plaies expérimentales du Rat.

L'ensemble de 32 expériences différentes montre que la vitesse de cicatrisation est extrêmement sensible à toute une série de stimulus d'origine humorale. Ces substances stimulantes ont été expérimentées soit en *traitement préalable*, l'animal étant préparé par une série de 7 injections pendant les trois semaines qui précèdent le traumatisme expérimental, soit en *traitement curatif* pratiqué postérieurement à ce traumatisme, lequel consiste à pratiquer sur l'animal l'ablation d'un cercle de peau, d'un diamètre de 10 mm pour la Souris et de 25 mm pour le Rat. On mesure tous les jours la surface cicatricielle.

Déjà, le simple traitement préalable de la Souris par des extraits aqueux

de tissus de souris (tissu réticulaire ou tissu embryonnaire) accélère notablement la vitesse de cicatrisation. Le résultat devient plus marqué quand on inocule directement dans le péritoine des broyats provenant de tissu réticulaire de la même espèce (chez le Rat, accélération de 25 % de la vitesse de cicatrisation).

Cette sorte d' « hémo-vaccination » n'est efficace qu'en traitement préalable : au contraire, le sérum, provenant de lapins préparés avec des extraits aqueux de tissus (rat ou souris) ou, ce qui est préférable, par l'inoculation intrapéritonéale du broyat de ces tissus, se prête à un emploi curatif. L'un de nous avait déjà signalé, avec F. Zajdela ([1]), l'action, parfois marquée, du sérum de lapins préparés avec des extraits tissulaires aqueux, mais l'efficacité d'un tel sérum est inconstante, ce qui peut être attribué à la faible concentration de l'antigène amené en solution. Un perfectionnement important de la technique consiste à substituer à cet extrait aqueux l'inoculation intrapéritonéale directe des tissus broyés : le sérum du lapin préparé par une série de ces inoculations possède alors une action constante sur la vitesse de cicatrisation. Le sens de cette action dépend essentiellement de la nature du tissu choisi comme antigène ([2]) : 1° En « traitement curatif », les sérums antiréticulaire ou antiembryonnaire sont les plus actifs. 2° En « préparation préalable », le sérum antiplacentaire est le plus actif. 3° Dans les deux modes d'application précédents (traitement curatif ou préparation préalable), le sérum doit être employé à un taux convenable de dilution, généralement compris entre le 1/25 et le 1/50. 4° Le sérum des lapins préparés soit avec un mélange de glandes à sécrétion interne (thyroïde, hypophyse, surrénale), soit avec l'une seule de ces glandes, exerce toujours un effet inhibiteur très marqué. 5° La spécificité biologique s'observe rigoureusement : le sérum préparé avec des tissus de souris ne manifeste aucun effet sur le rat et réciproquement.

Parmi ces expériences, le traitement curatif pratiqué postérieurement à l'ablation de la rondelle de peau, avec des doses quotidiennes et croissantes ([3]) de sérum antiréticulaire, semble présenter un intérêt particulier. Pour sa préparation, on prélève à un rat la moelle des os longs, la rate, les ganglions cervicaux et le thymus. Ces tissus, tamisés au pilon au travers d'une passoire à mailles serrées, sont mis en suspension dans un volume quintuple de NaCl à 7 ‰ et introduits immédiatement, à l'état frais, dans le péritoine du lapin. On procède à 7 inoculations (0,25 $cm^3$ au début, 2 $cm^3$ à la fin), espacées chacune de 2 à 3 jours. Le sérum est prélevé le 11e jour

---

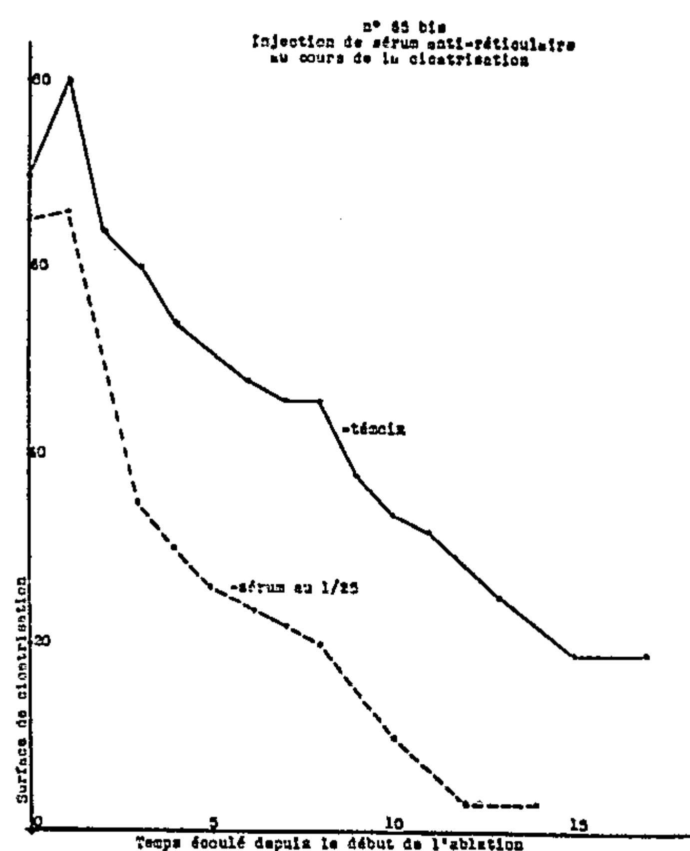
([1]) J. Loisleur et F. Zajdela, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 53.

([2]) Chaque expérience comporte 10 témoins, 10 animaux traités par du sérum de lapin neuf normal et 10 animaux traités par le sérum expérimenté.

([3]) L'injection *quotidienne* de doses croissantes a pour but de s'opposer à la formation d'un anticorps actif : des injections espacées bloqueraient rapidement la cicatrisation.

consécutif à la dernière inoculation. La dilution à imposer au sérum est déterminée par une série d'expériences préalables.

Pour le traitement curatif, le sérum, convenablement dilué, est injecté *tous les jours*, par voie sous-cutanée, pendant une durée de 12 à 15 jours et à doses croissantes (0,05 $cm^3$ pour la 1re injection et 0,55 $cm^3$ pour la 15e).




La courbe montre l'efficacité du traitement sur la vitesse de cicatrisation. L'action du sérum se manifeste immédiatement, dès la première injection; on constate, d'autre part, par rapport aux témoins, une différence considérable dans l'aspect de la plaie.

Dans l'interprétation des faits, l'action cyto-toxique, spécifique au système conjonctif, joue un rôle prépondérant, puisque les sérums antiglandulaires exercent un effet inhibiteur constant. Au contraire, quand il s'agit d'un sérum correspondant à un groupe d'antigènes intéressant le système conjonctif, l'effet accélérateur apparaît. Une hypothèse actuellement acceptable consisterait à admettre, avec Lasfargue et Delaunay (4), que le sérum agit en favorisant la libération de substances possédant les propriétés physiologiques des tréphones; cette interprétation satisferait à la fois à la rapidité d'action du sérum et à la multiplicité des moyens biologiques actifs.

Un tel sérum, suggéré par les travaux de Metchnikoff et de Bogomoletz, et à action curative rapide, peut trouver une application dans le traitement des plaies consécutives à des accidents du travail (brûlures des mineurs, etc.), ou à des actes opératoires.

---

(4) *Ann. Inst. Pasteur*, **73**, 1947, p. 909.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'immunisation de la Jument mulassière par son produit. Lésions utéro-placentaires.* Note de M. **Abel Brion**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions émis l'hypothèse que la jument mulassière, en raison de la structure histologique du placenta chez les équidés, ne pouvait s'immuniser contre son produit, porteur de l'antigène d'espèce baudet, que si un décollement placentaire, générateur d'une hémorragie localisée, permettait la résorption des éléments du sang fœtal vecteurs de l'antigène. Cette hypothèse trouvait un appui dans l'apparition, aux derniers mois de la gestation, d'une montée laiteuse transitoire, annonciatrice de l'établissement ou du renforcement de l'immunité anti-baudet. Et nous pensions que de tels décollements devaient se reproduire au cours des gestations suivantes, en raison de la fragilité de la muqueuse utérine aux endroits précédemment lésés et cicatrisés.

Nous venons de trouver cette lésion sur le placenta des juments immunisées, dites « tachées de jaunisse » parce que leurs muletons contractent, à la naissance, l'ictère hémolytique par absorption des anticorps abondant dans le colostrum.

Alors que normalement, la face externe du chorion est uniformément recouverte de petites villosités régulièrement réparties, on remarque la présence, en nombre variable, 10, 20, et plus, de nodules aplatis, ressemblant vaguement à des cotylédons, ronds ou ovalaires, épais de 0,5 à 1,5 cm; leur dimension peut atteindre et dépasser celle d'une pièce de 5 francs. On les sépare facilement, par traction, de la muqueuse sous-jacente, dont ils entraînent une partie plus ou moins importante selon la solidité de leur adhérence. Sectionnés, ils se montrent constitués par une matière compacte, tassée, résistante, de coloration noirâtre, qui s'écrase sous le doigt en donnant un magma boueux, dont l'analyse chimique révèle la nature hémoglobinique.

La coupe histologique du placenta à leur niveau permet de mettre en évidence la structure suivante. L'allantoïde, intimement accolée au chorion est normale, avec de très gros vaisseaux gorgés de sang; elle se continue insensiblement avec le tissu conjonctif lâche chorial contenant les capillaires embryonnaires. La zone festonnée des massifs villeux est en contact étroit avec la masse constituant le nodule. Celle-ci est amorphe, avec quelques plages hyalines; elle est à base d'une substance acidophile granuleuse parsemée par de nombreux éléments cellulaires, dans lesquels on reconnaît une minorité de plynucléaires, et une majorité de cellules macro-

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1614.

phages; quelques hématies, à contour déchiqueté persistent. Le tout est parsemé d'innombrables particules de pigments ferrugineux.

Il s'agit donc bien d'un caillot sanguin en voie de digestion macrophagique sans aucune tendance à l'organisation conjonctive, et ancien d'au moins plusieurs semaines.

Ce caillot est le reliquat d'un décollement utéroplacentaire, localisé et multiple. Il est incontestable que cette lésion est favorable à un passage de l'antigène baudet et à sa résorption par l'utérus, car, au moment où elle se produit, la barrière histologique normale n'existe plus dans son intégrité entre l'organisme maternel et la circulation fœtale. Son existence appuie donc fortement notre hypothèse, précédemment rappelée, sur le mécanisme de l'immunisation de la jument mulassière, conditionnée par un trouble de la gestation sans doute banal en son origine, ce qui, d'autre part, expliquerait le pourcentage relativement faible des juments tachées de jaunisse.

La séance est levée à 15 h 50 m.

R. C.

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 19 mars 1951.)

Note présentée le 5 mars 1951, de M. *Eugène Lewartowicz*, Étude théorique de la surtension dans les systèmes oxydo-réducteurs :

Page 1208, figures 1 et 2, *au lieu de* $E = f(x)$, *lire* $E = \varphi(x)$ et *au lieu de* $E' = \varphi(x)$, *lire* $E = f(x)$.

(*Comptes rendus* du 21 mai 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Jean Laval*, Élasticité des cristaux :

Page 1947, 9e ligne et page 1948, 4e ligne, *au lieu de* W, *lire* $W^2$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 11 JUIN 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** rend compte à l'Académie de la cérémonie qui eut lieu samedi dernier à l'Haÿ-les-Roses pour l'inauguration d'une inscription à la mémoire d'**Eugène Chevreul**, apposée à l'entrée de la propriété en laquelle il habita. Des allocutions ont été prononcées par M. le Maire de l'Haÿ-les-Roses, président du Comité Chevreul, par M. Javillier au nom de l'Académie des Sciences, par M. Em. André au nom de l'Académie d'Agriculture, par M. L. Fage au nom du Muséum. Avant cette cérémonie, avait eu lieu l'inauguration d'une exposition d'histoire locale, qui comportait notamment quelques souvenirs du grand chimiste.

MÉTALLOGRAPHIE. — *L'essai de fluage envisagé comme procédé d'analyse physicothermique*. Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Xavier Waché**.

Si les courbes « allongement-temps », tracées durant l'essai de fluage sous charge et à température constantes, ont un pouvoir de résolution assez élevé pour autoriser la détermination des vitesses par dérivation graphique, la méthode est propre à révéler et à étudier les réactions physicochimiques et structurales qui s'effectuent dans les alliages tenaces à chaud au cours de leur emploi dans les machines thermiques.

Depuis que les progrès des machines thermiques et des synthèses chimiques sous pression ont imposé l'emploi des métaux à des températures qui approchent et même dépassent le seuil des phénomènes visqueux, les méthodes d'investigation et de contrôle propres à guider la conception, l'élaboration, les traitements et les emplois des alliages tenaces à chaud, ont acquis une haute importance scientifique et pratique. Une évidente difficulté tient à la nécessité d'extrapoler dans le temps les résultats d'expériences, dont la durée est généralement fort inférieure à la vie des machines (ordre de 10 000 h). La méthode de beaucoup la plus usitée consiste à

enregistrer, en fonction du temps, l'allongement visqueux d'une éprouvette étirée sous charge et à température constantes.

De tels essais sont devenus courants depuis une trentaine d'années dans l'industrie métallurgique et dans l'industrie mécanique. Mais, dès le début, deux tendances se sont manifestées dans le choix des conditions expérimentales.

Quelques-uns, en France et en Allemagne notamment, ont limité la durée des essais à une valeur relativement courte (ordre de 100 h), mais ont eu recours à des appareils très précis dans la pensée d'obtenir, pour la courbe enrégistrée, une équation aux paramètres numériques assez bien déterminés pour autoriser une extrapolation étendue. L'expérience a infirmé cet espoir. Même dans le cas simple d'un échantillon formé d'une seule phase, métal pur ou solution solide stables, où seuls coexistent l'effet mécanique d'écrouissage et l'effet thermique de recuit, les lois du fluage sont fort complexes et mal connues. La variété des formules proposées pour représenter les courbes allongement-temps suffit à en souligner l'imperfection.

A plus forte raison, est-il illusoire d'escompter la représentation algébrique des allongements dus aux phénomènes complexes, dont les alliages industriels sont fréquemment le siège en service. Aux effets mécaniques et thermocristallins cités s'ajoutent des modifications d'ordre structural : coalescence des agrégats, etc., et d'ordre physicochimique : décomposition de la martensite et de l'austénite résiduelle dans les aciers proprement dits traités, retour partiel du fer $\gamma$ en fer $\alpha$ dans les austénites, précipitation de phase $\sigma$ dans les alliages sidérurgiques riches en chrome, précipitation ou remise en solution d'un constituant dur dans les alliages à durcissement structural, etc. Il faut même ajouter les contaminations chimiques de l'alliage au contact de l'atmosphère. La complication est d'autant plus grande que, selon un fait bien connu à l'étude duquel nous avons contribué [1], ces réactions d'instabilité sont nettement plus actives dans un alliage en train de se déformer qu'en l'absence de toute contrainte mécanique.

D'autres expérimentateurs, principalement en Angleterre et aux États-Unis, ont admis d'emblée les essais de longue durée (ordre de 1000 h), mais se sont d'abord contentés de mesures extensométriques assez approximatives. Leur technique se borne à évaluer, pour la température choisie et pour différentes charges, le temps au bout duquel l'éprouvette subit un allongement relativement notable : 0,1 ; 1 et 5 %, puis se rompt. Comme les courbes construites avec le logarithme de ces durées et la charge possèdent, *a priori*, une longue inflexion, leur remplacement par la tangente inflexionnelle fournit une extrapolation relativement sûre, *sous la réserve expresse*

[1] *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 261 et 877.

*que nulle modification physicochimique ou structurale du métal n'intervienne pour accélérer le fluage.* C'est précisément afin de contrôler cette stabilité que les métallographes de la même École se rallient maintenant à une technique propre à faire apparaître le seuil de l'accélération.

La présente Note vise précisément à souligner l'intérêt scientifique et pratique de surajouter la longue durée des expériences, la précision du réglage thermostatique et l'exactitude de l'enregistrement de manière à caractériser, par les variations de la vitesse, les moindres réactions d'instabilité dont le métal peut être le siège au cours du fluage.

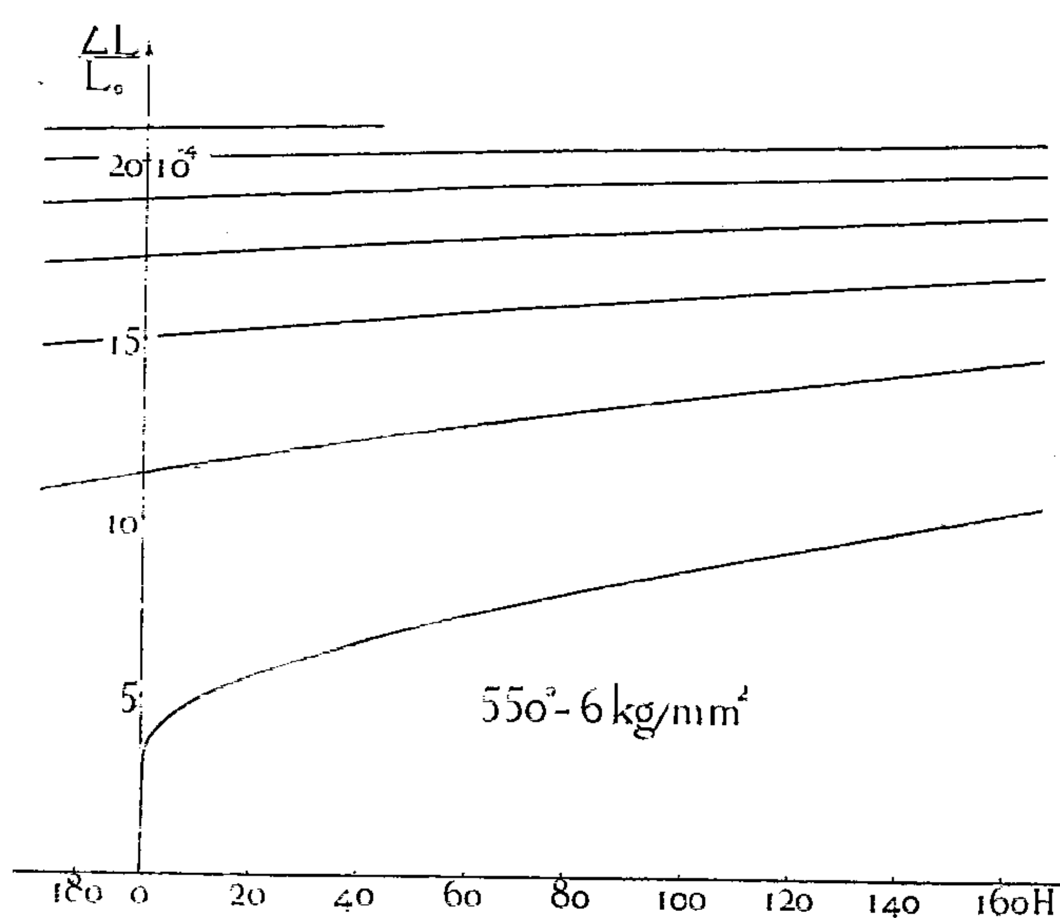



Fig. 1. — Fluage d'un acier : C 0,06; Si 1,7; Cr 6,8; Mo 1,2; V 0,5 %. Trempé à 1000° et revenu à 800°.

Les expériences entreprises à Imphy dans ce but, et dont la durée a parfois dépassé 1500 h, ont été effectuées avec une machine à enregistrement graphique dont l'amplificateur à deux leviers, à servo-moteur et à contact glissant, a un grandissement égal à 1000 ([2]). La température, maintenue constante par un régulateur à fil dilatable, n'éprouve que des fluctuations rapides à peine supérieures au 1/10 de degré, et la correction périodique de la dérive assure la constance thermique à mieux que 1 degré près. Les courbes allongement-temps sont assez fines (*fig.* 1) pour supporter en tout point la détermination graphique de la dérivée : d'où construction du diagramme doublement logarithmique vitesse-temps, dont la figure 2 donne des exemples.

Les courbes de cette dernière figure prouvent clairement le gain de sensibilité conféré par la dérivation, car elles accusent des singularités pratique-

([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 107.

ment invisibles sur les primitives enregistrées. La chute de vitesse observée sur la courbe 1 au bout de 300 h a pour cause probable un changement dans la répartition des additions entre les phases ferrite et carbure, tandis que l'accélération visible sur la courbe 2 est due à une précipitation de phase σ.

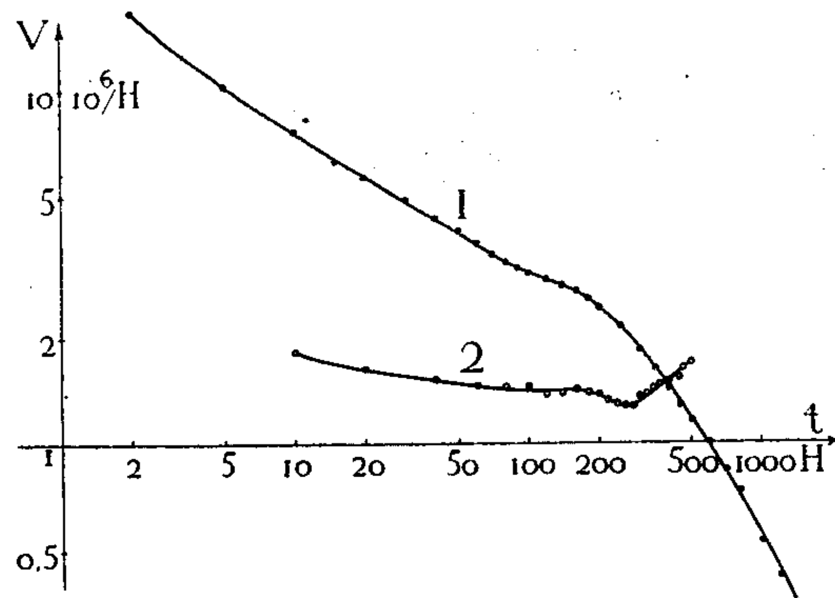



Fig. 2. — Courbes « vitesse-temps » construites en coordonnées logarithmiques.
1 est obtenue par élaboration de la figure 1;
2 concerne un alliage austénitique : Co, 15; Ni 14; Cr 16; Mo 3,4%, hypréalablement pertrempé à 900° dans l'air.

Ainsi mise en œuvre, *l'analyse thermomécanique par fluage vient se classer parmi les méthodes d'analyse physicothermique, pour devenir un cas particulier de la dilatométrie en condition isotherme.* La fécondité de cette dernière technique a été amplement démontrée par les lumières qu'elle a projetées sur le mécanisme physicochimique des revenus et des trempes isothermes. Nous espérons, par nos essais, apporter de nouvelles précisions quantitatives sur l'accélération imposée par la déformation mécanique des alliages à leurs réactions d'instabilité.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez l'*Onosma nanum *DC.* (O. decipiens *Schott et Kotschy*). Note (*) de M. **René Souèges.**

L'embryon de l'*Onosma nanum* présente avec celui du *Cerinthe minor* les plus étroites analogies; les irrégularités sont plus prononcées; elles ont pu être mieux définies. Certaines, relatives à la direction des parois dans les cellules inférieures des formes jeunes, rappellent, à une ou deux générations près, la disposition primitive des deux blastomères inférieurs dans la tétrade globuleuse des Anchusées.

Pierre Crété (1), tout dernièrement, a très nettement dégagé les traits communs que présentent, dans l'histoire du développement de leur embryon,

(*) Séance du 4 juin 1951.
(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1689.

les principaux genres des Anchusées. Cette tribu est, à juste titre, considérée comme la plus représentative de la famille; ses caractères embryogéniques peuvent servir à définir le type embryonomique général des Boragacées. La tribu des Lithospermées, de la même sous-famille de Boraginoïdées, n'offre pas la même homogénéité embryogénique, puisque les trois genres (*Myosotis*, *Lithospermum*, *Cerinthe*) étudiés jusqu'ici ont déjà montré de profondes différences dans les processus qui président à la construction de l'embryon, l'un, avec le *Myosotis hispida* ([2]) représentant un type embryonomique bien distinct de tous les autres dans la série des Angiospermes, le deuxième, avec le *Lithospermum arvense* ([3]), se rattachant à l'archétype du *Chenopodium Bonus-Henricus*, le troisième, avec le *Cerinthe minor* ([4]), offrant d'étroits rapports avec le type fondamental du *Geum urbanum*. Les *Onosma*, par le nombre de leurs espèces, sont, dans la tribu, un genre dont l'importance dépasse de beaucoup celle des trois précédents. Il n'était pas sans intérêt de savoir s'il offrirait des nouvelles divergences ou s'il se rapprocherait, au contraire, de l'un ou de l'autre des trois autres genres d'une manière plus ou moins parfaite.

La tétrade (*fig.* 1 à 3) et le proembryon octocellulaire (*fig.* 6) suivent, dans leur mode de construction, des règles identiques à celles qui ont été observées chez le *Cerinthe minor*. A partir du proembryon octocellulaire, les processus de division et les destinées des principaux blastomères, dans les formes les plus régulières, se montrent encore très étroitement comparables à ceux qui ont été établis au sujet du *Cerinthe*. Les quadrants, disposés en tétraèdre donnent naissance à la partie cotylée, l'un d'eux se différenciant en épiphyse; l'étage bicellulaire *m* (*fig.* 6) engendre quatre cellules circumaxiales (*fig.* 8, 9), qui, après un certain nombre de divisions longitudinales et transversales (*fig.* 11, 13, 15, 16, 17, 19) produisent la moitié supérieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire le rudiment de la tige hypocotylée; l'étage monocellulaire *n* (*fig.* 6) donne, à son tour, des cellules circumaxiales qui se cloisonnent encore d'abord longitudinalement (*fig.* 15), puis tranversalement (*fig.* 16) et engendrent la partie de l'hypocotyle correspondant au rudiment de la racine; l'étage *n'* (*fig.* 6) procède généralement par cloisons obliques et ce n'est que rarement qu'il se divise en deux éléments nettement superposés *o* et *p*, d'où tirent origine l'hypophyse et les portions médianes de la coiffe.

Ces processus généraux subissent de profondes variations qui peuvent apparaître de très bonne heure. Ainsi, l'élément inférieur, *ci*, de la tétrade, se divise parfois obliquement (*fig.* 5 et 9), et, dans ce cas, c'est après formation de nouvelles parois obliques dans les deux éléments *n* et *n'* que se constituent les deux étages *o* et *p*; par exemple encore, la cloison séparant *m* de *n* peut être plus ou moins inclinée (*fig.* 7), ce qui entraîne une composition asymétrique de l'assise *m* (*fig.* 10) et une séparation indistincte des deux étages *m* et *n* (*fig.* 14, 18); en outre, les segmentations dans les quadrants peuvent être plus ou moins rapides, d'où résulte une plus ou moins grande avance de développement de la partie cotylée; enfin, dans *ci*, les cloisons peuvent se disposer obliquement

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 726 et 848; *Bull. Soc. bot. Fr*, 70, 1923, p. 385.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2142.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 200.

(*fig.* 5, 9, 10), *n'* participe dans ce cas, à la construction des assises qui engendrent le rudiment de la racine, et sa cellule-fille inférieure seule donne l'hypophyse et les portions centrales de la coiffe.

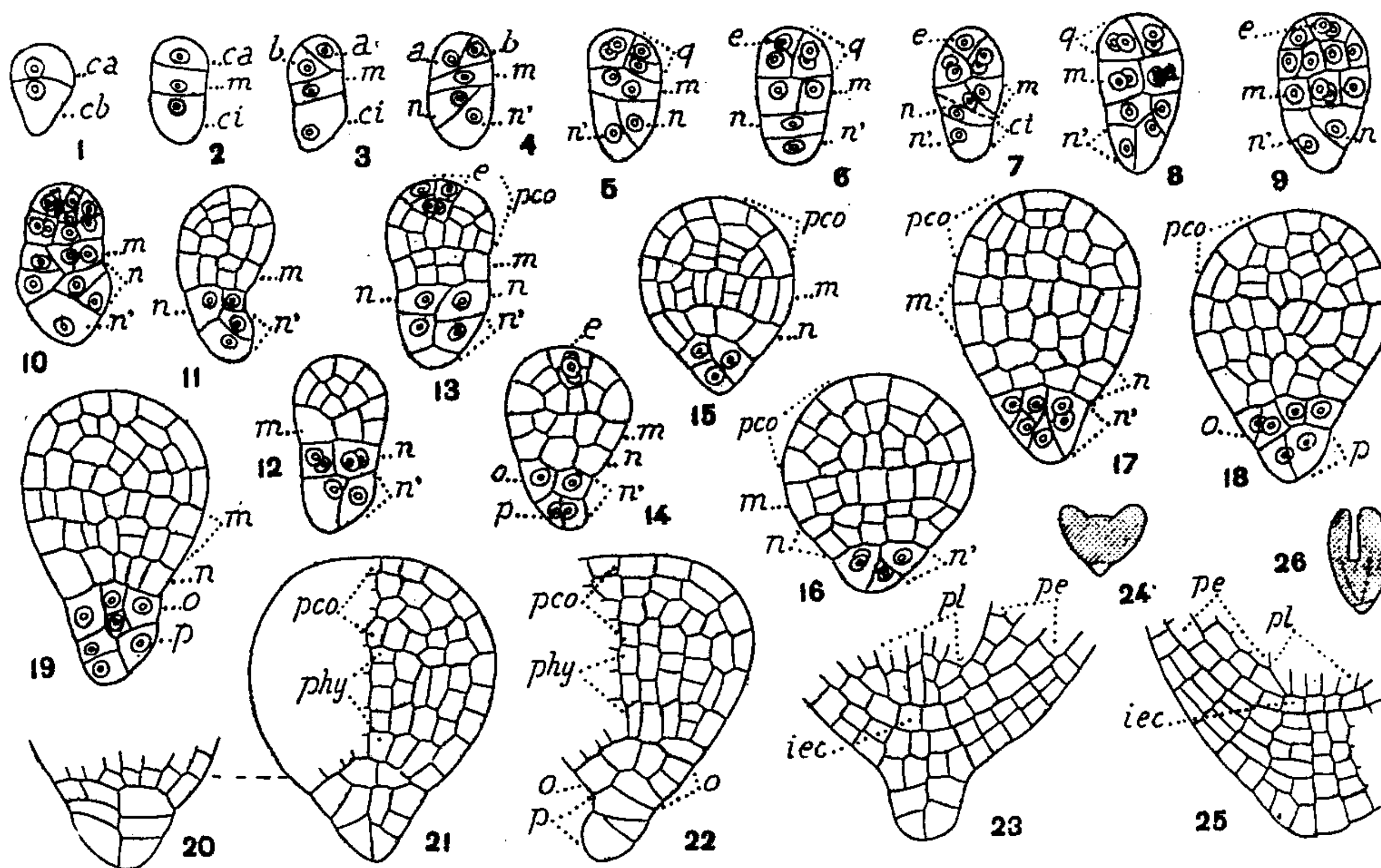


Fig. 1 à 26. — *Onosma nanum* DC. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou rudiment de la tige hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou rudiment de la racine; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *phy*, partie hypocotylée; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 24 et 26, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 23 et 25. G. = 290; 30 pour la figure 24; 16 pour la figure 26.

Les figures 15 à 22 permettent d'assister à la construction de ces deux parties de l'extrémité radiculaire aux dépens de *n'* ou de sa cellule-fille inférieure. A la première cloison oblique succèdent d'autres parois elles-mêmes inclinées qui font apparaître les deux étages *o* et *p* (*fig.* 19); en *o* se produisent des divisions à direction horizontale (*fig.* 19 à 20) qui individualisent supérieurement les initiales du périblème de la racine, tandis que les autres éléments produits par *o* et par *p* concourent à la construction de la coiffe. Au moment de la croissance des cotylédons, l'organisation de l'extrémité radiculaire se montre très régulière (*fig.* 23 à 26).

En somme, on observe les plus grandes analogies entre l'*Onosma nanum* et le *Cerinthe minor*; les deux espèces, dans leurs formes régulières, se rattachent au même type embryonomique fondamental; les proembryons à quatre et huit cellules sont identiques dans les deux cas, à tous points de vue. Néanmoins, de manière plus ou moins précoce, apparaissent des irrégularités, plus accentuées chez l'*Onosma*, auxquelles doivent être rapportées des différences, vraiment essentielles, puisqu'elles entraînent de profondes variations dans les dispositions et les destinées des blastomères. Ces irrégularités rendent très discu-

table le mode de construction d'un grand nombre de formes à partir du stade octocellulaire; celles qui se produisent, à ce même stade et antérieurement par l'orientation oblique des parois dans les cellules inférieures, rappellent la disposition caractéristique de la tétrade globuleuse telle qu'elle se rencontre chez les Anchusées.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie de deux Ouvrages : 1° *Éléments de physique moderne théorique*. III. *Statistiques quantiques*, par Georges Guinier, dont il a écrit la *Préface;* 2° un volume consacré aux réunions d'études et de mises au point tenues sous sa présidence et intitulé : *La Cybernétique. Théorie du signal et de l'information*, par Julien Lœb, Robert Fortet, M. D. Indjoudjian, André Blanc-Lapierre, P. Aigrain, J. Oswald, Dennis Gabor, Jean Ville, Pierre Chavasse, Serge Colombo, Yvon Delbord, Jean Icole, Pierre Marcou, Édouard Picault.

M. **Auguste Chevalier** présente le Tome I de *Flora Malesiana* publié sous la direction du Dr C. G. G. J. Van Steenis. L'Ouvrage, édité en anglais, sous les auspices de la République d'Indonésie, comprendra une vingtaine de volumes. Le Tome I a pour titre : *Malaysian Plant Collectors and Collections* (1950). C'est un volume in-8° de 639 pages, avec 200 illustrations et 3 cartes, dont le principal auteur est M. J. Van Steenis-Kruseman. Dans cet historique de l'exploration botanique de l'Indonésie sont cités, avec une biographie, divers savants français qui furent Membres ou Correspondants de l'Académie des Sciences.

M. **Roger Heim** fait hommage du volume : *État de la protection de la Nature dans le monde en* 1950, que vient de publier l'Union Internationale pour la protection de la Nature, dont il est vice-président.

## DÉSIGNATIONS.

MM. **Albert Pérard**, **Frédéric Joliot**, **Jean Cabannes**, **Georges Darrieus**, **Louis Leprince-Ringuet**, Membres de l'Académie, **Pierre Fleury**, **Francis Perrin**, **Edmond Bauer**, **Georges-Albert Boutry**, **Alexandre Proca**, sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'**Union internationale de Physique pure et appliquée**, qui aura lieu à Copenhague, du 10 au 14 juillet 1951.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres pour la représenter dans le Conseil de perfectionnement de l'**Institut National Agronomique**, en remplacement de MM. *Emmanuel Leclainche* et *Auguste Chevalier*, dont les pouvoirs sont expirés.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Laboratoire National de Radioélectricité*, par Robert Bureau.

2° *Les Huîtres des « bancs naturels » sont seules susceptibles d'assurer la pérennité de l'espèce*, par Gilbert Ranson.

3° Société des Ingénieurs pour la France d'Outre-Mer et les Pays extérieurs. *Techniques d'Outre-Mer*. Revue bimestrielle. Nouvelle série, n° 1.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur une variété algébrique liée à l'étude du groupe* $(E_6)$. Note de M. **Claude Chevalley**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Nous utiliserons les notations de notre Note précédente « *Sur le groupe exceptionnel* $(E_6)$ » [1]. Nous désignerons par $W^*$ l'espace $V^* \times V^* \times E_1^*$ ; si $w = (x, y, a) \in W$ et $w^* = (x^*, y^*, a^*) \in W^*$, nous poserons

$$< w, w^* > = < x, x^* > - < y, y^* > + < a, a^* >.$$

Cette relation permet d'identifier $W^*$ au dual de W. Soit $F^*$ la forme définie sur $W^*$ de la même manière que F sur W :

$$F^*(w^*) = 6x^*y^* \vee a^* + a^* \vee a^* \vee a^*.$$

On constate que, si $s \in G$, l'automorphisme ${}^t s^{-1}$ de $W^*$ laisse invariante la forme $F^*$. L'application $s \to {}^t s^{-1}$ est une représentation $r^*$ de G qui est contragrédiente à la représentation identique $r$, mais qui ne lui est pas équivalente. Soit J un isomorphisme de V sur $V^*$ ; on peut prolonger J en un isomorphisme J de E sur $E^*$, puis associer à J l'isomorphisme $J_1 : (x, y, a) \to (Jx, Jy, Ja)$ de W sur $W^*$. Si $Je = e^*$, J transforme F en $F^*$; il en résulte que l'application $s \to J_1^{-1} . {}^t s^{-1} . J_1$ est un automorphisme A de G. Cet automorphisme n'est pas intérieur. Tout automorphisme de G qui est aussi une application rationnelle de la variété G dans elle-même (ou une application continue si K est le corps

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1991.

des nombres complexes) est ou bien intérieur, ou bien produit par A d'un automorphisme intérieur.

Si $w \in W$, soit $\chi(w)$ la fonction linéaire $w' \to F(w, w, w')$; $\chi$ est donc une application quadratique de W dans W*. Si $s \in G$, on a $\chi(sw) = {}^t s^{-1} . \chi(w)$. Il résulte de cette formule que la représentation $r^*$ est contenue dans le produit tensoriel de $r$ par elle-même, et même dans la partie symétrique de ce produit tensoriel.

Soient $\mathfrak{F}^*$ le cône d'équation $F^* = 0$ dans W* et $\mathfrak{S}^*$ la variété des singularités de $\mathfrak{F}^*$. Pour que $\chi(w)$ appartienne à $\mathfrak{F}^*$, il faut et suffit que $w$ soit dans $\mathfrak{F}$, et $\chi(w)$ est alors dans $\mathfrak{S}^*$; pour que $\chi(w) = 0$, il faut et suffit que $w$ soit dans $\mathfrak{S}$. Par ailleurs, on définit de la même manière que $\chi$ une application quadratique $\chi^*$ de W* dans W; on trouve facilement que $\chi^*(\chi(w)) = (4/3)F(w)w$.

Si $w$ est un point simple de $\mathfrak{F}$, l'hyperplan tangent $T_w$ à $\mathfrak{F}$ en $w$ est le lieu des points $w'$ tels que $< \chi(w), w' > = 0$. Puisque $\chi(w)$ est sur $\mathfrak{S}^*$, les hyperplans tangents à $\mathfrak{F}$ ne dépendent que de 26 paramètres. Chacun d'eux est tangent à $\mathfrak{F}$ en tous les points (simples sur $\mathfrak{F}$) d'un espace vectoriel P de dimension 10. On obtient de cette manière une famille $\mathfrak{P}$ d'espaces vectoriels à 10 dimensions sur $\mathfrak{F}$; ce sont aussi les sous-espaces de W orthogonaux aux variétés linéaires tangentes à $\mathfrak{S}^*$. Par un point simple $w$ de $\mathfrak{F}$ il passe un espace P et un seul de la famille $\mathfrak{P}$; P est l'ensemble des points $w'$ tels que $F(w, w', w'') = 0$ pour tout point $w''$ de $T_w$. C'est donc aussi l'intersection des hyperplans polaires des points de $T_w$ par rapport au cône, lieu des points $w'$ tels que $F(w, w', w') = 0$. L'intersection $P \cap \mathfrak{S}$ est un cône quadratique $Q_P$ de dimension 9 qui n'a pas d'autre point multiple que son sommet. Il existe sur $Q_P$ deux familles d'espaces vectoriels de dimension 5. Ces deux familles jouent des rôles différents par rapport à $\mathfrak{S}$ : les espaces de l'une des familles, soit $\Sigma_P$, sont contenus dans des sous-espaces vectoriels maximaux de dimension 6 de $\mathfrak{S}$, tandis que ceux de l'autre famille, soit $\Sigma'_P$, sont eux-mêmes des sous-espaces vectoriels maximaux de $\mathfrak{S}$. On obtient ainsi deux familles algébriques irréductibles $\mathcal{L}_6$ et $\mathcal{L}_5$ de sous-espaces vectoriels de $\mathfrak{S}$, les espaces de $\mathcal{L}_p$ étant de dimension $p (p = 5, 6)$. Tout sous-espace vectoriel de $\mathfrak{S}$ est contenu dans un espace de l'une ou l'autre de ces familles. Les éléments de chacune des deux familles sont permutés transitivement entre eux par les opérations de G. Tout espace de $\mathcal{L}_6$ rencontre toutes les variétés linéaires tangentes à $\mathfrak{S}$, mais il n'en est pas ainsi des espaces de $\mathcal{L}_5$.

Soit $w_1$ un point de $\mathfrak{S}$ non situé dans T, et soit $L_1$ la variété linéaire tangente à $\mathfrak{S}$ en $w_1$. Si M appartient à la famille $\Sigma_P$, l'espace N(M) de la famille $\mathcal{L}_6$ qui contient M rencontre $L_1$ suivant un espace de dimension 1 contenu dans $L_1 \cap T_w \cap \mathfrak{S}$. Réciproquement, tout point $\neq 0$ de $L_1 \cap T_w \cap \mathfrak{S}$ appartient à un et à un seul des espaces N(M), $M \in \Sigma_P$. Le cône $L_1 \cap T_w \cap \mathfrak{S}$ est de dimension 11; il définit une variété projective de dimension 10 dans un espace projectif à 15 dimensions (car $L_1 \cap T_w$ est de dimension 16). On

voit que cette variété est en correspondance birationnelle biunivoque avec la variété des espaces de la famille $\Sigma_P$, donc aussi avec l'une des deux variétés d'espaces linéaires de dimension 4 sur une quadrique projective de dimension 8.

On peut retrouver ce résultat en se plaçant à un autre point de vue. Soit D le groupe des opérations $s$ de G qui laissent $w_1$ fixe et dont les transposées laissent $w$ fixe. Si l'on associe à tout $s \in D$ sa restriction $s'$ à l'espace P, on obtient une représentation de D *sur* le groupe orthogonal à 10 variables qui laisse fixe une forme quadratique sur P nulle sur le cône $Q_P$. Le noyau de cette représentation est d'ordre 2; l'algèbre de Lie $\mathfrak{d}$ de D est donc de type $(D_5)$. Les opérations de D transforment en lui-même l'espace $L_1 \cap T_w$; leurs restrictions à cet espace fournissent une représentation du groupe D par les demi-spineurs. Les sous-espaces de dimension 1 de $L_1 \cap T_w$ trouvés plus haut sont ceux qui sont engendrés par des spineurs simples, et l'on retrouve la représentation par des spineurs des variétés linéaires sur une quadrique. Si l'on désigne par $s_1$ l'opération distincte de l'identité du noyau de la représentation $s \rightarrow s'$, le groupe des opérations de G qui commutent avec $s_1$ est le produit direct de D et d'un groupe à un paramètre.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *A propos d'un Mémoire récent* (1) *de M. Noshiro : Nouvelles* (2) *applications de sa méthode.* Note de M. **Michel Hervé**, présentée par M. Paul Montel.

Le nombre maximum de valeurs exceptionnelles (au sens de Picard) d'une fonction méromorphe dans D, au voisinage d'un point-frontière $\zeta_0$ de D, contenues dans une composante connexe $\Omega$ de $(\Delta - \Gamma_E)(\zeta_0)$, est précisé par une méthode déjà appliquée (1) au cas où D est simplement connexe, lorsque : 1° E est dénombrable; 2° chaque point de E appartient à un continu non ponctuel disjoint à D.

*Notations.* — $f(z)$ est méromorphe dans un domaine D, plan, univalent, de frontière C; E est un sous-ensemble de C, de capacité extérieure nulle, $\zeta_0 \in E$; $\Delta(\zeta_0)$ est l'ensemble d'accumulation de $f(z)$ quand $z \rightarrow \zeta_0$, $z \in D$; $\Gamma_E(\zeta_0)$ est celui de $\Delta(\zeta)$ quand $\zeta \rightarrow \zeta_0$, $\zeta \in C - E$; $\Gamma(\zeta_0)$ est écrit pour $\Gamma_{\zeta_0}(\zeta_0)$; $R(\zeta_0)$ est l'ensemble des valeurs prises par $f(z)$ en des points arbitrairement voisins de $\zeta_0$, $A(\zeta_0)$ celui des valeurs asymptotiques de $f(z)$ au point $\zeta_0$ (3).

On sait : *a.* que toute valeur appartenant à $(\Delta - \Gamma_E - R)(\zeta_0)$ est valeur asymptotique de $f(z)$ en un point de E arbitrairement voisin de $\zeta_0$ (4);

(1) *J. Math. Soc. Japan*, 1, 1950, p. 275.

(2) A ma connaissance; mais de nombreux périodiques japonais récents manquent à Paris.

(3) $\Delta(\zeta_0)$, $\Gamma(\zeta_0)$, $\Gamma_E(\zeta_0)$, $R(\zeta_0)$, $A(\zeta_0)$ sont souvent notés $S_{\zeta_0}^{(D)}$, $S_{\zeta_0}^{(C)}$, $S_{\zeta_0}^{*(C)}$, $R_{\zeta_0}^{(D)}$, $\Gamma_{\zeta_0}^{(D)}$.

(4) K. Noshiro, *Jour. Fac. Sc. Hokkaido*, 6, 1938, p. 217.

*b.* que, sauf si $\Gamma_E(\zeta_0)$ est vide et $\Delta(\zeta_0)$ réduit à un point, $(\Delta - \Gamma_E)(\zeta_0)$ est ouvert ([5]);

*c.* que l'ensemble des valeurs exceptionnelles [c'est-à-dire $\notin R(\zeta_0)$] contenues dans une composante connexe $\Omega$ de $(\Delta - \Gamma_E)(\zeta_0)$ est de capacité nulle ([6]);

*d.* que, si D est simplement connexe, cet ensemble comprend au plus deux points ([1]);

*e.* qu'il en est de même si E est réduit au point $\zeta_0$ ([7]).

Les points $\zeta$ de E tels que $\Gamma_E(\zeta)$ soit vide et $\Delta(\zeta)$ réduit à un point forment un ensemble $E_1$ qui, ajouté à D, constitue un nouveau domaine $D_1$ où $f(z)$ est encore méromorphe ([8]). Si U est un domaine tel que $\overline{U} \subset \Omega$ et $r$ assez petit pour que $|\zeta - \zeta_0| \leqq r$ et $\zeta \in C - E$ entraînent $\overline{U}$ et $\Delta(\zeta)$ disjoints, alors (propriété *b*), pour tout $\zeta \in E$ tel que $|\zeta - \zeta_0| < r$, on a, soit $\zeta \in E_1$, soit $\Delta(\zeta) \supset \overline{U}$ [ce que nous noterons $\zeta \in E(U)$], soit U et $\Delta(\zeta)$ disjoints. Si $\zeta_0 \notin E'_1$, alors, pour deux domaines $U_1$, $U_2$, tels que $\overline{U}_1$ et $\overline{U}_2$ soient contenus dans la même $\Omega$, les ensembles $E(U_1)$, $E(U_2)$ coïncident au voisinage de $\zeta_0$, et par suite $(\Gamma - \Gamma_E)(\zeta_0)$, s'il n'est pas vide, est la réunion de certaines $\Omega$, donc ouvert; il n'en est plus ainsi si $\zeta_0 \in E'_1$.

La démonstration de *d* par M. Noshiro ([1]) établit l'incompatibilité des conditions suivantes :

*f.* Une $\Omega$ contient un domaine de Jordan U et sa frontière L, U contient les points $w_0$, $w_1$; D contient un domaine *simplement connexe* $\delta$ dont la frontière (à l'exception peut-être d'un ensemble *fermé* de points de D) ne comprend que des points de E et des points de D où $f(z) \in L$; $f(\delta) \subset U - w_0 - w_1$; $\delta$ contient un arc de Jordan $\gamma$ aboutissant en un point de E et sur lequel $f(z) \to w_0$.

De cet énoncé négatif, on déduit facilement *e* et même :

THÉORÈME 1. — *Si* E *est dénombrable, l'ensemble des valeurs exceptionnelles contenues dans une* $\Omega$ *comprend au plus deux points si* $\zeta_0 \notin E'_1$, *est au plus dénombrable si* $\zeta_0 \in E'_1$.

Dans le premier cas, on imagine trois valeurs exceptionnelles $w_0$, $w_1$ dans U, $w_2$ sur L; l'arc $\gamma$ s'obtient en appliquant *a*, soit au point $\zeta_0$ (cas $E = \zeta_0$), soit en un point *isolé* $\zeta$ de E(U) assez voisin de $\zeta_0$ (cas E dénombrable); la composante connexe $\delta$, contenant $\gamma$, de l'intersection de D, de $f^{-1}(U)$ et d'un cercle ouvert de centre $\zeta_0$ ou $\zeta$, de rayon $r$, est simplement connexe pour $r$ assez petit.

THÉORÈME 2. — *Si chaque point de* E *appartient à un continu non ponctuel disjoint à* D, *chaque* $\Omega$ *contient au plus quatre valeurs exceptionnelles.*

On en imagine cinq, soit $w_0$, $w_1$, $w'_0$, $w'_1$, $w_2$, avec deux domaines de Jordan,

---

([5]) M. TSUJI, *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, 19, 1943, p. 60.

([6]) S. KAMETANI, *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, 17, 1941, p. 429.

([7]) K. KUNUGUI, *Jap. Jour. Math.*, 18, 1942, p. 1.

([8]) R. NEVANLINNA, *Eindeutige analytische Funktionen.*

U contenant $w_0$, $w_1$, U' contenant $w'_0$, $w'_1$, dont les frontières L, L' ont l'unique point commun $w_2$ (tout cela dans $\Omega$); on peut, ou bien réaliser les conditions $f$, ou bien trouver dans D une suite de domaines $\delta_n$ tels que : $\delta_n$ est disjoint à $\delta_{n-1}$ et intérieur à une courbe fermée simple $l_{n-1}$ tracée dans $\delta_{n-1}$, $f(\delta_{2p+1}) \subset U$, $f(\delta_{2p}) \subset U'$; alors, si $k_n$ est le continu formé de $l_n$ et son intérieur, $\cap k_n$ est réduit à un point $\zeta_1$ de E, d'où contradiction.

Si l'on abandonne l'hypothèse faite sur E, le raisonnement met simplement en évidence un point $\zeta_1$ de E tel que $A(\zeta_1)$ contienne au plus le point $w_2$; si même $\Omega$ contient une sixième valeur exceptionnelle $w'_2$, on peut prendre L et L' disjointes et affirmer que $A(\zeta_1)$ est vide. Ainsi :

THÉORÈME 3. — *Si une $\Omega$ contient cinq valeurs exceptionnelles, $\zeta_0$ est point d'accumulation de points $\zeta_1$ de E tels que $A(\zeta_1)$ contienne au plus un point, ou même soit vide si $\Omega$ contient six valeurs exceptionnelles et $\zeta_0 \notin E'_1$.*

Reste à savoir si les théorèmes 2 et 3 ne peuvent être améliorés.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de Kuttner.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Généralisation du théorème de Kuttner. L'hypothèse de la convergence de la série trigonométrique et de la sommabilité (C, 1) de la série conjuguée sur un ensemble E de mesure positive, peuvent être remplacées par les sommabilités (C, $p$) et (C, $q$) respectivement ($q > p$). La série conjuguée est alors presque partout sur E sommable (C, $p$) moyennant une condition portant sur les coefficients $a_k$ et $b_k$, plus générale que $a_k = o(1)$, $b_k = o(1)$.

On connaît le théorème de Kuttner [1] : *Si une série trigonométrique converge et si la conjuguée est sommable* (C, 1) *sur un même ensemble* E *de mesure positive, la conjuguée converge presque partout sur* E.

L'objet de cette Note est d'indiquer un résultat plus général où interviennent les sommations (C, $p$) (moyennes de Cesaro d'ordre $p$).

Soit (S) $\sum_{k=1}^{\infty} u_k$ une série numérique, $g(u)$ une fonction sommatoire que nous supposons nulle pour $u < 0$ et $u > 1$ et telle que $g(0) = 1$, $g(1) = 0$. $g(u)$ définit un procédé de sommation de (S) et l'on considère les sommes

$$T_n(g) = \sum_{k=1}^{n} g\left(\frac{k}{n}\right) u_k,$$

que nous écrivons $T_n(g, x)$ lorsque $u_k$ est fonction de la variable (réelle) $x$. Nous appelons un tel procédé « *procédé* ($g$) » ou « *procédé* $[T_n(g)]$ » ou « ($g$) ».

---

(1) *Journal of London Mathematical Society*, 12, 1935, p. 131. *Voir*, par exemple : Hardy et Rogosynski, *Fourier Series* (*Cambridge Tracts*, n° 38, p. 82).

Nous disons pour abréger « le procédé $(g)$ converge » ou bien « (S) est sommable $(g)$ » au lieu de « les sommes $T_n(g)$ ont une limite finie pour $n\infty$ » et « les procédés $(g)$ et $(g_1)$ sont équivalents » au lieu de « les sommes $T_n(g)$ ont une limite finie pour $n\infty$, si, et seulement si, les sommes $T_n(g_1)$ ont même limite ».

Rappelons que les procédés $(C, p)$ et $(1-u)^p$ sont équivalents. Voici quelques lemmes qui nous ont servi.

*Soit*

$$S_k=\sum_{m=1}^{k} u_m.$$

1° *Soit*

$$S_n^p=\frac{\sum_{k=1}^{n} C_{k+p-2}^{p-1} S_k}{C_{n+p-1}^{p}};$$

[*ce procédé de sommation est défini avec les mêmes coefficients que les procédés* $(C, p)$]. *Nous nous bornerons à p entier* $>0$.

*Si* $(S_n^p)$ *converge*, $(1-u)$ *converge vers la même limite.*

2° *Si* $(1-u)$ *converge, tout procédé* $(g)$ *converge dès que* $g''$ *est bornée* (*résultat bien connu*);

3° *Si* $(1-u)^p$ *converge*, $(S_n^p)$ *converge vers la même limite*. D'où l'on déduit : *les procédés* $(1-u)^p$ *sont tous équivalents* $(p\geqq 1)$.

4° *Si* $(1-u)^p$ *converge, tout procédé* $(g)$ *tel que* $u=1$ *soit zéro d'ordre p au moins de* $g(u)$ *converge vers la même limite* ($g^{(p+1)}$ étant bornée).

Soit alors

$$\text{(T)}\qquad \sum_{k=1}^{\infty} A_k(x),\qquad A_k(x)=a_k\cos kx+b_k\sin kx,$$

$$\text{(T}^*\text{)}\qquad \sum_{k=1}^{\infty} A_k^*(x),\qquad A_k^*(x)=b_k\cos kx-a_k\sin kx.$$

On peut déterminer un nombre fini $m$ de constantes $\alpha_\nu$ telles que le procédé $g(u)=(1-u)^p\left[1-\sum_{\nu=1}^{m}\sin\alpha_\nu u\right]$ admette $u=1$ pour zéro d'ordre $q$ au moins $(q>p)$, $q$ étant un entier $>0$ donné. On peut par exemple partir de $\gamma_1(t)=1-\cos\pi t/2$, où $t=1-u$ et utiliser les différences $\Delta_{2p}$ qui nous ont déjà servi : $\gamma_2(t)=\gamma_1(t)-2^2\gamma_1(t/2)$, $\gamma_4(t)=\gamma_2(t)-2^4\gamma_2(t/2)$, etc.

On a alors

$$(1)\quad \sum_{\nu=1}^{m} T_n\left[(1-u)^p,\, x+\frac{\alpha_\nu}{n}\right]=\sum_{\nu=1}^{m} T_n[(1-u)^p\cos\alpha_\nu u,\, x] + T_n^*[(1-u)^p,\, x]-T_n\left[(1-u)^p\left(1-\sum_{\nu=1}^{m}\sin\alpha_\nu u\right),\, x\right].$$

On suppose alors (T) sommable (C, $p$) sur un ensemble E de mesure positive et (T·) sommable (C, $q$) sur E pour un certain $q > p$.

Comme dans la démonstration du théorème de Kuttner, on utilise le théorème d'Egoroff. Mais nous sommes amenés à remplacer dans le premier membre de (1) $\alpha_\nu/n$ par $\alpha_\nu/n + h_n^\nu$ où $h_n^\nu = O(1/n^2)$. Lorsque l'on suppose que (T) converge sur E, alors $a_k = o(1)$, $b_k = o(1)$ donc $S'_n(x) = o(n^2)$ uniformément en $x$. Nous sommes donc amenés à supposer que

$$T'_n[(1-u)^p, x] = o(n^2)$$

uniformément en $x$ et pour cela il suffit de supposer que

$$\sum_{k=1}^{n} k\left(1 - \frac{k}{n}\right)^p (|a_k| + |b_k|) = o(n^2).$$

On peut alors énoncer le résultat suivant

**Théorème.** — *Soit* (T) $\sum_1^\infty (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$ *une série trigonométrique telle que pour l'entier* $p \geq 0$, $\sum_{k=1}^{n} k\left(1 - \frac{k}{n}\right)^p (|a_k| + |b_k|) = o(n^2)$ [*Cas particuliers :* 1° $a_k = o(1)$, $b_k = o(1)$; 2° *il existe un entier m tel que* $\sum_{k+1}^{n} k^m (|a_k| + |b_k|) = o(n^{m+1})$].

*Si sur un ensemble* E *de mesure positive,* (T) *est sommable* (C, $p$) *et la série conjuguée* (T·) *sommable* (C, $q$) *au moins pour un entier* $q > p$, *alors* (T·) *est presque partout sur* E *sommable* (C, $p$).

TOPOLOGIE. — *Ensembles boréliens et analytiques dans les espaces topologiques.* Note (*) de M. **Gustave Choquet**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

En vue d'une théorie des fonctions non additives d'ensembles, on définit et l'on étudie la classe des sous-ensembles des espaces séparés engendrée à partir des compacts par réunions ou intersections dénombrables et par applications continues.

Il y a des difficultés à étendre à tout espace topologique E les résultats classiques concernant la représentation paramétrique des ensembles boréliens. Par exemple, dans ce cadre général, tout sous-ensemble de E est l'image continue et biunivoque d'un ouvert d'un espace compact convenable. Pour obtenir des théorèmes intéressants on est donc conduit à introduire des notions nouvelles.

*Définition* 1. — On appelle *corps boréliens* sur un ensemble E, un ensemble $\mathcal{B}$

(*) Séance du 28 mai 1951.

de parties de E, qui contient l'intersection et la réunion de toute sous-famille *dénombrable* d'éléments de $\mathcal{B}$.

*Définition* 2. — Si E est un espace topologique séparé, on appelle *corps* K-*borélien* de E le plus petit corps borélien $\mathcal{B}(K)$ sur E qui contient tout compact de E.

*Classification des ensembles* K-*boréliens*. — On peut montrer que le corps K-borélien de E est la réunion croissante d'une suite transfinie de type $\Omega$ de classes

$$K_0, \quad K_1, \quad \ldots, \quad K_\alpha, \quad \ldots \qquad (\alpha < \Omega),$$

où 1° $K_0$ désigne l'ensemble des compacts de E; 2° $K_\alpha$ désigne l'ensemble des intersections (resp. réunions) dénombrables d'éléments appartenant à des $K_\beta$ où $\beta < \alpha$ si $\alpha$ est pair (resp. impair), les nombres $\alpha$ limites étant considérés comme pairs.

On désignera les classes à indices finis par K, $K_\sigma$, $K_{\sigma\delta}$, ... et l'on dira par exemple, pour abréger, qu'un ensemble est un $K_{\sigma\delta}$ s'il appartient à la classe $K_{\sigma\delta}$.

*Remarques immédiates*. — 1° Toute réunion ou intersection finie d'ensembles $K_\alpha$ est un $K_\alpha$. Toute intersection (resp. réunion) dénombrable d'ensembles $K_\alpha$ est un $K_\alpha$ si $\alpha$ est pair (resp. impair);

2° tout ensemble K-borélien est sous-ensemble d'un $K_\sigma$ de E. Ceci implique par exemple que si E est métrique complet et séparable, tout ensemble borélien (au sens classique) de E n'est pas un K-borélien.

THÉORÈME 1. — *Si* E *est séparé, tout* K-*borélien de* E *est l'image continue d'un* $K_{\sigma\delta}$ *d'un espace compact.*

*Plus précisément, si* A *est un* K-*borélien de* E, *il existe un espace compact* F, *un* $B \subset F$ (*où* B *est un* $K_{\sigma\delta}$ *de* F), *et une application continue* $f$ *de* B *dans* E *telle que :*

1° $f(B) = A$;

2° *l'image réciproque* $f^{-1}(x)$ *de tout point* $x$ *de* A *soit finie ou dénombrable* [*en abrégé,* A *est une image continue* ($\aleph_0$-1) *de* B].

*Remarques*. — 3° Dans la théorie classique, ce sont certains $G_\delta$ qui jouent le rôle de nos $K_{\sigma\delta}$; le succès de la théorie classique résulte de ce que ces $G_\delta$ sont des $K_{\sigma\delta}$.

4° Dans la théorie classique, on démontre un résultat plus précis que le nôtre, à savoir que l'application $f$ peut être choisie biunivoque. Nous allons voir (théorème 2, $c$) que ceci tient à une particularité des espaces métriques.

*Définition* 3. — On dit que le sous-ensemble A de E séparé est un *ensemble d'unicité* si A est l'image continue et biunivoque d'un $K_{\sigma\delta}$ d'un espace compact.

THÉORÈME 2. — *a. Toute intersection dénombrable d'ensembles d'unicité l'est aussi.*

*b. Toute réunion dénombrable d'ensembles d'unicité disjoints l'est aussi.*

*c. Si* E *est tel que tout* $(K \cap G)$ *(*G *ensemble ouvert) soit un* $K_\sigma$, *tout* K-*borélien de* E *est un ensemble d'unicité.*

*Problèmes.* — 1° Si le sous-ensemble A de E compact est homéomorphe à un K-borélien de classe $K_\alpha$, est-ce que A est K-borélien? et si oui, A est-il de classe $K_\alpha$.

2° Si E est compact, est-ce que tout ensemble d'unicité (ou plus généralement toute image continue $(\aleph_0 - 1)$ d'un $K_{\sigma\delta}$ d'un espace compact) est un ensemble K-borélien de E?

Si les réponses à ces problèmes étaient positives, il serait intéressant de poser, de façon générale :

*Définition* 4. — Dans E séparé on appelle $K_\alpha$ généralisé tout ensemble homéomorphe à un $K_\alpha$ d'un autre espace séparé.

Dans E séparé, on appelle K-borélien généralisé toute image continue biunivoque [ ou $(\aleph_0 - 1)$ ] d'un $K_{\sigma\delta}$ d'un espace compact.

Remarquons qu'il n'est pas certain que tout K-borélien généralisé soit un $K_\alpha$ généralisé.

Dans un espace métrique complet séparable, il y a identité entre la classe des boréliens au sens classique et la classe de nos K-boréliens généralisés.

Ensembles analytiques. — *Définition* 5. — Dans E séparé on appelle ensemble *analytique* toute image continue d'un $K_{\sigma\delta}$ d'un espace compact.

*Propriétés simples.* — Tout K-borélien et tout K-borélien généralisé sont analytiques.

Toute image continue d'un analytique, toute intersection ou réunion dénombrable d'analytiques le sont aussi.

Théorème 3. — *Si* E *est séparé, tout* K-*borélien de* E *(et tout ensemble analytique situé sur un* K-*borélien de* E*) est la projection canonique sur* E *d'un* $K_{\sigma\delta}$ *de l'espace produit de* E *par un espace compact auxiliaire.*

TOPOLOGIE. — *Espaces vectoriels généraux, topologies triangulaires, transformations linéaires généralisées.* Note de M. **Karl Menger**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Des hypothèses classiques concernant la norme $|v|$ d'un vecteur $v$ on ne retient que $|av| = a|v|$ pour $a > 0$. Outre la topologie classique « elliptique » on étudie des topologies paraboliques, hyperboliques et dégénérées. Une transformation $f$ est appelée linéaire si elle est continue et additive au sens suivant : on a $f(v + w) = f(v) + f(w)$ pourvu que $|v|$, $|w|$, $|v + w|$ aient le même signe.

Dans un espace vectoriel, nous entendons par *norme générale*, un nombre réel $|v|$ associé à tout vecteur $v$ et assujetti à la seule condition que $|av| = a|v|$

pour tout nombre $a$ positif ([1]). Par *corps d'étalonnage* de V nous entendons l'ensemble U de tous les vecteurs $v$ pour lesquels ou bien $|v| \leqq 1$ ou bien $|-v| \leqq -1$. En particulier, U contient donc tous les vecteurs de norme non positive. Si le vecteur zéro est le seul tel vecteur, nous retrouvons la notation de Minkowski.

$v$ et $w$ étant deux vecteurs indépendants, $X_{vw}$ dénotera l'ensemble de tous les vecteurs $av + bw$ tels que $a.b \leqq 0$. Si $|v| \neq 0 \neq |w|$, nous formons la ligne droite $L_{vw}$ joignant les vecteurs $v/|v|$ et $w/|w|$. Si $|v| \neq 0 = |w|$, $L_{vw}$ sera la droite joignant $v/|v|$ et $w$. Si $|v| = 0 = |w|$, nous entendrons par $L_{vw}$ la droite joignant $v$ et $w$. Nous dirons que U est *projectivement convexe* si pour deux vecteurs indépendants $v$ et $w$ de U, l'intersection de $L_{vw}$ et $X_{vw}$ fait toujours partie de U. D'après un théorème de M. Alt ([2]) généralisant le théorème classique de Minkowski, la convexité projective de U est à la fois nécessaire et suffisante pour l'inégalité triangulaire $|v + w| \leqq |v| + |w|$ soit valable quels que soient $v$ et $w$. Si la condition est satisfaite, nous appellerons V un espace *triangulaire*.

Si, dans un espace triangulaire, zéro est le seul vecteur de norme non positive, nous parlerons d'un espace *défini* ou *elliptique*. Ce sont ces espaces qu'en 1922, Banach, Hahn et Wiener introduisirent indépendamment l'un de l'autre. Si V est un espace vectoriel général triangulaire, nous formons d'abord le sous-espace contenant zéro et tous les vecteurs $v$ dégénérés, c'est-à-dire tels que $v \neq 0$ et $|v| = |-v| = 0$. On peut choisir (en général en plusieurs façons) un sous-espace $V'$ qui est non dégénéré (c'est-à-dire ne contient aucun vecteur dégénéré) et tel que chaque vecteur de V puisse être représenté comme la somme d'un vecteur de $V'$ et d'un vecteur dégénéré.

Soit V un espace triangulaire non dégénéré et non elliptique de dimension finie. L'ensemble de tous les vecteurs de normes non positives est un cône convexe et fermé dont la frontière est formée de vecteurs à norme zéro et dont l'intérieur, s'il n'est pas vide, consiste en vecteurs dont les normes sont ou bien toutes nulles, ou bien toutes négatives. Nous appelons V *semi-défini* ou *parabolique* dans le premier cas, et *indéfini* ou *hyperbolique* dans le second ([3]).

$r$ étant un nombre réel donné, nous formons la sphère $S_r$ de tous les vecteurs de norme $r$. Si V est parabolique, $S_0$ est le cône des vecteurs de normes non positives; et $S_{-1}$ est vide. Si V est hyperbolique, $S_0$ est la surface de ce cône;

---

(1) Les espaces vectoriels aux normes générales s'imposent commes espaces tangentiels des métriques définies par les intégrales $\int f(x, \dot{x})\, dt$. Cf. *Ergebnisse e. math. Kolloquiums*, 8, 1937, p. 1-32.

(2) *Ergebnisse e. math. Kolloquiums*, 8, 1937, p. 32 sq.

(3) *Canadian J. Math.*, 1, 1949.

$S_{-1}$ une surface à l'intérieur du cône et concave vers zéro; tandis que $S_1$ est à l'extérieur de $S_0$ et convexe vers zéro. Les sphères $S_1$ et $S_{-1}$ ont $S_0$ comme asymptote commune. Le plan cartésien des points $(x, y)$ devient hyperbolique si nous posons, par exemple, $|(x, y)| = \max(x, y)$; et parabolique si $|(x, y)| = \max(|x|, y)$ ou $\max(0, x, y)$.

Soit $v_1, v_2, \ldots$ une suite donnée de vecteurs d'un espace vectoriel général. Nous appellerons *ensemble limite* de la suite et nous dénoterons par $\operatorname{Lim} v_n$ l'ensemble de tous les vecteurs $v$ tels que les nombres $|v - v_1|, |v - v_2|, \ldots$ convergent vers zéro. Dans le plan avec la norme $|(x, y)| = \max(|x|, y)$ l'ensemble limite de la suite des vecteurs $(x_n, y_n)$ est non vide pourvu que les nombres $x_n$ convergent vers un nombre fini et que $\liminf y_n > -\infty$. Sous ces conditions l'ensemble limite est un rayon ou une droite selon que $\liminf y_n$ est $< \infty$ ou $= \infty$. L'ensemble limite de la suite des vecteurs $(0, n)$ est la droite $x = 0$.

La topologie d'un espace parabolique ou hyperbolique n'est pas déterminée par $S_0$. Si nous prenons pour $S_0$ le rayon $x = 0, y \leqq 0$, comme dans l'exemple précédant, mais définissons $S_1$ comme la parabole $y = 1 - x^2$, alors l'ensemble limite de la suite des vecteurs $(0, n)$ est le plan entier.

Bien que les topologies paraboliques et hyperboliques diffèrent considérablement de la topologie elliptique des espaces classiques (dont il n'existe qu'un seul type pour chaque dimension finie), la généralité des topologies triangulaires demeure assez restreinte grâce à la condition qu'elles soient compatibles avec une norme triangulaire.

Associons à tout vecteur $v$ de V un vecteur $f(v)$ d'un espace vectoriel généralisé. La transformation $f$ est dite *continue* si pour toute suite $v_1, v_2, \ldots$ telle que $v$ appartienne à son ensemble limite, le vecteur $f(v)$ appartient à l'ensemble limite des vecteurs $f(v_1), f(v_2), \ldots$. Nous dirons que $f$ est une transformation *additive* si $f(v + w) = f(v) + f(w)$ *pourvu que les normes des trois vecteurs* $v$, $w$, $v + w$ *aient le même signe*, c'est-à-dire sont ou bien toutes positives, ou toutes négatives, ou toutes 0. Nous dirons que $f$ est une *transformation linéaire généralisée* si $f$ est continue et additive. Dans le plan hyperbolique avec la norme $|(x, y)| = \max(x, y)$ toute transformation linéaire généralisée est composée : 1° d'une homothétie du premier quadrant qui peut être précédée par un échange des deux rayons qui forment sa frontière; 2° d'une homothétie de chacun des deux rayons qui peut être précédée par un échange; 3° d'une homothétie de la somme des trois autres quadrants. Les rapports des quatre homothéties doivent être liés par des inégalités simples.

MÉCANIQUE. — *Sur l'oscillateur non linéaire de Mathieu.*
Note (*) de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Henri Beghin.

En appliquant le calcul de perturbations à l'équation différentielle non linéaire de Mathieu de la forme $\ddot{x}+[1+\varepsilon(A-Cx^2)\cos 2t]x=0$, on montre que dans la première approximation il existe une solution périodique stable si A et C sont du même signe.

Dans une Note précédente ([1]) il a été montré que certaines équations différentielles (é. d., pour abréger) non linéaires qui se présentent en coordonnées polaires sous la forme

$$\text{(A)} \qquad \frac{d\rho}{dt}=F_1(\rho, \Psi, t); \qquad \frac{d\Psi}{dt}=F_2(\rho, \Psi, t),$$

où $\rho=r^2=x^2+\dot{x}^2$; $\Psi=\operatorname{arct}(\dot{x}/x)$, peuvent être ramenées à la forme classique

$$\text{(B)} \qquad \frac{d\rho}{dt}=f_1(\rho, \varphi); \qquad \frac{d\varphi}{dt}=f_2(\rho, \varphi),$$

à l'aide de la transformation suivante : on remplace l'ensemble continu de points qui définit la courbe intégrale ($\rho$, $\Psi$) par un sous-ensemble de ces points qui correspondent à $t=0, 2\pi, 4\pi, \ldots$. Si la durée du phénomène représenté par (A) est grande par rapport à une période $2\pi$, on traite ce sous-ensemble comme approximativement continu, ce qui revient à remplacer deux suites d'équations aux différences par deux é. d. (B). Si l'on veut se servir d'une analogie physique évidente, cette transformation consiste à remplacer (A) par son *image stroboscopique* (B). L'avantage du système (B) est en ce qu'il réduit la recherche de solutions périodiques stables de (A) à la détermination de points singuliers de (B), ce qui, en général, ne présente pas de difficulté.

Dans cet ordre d'idées, nous avons étudié dans une autre Note ([2]) l'existence de solutions périodiques stables d'une é. d. de la forme

$$\text{(C)} \qquad \ddot{x}+x+\varepsilon[B\dot{x}+Ex^3+(A-Cx^2)x\cos 2t]=0,$$

où B, E, A et C sont des constantes et $\varepsilon$ est un petit paramètre. En annulant une, ou plusieurs, de ces constantes, on a un nombre de cas particuliers.

Le cas où $B=E=0$ présente un intérêt particulier pour les applications et résulte d'une é. d. de la forme

$$\text{(D)} \qquad \ddot{x}+[1+\varepsilon(A-Cx^2)\cos 2t]x=0$$

(*) Séance du 4 juin 1951.
([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1417.
([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1060.

qui peut être envisagée comme une é. d. du genre Mathieu avec le point paramétrique (p. p., pour abréger) variable. Si $C = 0$, c'est une é. d. de Mathieu avec le p. p. $(\varepsilon A, 1)$ dans la zone instable ([3]). On a la même conclusion si $C \neq 0$ mais $x \cong 0$, ce qui montre qu'un oscillateur physique représenté par (D) s'amorce à partir de l'état de repos.

En ramenant (D) à la forme (B), on obtient

$$\text{(E)} \qquad \frac{d\rho}{dt} = \frac{1}{4}\rho(C\rho - 2A)\sin 2\varphi; \qquad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{4}(C\rho - A)\cos 2\varphi.$$

Le point singulier du système (E) est donné par une alternative : soit

$$(C\rho_0 - 2A) = 0, \qquad \cos 2\varphi_0 = 0, \qquad \sin 2\varphi_0 = \pm 1,$$

soit

$$(C\rho_0 - A) = 0, \qquad \sin 2\varphi_0 = 0, \qquad \cos 2\varphi_0 = \pm 1.$$

L'équation en $s$ montre que dans le premier cas (E) a un col et, dans le deuxième, un point singulier stable (un nœud ou un foyer). Donc, c'est ce deuxième cas qui donne une solution périodique stable avec une amplitude $\rho_0 = A/C$ et l'une des phases $\varphi_0 = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$, selon les conditions initiales. Si A et C sont de signes contraires, cette solution n'existe pas, car $\rho_0$ est une quantité essentiellement positive.

On peut montrer que ce résultat peut être prévu, du moins qualitativement, par la théorie linéaire classique : En effet, l'étude graphique basée sur cette théorie ([3]) montre que si l'abscisse du p. p. dans la zone instable décroît, l'exposant caractéristique positif décroît aussi et vice versa. Or, comme cette abscisse est ici $\varepsilon(A - Cx^2)$, on voit que, si A et C sont du même signe et si $x$ croît, il arrive un moment où la valeur moyenne de cet exposant caractéristique s'annule. D'autre part, on sait que si un exposant est nul ([4]), il existe une solution périodique. Le même raisonnement montre que si A et C sont de signes contraires, il n'y a pas de solution périodique. Il est impossible toutefois d'obtenir le résultat que nous avons obtenu en partant du système (B), si l'on reste dans le cadre de la théorie linéaire. Dans la deuxième approximation on trouve qu'à l'état stationnaire le point $\rho$, $\varphi$ décrit une petite courbe fermée autour de sa valeur $\rho_0$, $\varphi_0$ donnée par la première approximation. Cela indique que l'exposant caractéristique oscille aussi pendant la période $2\pi$ autour de sa valeur moyenne nulle. En d'autres mots, il y a des échanges d'énergie entre l'oscillateur et la source, comme, d'ailleurs, cela a lieu dans tous les oscillateurs non linéaires ([5]).

---

([3]) N. W. Mc Lachlan, *Theory and application of Mathieu functions*, Clarendon Press, 1947, p. 98.

([4]) H. Poincaré, *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, **1**, p. 179.

([5]) N. Minorsky, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 60.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *La pression de radiation en acoustique.* Note de M. **Jean Mercier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La notion de pression de radiation est d'origine électromagnétique. Tout corps frappé par un faisceau de radiations subit une pression dite pression de radiation. Réciproquement tout corps qui rayonne est repoussé par le faisceau qu'il émet. Et cette pression est égale à la densité de l'énergie au niveau du corps frappé ou du corps rayonnant.

Par analogie, il doit en être de même en acoustique. Cependant beaucoup de traités sont muets à ce sujet. Ceux qui en parlent supposent souvent que l'on impose à la surface frappée de suivre dans son déplacement une tranche matérielle du milieu dans lequel a lieu la propagation, de façon qu'il n'y ait pas d'ondes réfléchies.

Soient donc des ondes longitudinales et soit $X = X_0 \sin(\omega t - qx)$ le déplacement élémentaire d'une tranche d'abscisse $x$ au repos. La vitesse a pour expression

$$u = \frac{\partial X}{\partial t} = X_0 \omega \cos(\omega t - qx)$$

et la surpression

$$\Delta p = - P \frac{\partial X}{\partial t} = P X_0 q \cos(\omega t - qx),$$

P étant égal à $p\gamma$ si la propagation a lieu dans un gaz.

Le raisonnement que l'on fait est alors le suivant. La surpression au contact de la surface frappée a pour valeur, puisque son abscisse instantanée est $(x+X)$ :

$$\Delta p_1 = PX_0 q \cos[\omega t - q(x + X)],$$

soit en développant :

$$\Delta p_1 = PX_0 q[\cos(\omega t - qx) \cos qX + \sin(\omega t - qx) \sin qX],$$

ou encore en tenant compte de la faible valeur de $qX$ qui est égal à $2\pi X/\lambda$ :

$$\Delta p_1 = PX_0 q \cos(\omega t - qx) + PX_0 X q^2 \sin(\omega t - qx)$$

Le premier terme est la surpression normale, le second serait la pression de radiation $\Delta p' = PX_0 X q^2 \sin(\omega t - qx) = PX_0^2 q^2 \overline{\sin^2}(\omega t - qx)$ avec pour valeur moyenne $PX_0^2 q^2/2$ ou $\rho X_0^2 \omega^2/2$, $\rho$ étant la densité du milieu.

Mais le même raisonnement peut s'appliquer à une tranche matérielle quelconque. Chaque tranche se trouverait être ainsi le siège d'une surpression moyenne $\rho X_0^2 \omega^2/2$. Et c'est cette surpression générale tout au long de l'onde que l'on pourrait alors considérer comme étant la pression de radiation, sans qu'il soit alors nécessaire d'envisager un piston moteur ou une surface absorbante. En outre, il s'agirait d'une pression au sens ordinaire du mot qui

s'exercerait aussi bien sur un obstacle que sur un élément de la paroi latérale d'un tuyau, pourvu que cet élément soit lui-même animé de la vitesse $u$.

D'autre part, la densité de l'énergie a pour expression

$$\frac{1}{2}\rho u^2 + \frac{1}{2}\frac{\Delta p^2}{p^2}, \qquad \text{soit} \quad U = \left[\frac{1}{2}\rho X_0^2 \omega^2 + \frac{P X_0^2 q^2}{2}\right]\overline{\cos}^2(\omega t - qx) = \rho X_0^2 \omega^2 \overline{\cos}^2(\omega t - qx).$$

Les valeurs moyennes de $\Delta p'$ et de U sont bien les mêmes, mais non leurs valeurs instantanées, puisqu'elles sont respectivement régies par un $\overline{\sin}^2$ et un $\overline{\cos}^2$. Elles ne sont donc pas égales et le raisonnement fait n'est pas correct. En fait il pêche par la base.

Pour établir l'équation de propagation, en effet, on considère une tranche matérielle limitée au repos par deux plans d'abscisses $x$ et $(x + dx)$. Les déplacements étant X et $(X + dX)$, la dilatation a pour valeur $\theta = dX/dx$, d'où pour la surpression $\Delta p = - P(\partial X/\partial x)$.

$\Delta p'$ n'est donc pas la surpression de la tranche dont l'abscisse au repos est $x$ et actuellement $(x + X)$. C'est $\Delta p = P X_0 q \cos(\omega t - qx)$ et dont la valeur moyenne est nulle.

D'ailleurs, le même raisonnement étendu aux ondes stationnaires conduirait au résultat paradoxal suivant : la pression de radiation subie par un obstacle sur lequel il y a réflexion totale serait nulle alors qu'elle devrait être deux fois plus forte que s'il y avait eu simple absorption des ondes incidentes.

Pour évaluer la pression de radiation, nous devrons donc procéder tout autrement. Voici, par exemple, une façon très simple de raisonner. Commençons par nous rappeler qu'au cours de la propagation d'une perturbation, l'énergie passe alternativement de la forme cinétique à la forme élastique et inversement, comme le long d'un train. S'il s'agit d'un ressort, chaque spire joue à la fois le rôle de wagon et de ressort. Or ici, aussi élémentaire que nous supposions une tranche matérielle, les particules élémentaires y sont en nombre tel que nous ne pouvons pratiquement raisonner simultanément que sur un nombre infini de wagons moléculaires. Si bien qu'à chaque instant, dans cette tranche l'énergie cinétique y est égale à l'énergie potentielle. Il s'agit bien toujours d'énergie qui se propage, mais par une course de relais, sans être accompagnée de son support comme dans un condensateur ordinaire d'énergie cinétique $1/2\ mu^2$.

Mais une telle énergie, comme toute énergie, est le produit de deux facteurs, un facteur de qualité et un facteur de quantité. Ici, ce sont la vitesse de propagation et la quantité de mouvement. Lorsqu'un corps de vitesse $v_2$ arrive en effet sur un corps plus lent de vitesse $v_1$, la quantité de mouvement $d\mu$ se conserve en passant de l'un des corps à l'autre et l'énergie $d\mu(v_2 - v_1)$ change de forme.

S'il y a par conséquent absorption d'ondes progressives par un obstacle

disposé normalement, l'énergie absorbée par unité de surface et en un temps $dt$ a pour valeur $UV\,dt$, U étant la densité énergétique des ondes au contact même de l'obstacle. La variation de vitesse est V et la quantité de mouvement intéressée est alors $d\mu = U\,dt$.

Mais d'autre part, d'après la loi fondamentale de la dynamique, la force exercée, c'est-à-dire ici la pression puisqu'il s'agit de l'unité de surface, est égale à $d\mu/dt$, c'est-à-dire à U la densité d'énergie. Et cela à chaque instant et quelle que soit la nature des ondes incidentes, ondes de choc ou ondes sinusoïdales et sans que l'on ait à considérer une valeur moyenne. Et quelle que soit aussi la valeur de la condensation, pourvu que l'on prenne pour V la valeur de la vitesse de propagation à la hauteur de l'obstacle. Dans le cas d'une réflexion totale, la variation de la quantité de mouvement étant doublée, la pression de radiation est elle-même doublée.

Cette pression, d'autre part, est essentiellement de nature vectorielle. Cela ressort avec évidence de notre raisonnement. Ce dernier est d'ailleurs d'application très générale.

ASTROPHYSIQUE. — *Polarisation de la lumière diffusée de N. G. C.* 7023. Note de M^me^ **Marie-Thérèse Martel**, présentée par M. Bernard Lyot.

La mesure de la proportion de lumière polarisée dans les nébuleuses à spectre continu peut contribuer à renseigner sur la nature, les dimensions et la répartition spatiale des particules diffusantes.

J'ai cherché à appliquer à cette étude, encore peu avancée, le polariscope imaginé par B. Lyot et A. Dollfus (1). L'appareil que j'ai construit comprend une grille formée de bandes parallèles, équidistantes, de 2 mm de large, en cellophane demi-onde, découpées à 45° de l'axe optique et séparées par des intervalles de 2 mm également. La grille est suivie d'un rhomboèdre de spath dont le dédoublement est égal à la largeur d'une bande. On place la grille au foyer d'un télescope et on la photographie au moyen d'un objectif de 50 mm de focale et de 33 mm d'ouverture. La cellophane utilisée étant exactement demi-onde pour la radiation 5 240 Å, les clichés ont été pris sur plaque Eastman 103 *a* G, à travers un filtre jaune. La mesure du contraste entre les images des bandes adjacentes permet d'évaluer la proportion de lumière polarisée. A cet effet, chaque plaque est étalonnée avec un sensitomètre à tubes muni du même filtre.

Les premières observations, faites au télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, ont porté sur la nébuleuse N.G.C. 7023 pour laquelle L. G. Henyey (2) a trouvé déjà un degré moyen de polarisation

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1773.
(2) *Astrophys. J.*, **84**, 1936, p. 609.

voisin de 12 %. Les densités optiques ont été mesurées en de nombreux points, au microphotomètre photoélectrique de A. Lallemand ([3]). Comme chaque point de la plaque reçoit l'image ordinaire d'une bande de la grille et l'image extraordinaire provenant de l'intervalle adjacent, on ne peut obtenir que la proportion de lumière polarisée moyenne correspondant à au moins une bande de forte densité et les deux bandes de densité plus faible qui l'encadrent ([4]).

Les poses d'une durée de 1 h 30 mn à 2 h ont été faites en donnant à la grille trois orientations différant entre elles de 45°. La mesure des différents clichés confirme le fait que la polarisation est sensiblement radiale. La figure 1 donne le pourcentage de lumière polarisée, mesurée suivant deux axes parallèle et perpendiculaire au cercle horaire de la nébuleuse, à des intervalles de 0'6 environ jusqu'à des distances au plus égales à 2'2 de l'étoile centrale. Les mesures se rapportent uniquement au spectre continu de la nébuleuse, car les clichés que j'ai obtenus en même temps avec le spectrographe nébulaire fixé sur le télescope, ne montrent que la raie d'émission $H_\alpha$, pour laquelle la sensibilité de la plaque est nulle.

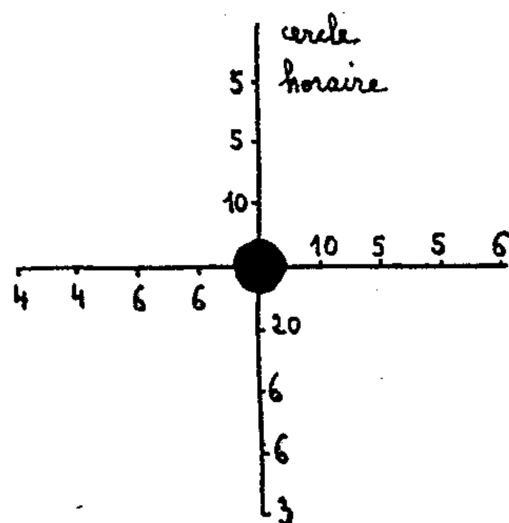


Fig. 1.

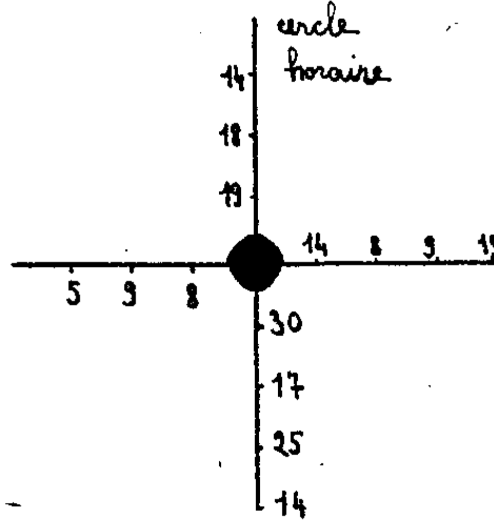


Fig. 2.

Les valeurs précédentes, qui correspondent aux résultats bruts des mesures, se rapportent à la lumière provenant à la fois de la nébuleuse et du ciel nocturne superposé. D'autre part, elles peuvent être affectées par une faible polarisation instrumentale. Pour tenir compte de la brillance du ciel nocturne (qui est de l'ordre de 1/3 de la brillance totale des régions les plus lumineuses) et de sa polarisation possible, j'ai photographié sur la même plaque que la nébuleuse une région du ciel voisine et dépourvue d'étoiles brillantes. La mesure des densités conduit, pour la lumière du

([3]) *Revue d'Optique*, 15, 1936, p. 109.

([4]) Cet inconvénient n'existerait pas, si l'on avait utilisé comme Y. Öhman (*Monthly Notice*, 99, 1949, p. 624) une grille formée de bandes opaques équidistantes, mais on aurait eu deux fois moins de lumière.

ciel nocturne, à une proportion de lumière polarisée de 2 % (en admettant que le plan de polarisation passe par le Soleil), en bon accord avec les mesures J. Dufay ([5]) pour la même distance angulaire au Soleil. Cet accord indique l'absence d'une polarisation instrumentale importante. Les proportions de lumière polarisée dans la nébuleuse, compte tenu de la brillance et de la polarisation du ciel nocturne sont sensiblement accrues. Elles sont données sur la figure 2.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de trois étoiles à raies métalliques*. Note de M. **Jacques Berger** et M^lle **Anne-Marie Fringant**, présentée par M. André Danjon.

Les étoiles dites « à raies métalliques », qui sont des membres de la population II, présentent de grandes difficultés de classification : le type spectral que l'on est amené à attribuer à l'une de ces étoiles peut varier considérablement (par exemple de A2 à F6) suivant le critère choisi pour la classer (*voir* les deux dernières colonnes du tableau II). Les critères employés jusqu'ici reposant tous sur la variation des intensités relatives de raies d'absorption, il était intéressant d'essayer d'appliquer à ces étoiles les méthodes de classification déduites des propriétés de leur spectre continu [grandeur de la discontinuité de Balmer, température de couleur ([1])], car ces propriétés sont conditionnées par le principal constituant des atmosphères stellaires, l'hydrogène.

La présente étude a été faite à l'aide du même spectrographe que celle des sous-naines ([2]). Ce spectrographe était fixé au foyer Cassegrain du télescope de 81 cm de l'Observatoire de Haute-Provence. L'étoile connue à laquelle ont été comparées toutes les étoiles dont il va être question était $\eta$ Aurigæ.

Les magnitudes des étoiles considérées, très comparables entre elles, ont permis d'opérer à temps de pose constant, en affaiblissant $\eta$ Aurigæ à l'aide de diaphragmes placés dans le spectrographe.

Le tableau I donne, dans sa première colonne, la liste des étoiles étudiées, étoiles à raies métalliques et étoiles normales de divers types, dans la seconde les types spectraux suivant Morgan, Keenan, Kellmann, les étoiles à raies métalliques étant indiquées par la lettre *m*.

Les trois colonnes suivantes qui contiennent les résultats, donnent pour chaque étoile respectivement la différence $\Delta D$ entre la discontinuité de Balmer de l'étoile et celle de $\eta$ Aur et les deux gradients de l'étoile par rapport à $\eta$ Aur

([5]) *Thèse* (*Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, **10**, n° 9, p. 117).

([1]) Les étoiles « à raies métalliques » qui nous sont accessibles sont suffisamment proches pour que l'absorption continue interstellaire ne soit pas à craindre.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2076.

relatifs au domaine bleu violet ($G_1$) et aux longueurs d'onde plus courtes que la limite de Balmer ($G_2$).

TABLEAU I.

| ★ | Type. | Δ D. | $G_1$. | $G_2$. |
|---|---|---|---|---|
| ζ U Ma ft [3]....... | m | +0,21 | +0,66 | +0,90 |
| 15 U Ma............ | m | +0,10 | +1,07 | +1,24 |
| τ U Ma............ | m | +0,03 | +1,35 | +1,36 |
| γ U Ma............ | A 0 V | +0,29 | +0,21 | +0,68 |
| ζ U Ma br [4]...... | A 2 V | +0,26 | +0,25 | +0,69 |
| 38 Lyn............. | A 3 V | +0,25 | +0,33 | +0,85 |
| ε Cep............. | F 0 V | +0,15 | +0,95 | +1,165 |
| 78 U Ma............ | F 2 V | −0,01 | +1,24 | +1,16 |
| $\sigma^2$ U Ma............ | F 8 IV | −0,06 | +1,30 | +1,40 |

Les résultats obtenus pour les six étoiles normales ont été rassemblés en trois graphiques donnant respectivement la variation des quantités Δ D, $G_1$, $G_2$ en fonction du type spectral. Chacun de ces graphiques permet une détermination indépendante du type de chacune des trois étoiles à raies métalliques, en imaginant que ces étoiles soient assimilables à la série principale. Les colonnes 2, 3, 4 du tableau II donnent les résultats, et les colonnes 5 et 6 rappellent les types qu'avaient fournis les autres méthodes (intensité de la raie K, intensité des raies métalliques).

TABLEAU II.

| | Type déterminé d'après | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ★ | ΔD. | $G_1$. | $G_2$. | raies K. | raies mét. |
| ζU Ma ft......... | A 7 | A 7 | A 5 | A 2 | A 7 |
| 15UMa......... | F 0 | F 1 | F 5 | A 3 | F 5 IV–F 0 II–III |
| τUMa.......... | F 2 | F 5 | F 6 | A 3 | F 6 II |

Si nous avions eu les données suffisantes pour comparer ces étoiles à des géantes ou supergéantes bien classées, nous aurions trouvé d'autres types (par exemple, pour 15 U Ma, ΔD peut conduire aussi bien au type F 5 II qu'au type F 0 V).

En résumé, les types que nous pouvons attribuer aux étoiles étudiées ne diffèrent pas beaucoup de ceux qui résultent de la considération des raies métalliques. Mais il semble bien, néanmoins, que ces étoiles ne peuvent entrer dans les classes spectrales habituelles.

---

(3) Composante faible de ζ U Ma.
(4) Composante brillante de ζ U Ma.

THERMODYNAMIQUE. — *Influence de la richesse en carburant sur le rapport volumique de compression critique de détonation et comparaison avec les résultats expérimentaux.* Note (*) de MM. **Bernard Salé, Max Serruys** et **Rostislav Vichnievsky**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le rapport volumique de compression correspondant à l'apparition du cliquetis dans les moteurs à explosion, dont la valeur est d'une considération essentielle dans la pratique, dépend entre autres facteurs de la richesse du mélange carburé.

L'objet de cette Note est de montrer la possibilité d'évaluer *a priori* les variations du rapport volumique de compression critique en fonction de la richesse et de préciser le bon accord des résultats expérimentaux avec cette évaluation.

Dans un moteur à explosion les conditions initiales de la phase de combustion sont définies par la valeur de la température et de la pression en fin de compression. Elles varient essentiellement avec la proportion des gaz brûlés chauds du cycle précédent restant dans le cylindre au moment de la fermeture de la soupape d'admission. En tenant compte des conditions initiales précédentes, il est aisé de calculer la pression finale de combustion à volume constant et d'en déduire la température de l'ultime tranche du mélange frais avant son inflammation.

Ces calculs montrent qu'avec les hypothèses admises et pour une pression d'admission donnée, la richesse n'influe que peu sur la température de cette ultime tranche. Par contre la pression calculée correspondante varie notablement avec la richesse, passant pour le rapport volumique 8, de 73,5 kg : cm$^2$ à la richesse 1,25 à 65,5 kg : cm$^2$ pour la richesse 0,834, soit un écart de 8 %. Cela résulte de la variation du pouvoir calorifique du mélange avec la richesse et de la dilution des gaz frais par les gaz brûlés résiduels.

Par ailleurs, pour un mélange carburé donné, on peut admettre que l'apparition du cliquetis a lieu lorsque la tranche ultime des gaz vierges est portée avant de brûler à une pression et une température déterminées par la courbe d'auto-inflammation du mélange ([1]). L'allure de ces courbes d'auto-inflammation, aux pressions rencontrées dans le mélange non encore brûlé en fin de combustion, montre que l'auto-inflammation dépend dans ce cas essentiellement de la pression. En outre, l'expérience montre que la courbe d'auto-inflammation ne dépend pratiquement pas de la richesse dans le domaine étroit du fonctionnement des moteurs à explosion.

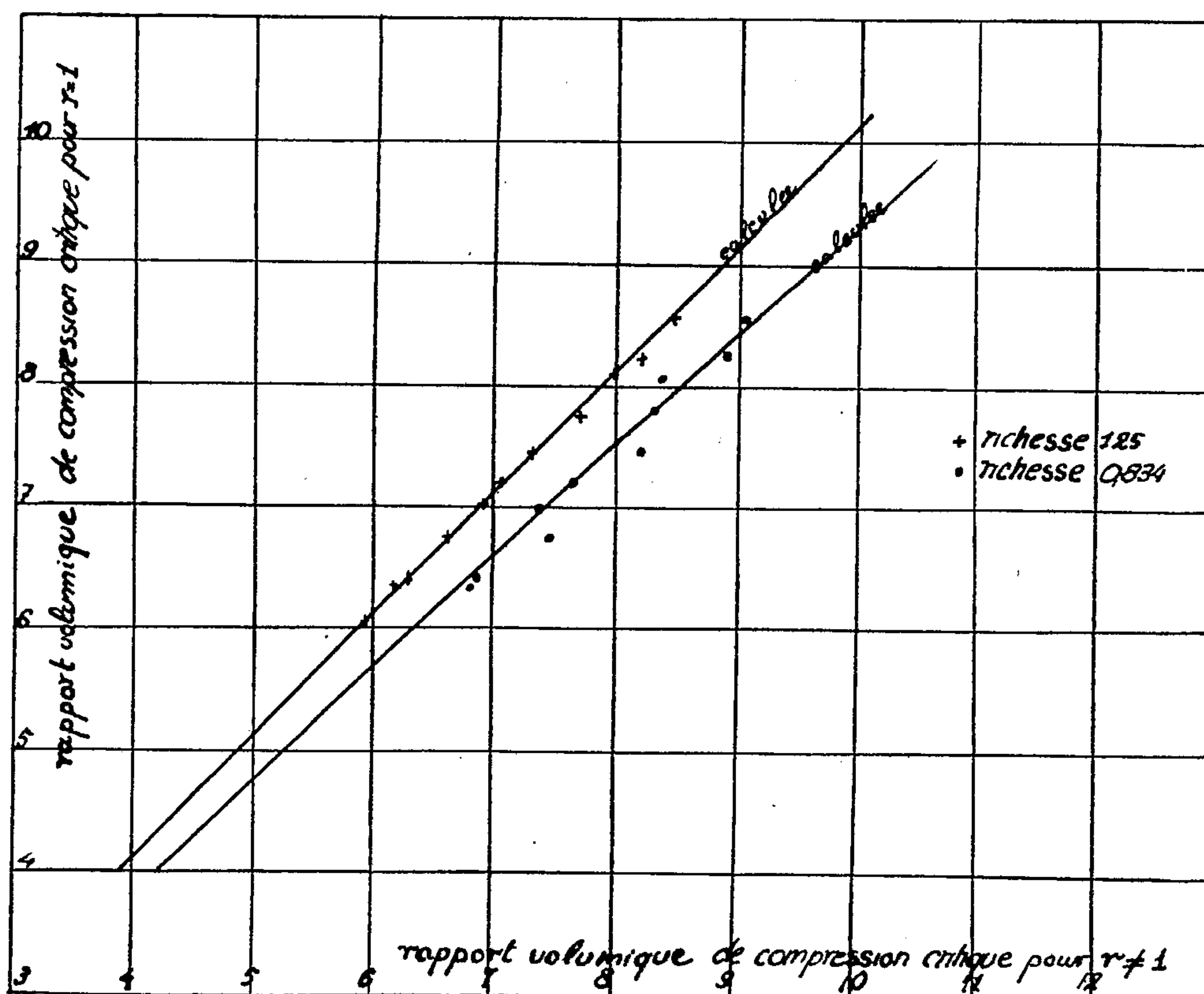
---

(*) Séance du 28 mai 1951.

([1]) D. C. Pastell, *S. A. E. Journal*, septembre 1950, p. 70.

Finalement, il apparaît qu'on doit pouvoir calculer le rapport volumique critique correspondant à l'apparition du cliquetis, pour une richesse donnée, en admettant que ce rapport volumique correspond à la même pression atteinte dans la charge restante quelle que soit la richesse (ce qui revient à étendre à des mélanges de richesses différentes la notion de pression limite de détonation indiquée par l'expérience) [2].

Nous avons mesuré expérimentalement les rapports volumiques de compression critiques pour différents mélanges d'iso-octane et heptane en repérant l'apparition du cliquetis sur un moteur monocylindrique à compression variable I. F. P. Renault, C. N. R. S.




Vérification expérimentale des relations théoriques entre les rapports volumiques critiques de compression à la richesse 1 et aux richesses 0,834 et 1,25 pour des mélanges d'iso-octane et d'heptane.

La figure 1 montre que pour les différents mélanges d'iso-octane et heptane les rapports volumiques critiques définis par l'identité de pression et calculés pour les richesses 1,25 et 0,834 varient à peu près linéairement en fonction du rapport volumique critique correspondant à la richesse 1.

---

[2] M. Serruys, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 103, p. 179-182.

On voit que, malgré les hypothèses simplificatrices admises pour le calcul, la coïncidence des résultats théoriques et expérimentaux est très satisfaisante à la richesse 1,25 et que l'écart ne dépasse pas 4 % du rapport volumique pour la richesse 0,834.

THERMODYNAMIQUE. — *Essai d'interprétation de la dissolution d'un solide dans un gaz comprimé.* Note de MM. **Stéphane Robin**, **Boris Vodar** et **René Bergeon**, présentée par M. Gustave Ribaud.

A basse pression, la relation $\log_{10} m = a + b\rho$ peut être tirée directement de la formule de Poynting (¹). Dans la démonstration de celle-ci, on suppose le gaz parfait, ce qui ne peut être exact lorsque le solide A est vaporisé dans un gaz B comprimé à 1000 atmosphères. La forme linéaire en $\rho$ peut être retrouvée en admettant en seconde approximation que la vapeur suit la même relation : $pV = \Phi(\rho, T)$ que le gaz comprimé ; on trouve alors que l'augmentation de la tension de vapeur du solide comprimé peut être représentée par : $\mathrm{Log}_e(m/m_0) = \rho v/22400$ ($v$ = volume molaire en cm³ du solide, $\rho$ = densité du gaz en amagats), expression indépendante de la nature de B. Mais la formule de Poynting, même présentée sous cette forme, est généralement insuffisante pour rendre compte des résultats expérimentaux, les interactions entre les molécules A et B tendant à augmenter $m$. Les calculs qui suivent en tiennent compte.

Supposons que les deux composants de la phase gazeuse obéissent à une équation limitée au second coefficient du viriel : $pV = RT[1 + B(T)/V]$ (²). Le phénanthrène étant en équilibre dans les phases liquide et gazeuse, ses potentiels chimiques $\mu_s$ et $\mu_g$ dans ces deux phases sont égaux. Calculés par la thermodynamique statistique (³), ils ont respectivement pour valeurs :

$$\mu_s = \varepsilon_0 - \chi + kT\frac{n_A + n_B}{V}\,\frac{v}{\mathcal{N}} + f(T)$$

et

$$\mu_g = \varepsilon_0 + kT\,\mathrm{Log}_e\frac{n_A}{\Phi_A V} + kT\frac{n_B}{V}\,2B_{AB}(T) + kT\frac{n_A}{V}\,2B_{AA}(T),$$

$$\left[B_{ij}(T) = \frac{1}{2}\int_0^\infty\left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_{ij}}{kT}}\right)4\pi r^2\,dr\right]$$

($\chi$ = variation d'énergie de la molécule A dans son état fondamental entre le

---

(¹) *Phil. Mag.*, **12**, 1881, p. 32 ; S. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1840.

(²) Cette équation n'est pas valable pour les fortes densités, mais elle constitue un progrès par rapport à celle des gaz parfaits ; il est possible en principe de reprendre des calculs analogues à partir d'équations d'état plus compliquées.

(³) R. H. Fowler et E. A. Guggenheim, *Statistical Thermodynamics*, Cambridge, 1949.

solide et la vapeur à basse pression; $\chi$ ne varie donc pas avec $\rho$; on suppose $\chi = 0$ dans la vapeur; $\varepsilon_0 =$ constante qui dépend de l'état de référence adopté dans la mesure de $\chi$; $n_A$ et $n_B =$ nombres des molécules d'espèces A et B dans la phase gazeuse de volume V; $\Phi_A =$ fonction de partition ne dépendant que de T; $\varepsilon_{AB} =$ potentiel d'interaction entre les molécules A et B).

Si l'on néglige $n_A$ devant $n_B$ (faibles concentrations) et si l'on remarque que $n_A/V = \text{const.} \times m = \alpha m$ et $n_B/V = \text{const.} \times \rho = (\mathcal{N}/M)\rho$ (M = masse moléculaire du gaz, $\mathcal{N} =$ nombre d'Avogadro), on obtient

$$\mathrm{Log}_e m = \rho\left(\frac{v}{22\,400} - 2\,B_{AB}\frac{\mathcal{N}}{22\,400}\right) - 2\,B_{AA}\,\alpha\,m + f(T),$$

A température constante, négligeant le terme $2B_{AA}\alpha m$, qui représente les interactions entre molécules A, devant $2B_{AB}\mathcal{N}\rho/22\,400$, cette égalité devient

$$\mathrm{Log}_e \frac{m}{m_0} = \frac{\rho v}{22\,400} - 2\,B_{AB}\frac{\mathcal{N}}{22\,400}\rho, \tag{1}$$

expression qui est bien de la forme

$$\mathrm{Log}_e m = a + b\rho.$$

Le terme $\rho v/22\,400$ représente l'augmentation de tension de vapeur du solide, le terme $2\,B_{AB}(\mathcal{N}/22\,400)\rho$ les interactions entre molécules A et B.

Nos résultats numériques relatifs à la dissolution du phénanthrène dans $N_2$ comprimé peuvent être représentés par

$$\log_{10} m = 4,45 - \frac{3600}{T} + \frac{1,48}{T}\rho;$$

le terme de Poynting est $\rho v/22\,400 = 0,0067\rho$. Des trois égalités précédentes on déduit

$$75 - \frac{38\,200}{T} = \mathcal{N}\,B_{AB}(T). \tag{2}$$

Si nous utilisons le potentiel d'interaction de Lennard-Jones :

$$\varepsilon_{AB}(r) = 4\varepsilon^*_{AB}\left[\left(\frac{\sigma_{AB}}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma_{AB}}{r}\right)^{6}\right]$$

$B_{AB}(T)$ se ramène à une forme réduite $B_r(T_r)$ définie par

$$B_{AB}(T) = \frac{\pi}{6}\cdot\sigma^3_{AB}\,B_r(T_r) \qquad \text{et} \qquad T = \frac{\varepsilon^*_{AB}}{k}T_r.$$

Or $B_r(T_r)$ peut être assez bien représenté par $B_r(T_r) = 3,8 - 13/T_r$. entre 0 et 90° C. Ces trois dernières relations, avec (2), permettent de calculer $\sigma_{AB}$ et $\varepsilon^*_{AB}$. On trouve $\sigma_{AB} \# 4$ Å et $\varepsilon^*_{AB} \# 2.10^{-14}$ ergs/degré. Cette valeur de $\sigma_{AB}$ correspond à un diamètre de choc d'un ordre de grandeur raisonnable (5 Å) pour le phénanthrène. Un calcul direct et grossièrement approximatif de $\varepsilon_{AB}(r)$

utilisant les polarisabilités et les énergies d'ionisation nous a permis également de confirmer l'ordre de grandeur de $\varepsilon^{*}_{AB}$.

Notons que dans le cas des dissolutions dans $H_2$ de $H_2O$ et de $C_6H_6$, le terme de Poynting représente assez bien à lui seul les résultats; donc les énergies d'interaction sont faibles. Nos calculs montrent comment, par l'étude de la dissolution des solides dans les gaz, il est possible d'atteindre les interactions entre molécules différentes, difficilement accessibles par d'autres méthodes (⁴); la précision serait meilleure pour des molécules plus simples.

THERMODYNAMIQUE. — *Contrôle expérimental de la vitesse d'évaporation des goudrons*. Note de M. **André Léauté** et Mme **Anne Guigan**, présentée par M. Albert Caquot.

La mesure des pertes croissantes de masse que subissent des échantillons de goudron, maintenus à température fixe dans une étuve à circulation d'air, fournit un moyen de vérifier l'exactitude des conclusions auxquelles conduit, pour l'évaporation des goudrons, la théorie qu'a proposée l'un de nous (¹).

Les pesées, qui, en raison de la précision requise, ne peuvent être effectuées dans l'étuve, exigent trop de temps pour qu'on puisse mener l'expérimentation relative à une température sur un unique échantillon en le réintroduisant dans l'étuve après chaque mesure de sa perte de masse. On doit évaporer autant d'échantillons qu'on veut fixer de points sur une courbe d'évaporation. Pour qu'on obtienne des résultats cohérents, le mode opératoire décrit par la norme N. F. T. 66-01 de l'Afnor doit être complété par des dispositions additionnelles; celles-ci comportent notamment (²) une insufflation d'air à température automatiquement réglée, l'isolement thermique de la sole tournante et la mise des résistances chauffantes hors des calorifuges appliqués contre les parois. Grâce à ces perfectionnements indispensables, des essais préliminaires menés sur de l'eau distillée ont décelé que les erreurs expérimentales atteignaient au maximum 8 °/₀₀ de la masse initialement soumise à l'évaporation.

Dans la limite de cette précision, il est loisible de contrôler la théorie proposée. Deux circonstances particulières doivent toutefois intervenir dans le calcul. Il faut tenir compte de l'évaporation que les échantillons subissent préalablement à leur pesée initiale et de la perturbation de l'équilibre thermique de l'étuve que provoque l'introduction des échantillons.

L'évaporation avant pesée se produit lors du remplissage des coupelles standard. Du fait de leur forte viscosité, les goudrons routiers doivent être portés à plus de 50° C pour être introduits dans les cupules métalliques qui

(⁴) R. J. Lunbeck et A. J. H. Boerboom, *Physica*, 17, 1951, p. 76-80

(¹) A. Léauté, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 600.

(²) A. Guigan et A. Léauté, *Rapport à la Commission des Goudrons et Bitumes du Ministère des Travaux Publics* (sous-commission des Liants plastiques, avril 1948).

standardisent les échantillons. Le réglage de la masse initiale de cette matière visqueuse à quelques centigrammes près et la pesée exigent cinq minutes environ pour chaque coupelle; les opérations sont effectuées consécutivement sur toutes les coupelles avant qu'elles ne soient enfournées simultanément. On fait en sorte que les échantillons soient tous soumis à peu près à la même évaporation préalable, et la correction corrélative qui, dans nos expériences, correspondait à 40 minutes environ à 50° C, était égale à 0,008 de la masse initiale. Si la théorie fait prévoir une perte relative de masse Π, c'est la différence Π — 0,008 qui doit être comparée à la valeur mesurée.

La durée d'évaporation est aussi passible de correction. D'une part, elle doit être majorée de celle de l'évaporation préalable; d'autre part, elle doit être diminuée d'un montant qui traduise la perturbation apportée à la température de l'étuve par l'ouverture de la porte et par l'enfournement des cupules. Des expériences préliminaires ont montré que le régime était repris au bout de 40 à 80 minutes, de sorte que, s'agissant d'une correction, nous avons pu admettre que, dans nos mesures, la majoration et la diminution dont devait être affectée la durée mesurée d'évaporation se compensaient.

Les expériences ont porté sur un goudron, dit de Chartres, n° 1, ayant les caractéristiques suivantes : Viscosité Redwood 10 mm, à 30°C, 24 s; Brai 72° Krâmer-Sarnow, 64 % ; Huile anthracénique 52 %, densité 1,101, donnant à la distillation 16 % à 270°C, 26 % à 290°C, 47 % à 320°C.

— Sur ce goudron, abstraction faite des durées inférieures à deux heures que l'enfournement perturbe à l'excès, la confrontation des valeurs théoriques et expérimentales se traduit par les chiffres ci-dessous, tous rapportés à la masse initiale :

| Température 50°C. | | | Température 70°C. | | | Température 86°C. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Perte relative de masse. | | | Perte relative de masse. | | | Perte relative de masse. | |
| Heures d'étuvage. | Théorique. | Expérimentale. | Heures d'étuvage. | Théorique. | Expérimentale. | Heures d'étuvage. | Théorique. | Expérimentale. |
| 2,5... | 0,008 | 0,008 | 2..... | 0,024 | 0,021 | 2,5... | 0,050 | 0,047 |
| 5..... | 0,016 | 0,014 | 4..... | 0,037 | 0,035 | 3..... | 0,055 | 0,055 |
| 8..... | 0,024 | 0,021 | 8..... | 0,060 | 0,069 | 4..... | 0,066 | 0,063 |
| 16,5... | 0,038 | 0,037 | 23,5... | 0,107 | 0,109 | 5..... | 0,075 | 0,075 |
| 20,5... | 0,044 | 0,044 | 66..... | 0,163 | 0,161 | 17,75.. | 0,153 | 0,157 |
| 24..... | 0,049 | 0,048 | 71..... | 0,169 | 0,165 | – | – | – |
| 40,5... | 0,066 | 0,068 | 90,25.. | 0,179 | 0,176 | – | – | – |
| 44,5... | 0,069 | 0,070 | 94,5... | 0,182 | 0,177 | – | – | – |
| 48,5... | 0,072 | 0,073 | 98,5... | 0,183 | 0,180 | – | – | – |
| 64,5... | 0,084 | 0,084 | 114..... | 0,186 | 0,185 | – | – | – |
| 70,5... | 0,087 | 0,087 | – | – | – | – | – | – |
| 88,5... | 0,096 | 0,095 | – | – | – | – | – | – |
| 104..... | 0,102 | 0,102 | – | – | – | – | – | – |
| ∞..... | 0,133 | – | ∞ .... | 0,203 | – | ∞ ... | 0,296 | – |

Les divergences entre les chiffres théoriques et expérimentaux n'excèdent pas la limite de la dispersion propre à l'essai.

MAGNÉTISME. — *Antiferromagnétisme et structure dans le sesquioxyde de chrome.* Note de MM. **Gabriel Foëx** et **Jules Wucher**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'antiferromagnétisme dans les solides est généralement considéré comme lié à la structure cristalline. Il est attribué aux actions d'échange ou de superéchange entre voisins immédiats ou entre seconds voisins dans le réseau ([1]).

Il était intéressant de chercher ce que deviennent les propriétés magnétiques d'un composé normalement cristallisé et antiferromagnétique lorsqu'on prépare ce composé à l'état amorphe. L'oxyde chromique cristallisé, de structure rhomboédrique, est antiferromagnétique ([2]). Son point $\lambda$ se trouve aux environs de 330° K; aux températures plus élevées il obéit à la loi de Weiss; son moment expérimental $p_B = 3,85$ magnétons de Bohr coïncide avec le moment théorique (spin seul) de l'ion chromique.

On peut obtenir l'oxyde $Cr_2O_3$ amorphe, hydraté, très pur, par électrolyse d'une solution aqueuse de sulfate chromique suivant la méthode décrite par M. Jolibois et M[me] Domine Bergès ([3]).

Par chauffage progressif dans le vide jusqu'à 500° C on obtient un oxyde anhydre qui, aux erreurs de dosage près, possède la composition $Cr_2O_3$ et qui, d'après l'analyse aux rayons X, est amorphe.

Les propriétés magnétiques de l'oxyde amorphe diffèrent grandement de celles du produit cristallisé :

1° l'antiferromagnétisme a disparu;

2° le moment atomique du chrome est devenu beaucoup plus faible que dans l'oxyde cristallisé.

Pour éliminer dans les comparaisons un effet éventuel des impuretés, nous avons préparé, à partir d'un même produit, obtenu par électrolyse, l'oxyde cristallisé et l'oxyde amorphe. On obtient le premier en chauffant à l'air l'oxyde hydraté, vert bleu, résultant de l'électrolyse. Il se produit d'abord un composé intermédiaire de formule globale $CrO_2$. D'après les auteurs précités ([3]) ce produit est amorphe. En le chauffant davantage il perd de l'oxygène vers 400° C et donne naissance à l'oxyde $Cr_2O_3$ vert, cristallisé.

Le produit ainsi préparé possède les propriétés magnétiques suivantes : son coefficient d'aimantation, pratiquement constant aux basses températures, croît

---

([1]) Van Vleck, *Colloque de Grenoble* (*J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 262).

([2]) G. Foëx et M[lle] Graff, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 160.

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 78 et **228**, 1949. p. 1435.

ensuite rapidement, passe par un maximum vers 350° K (point λ) et décroît ensuite suivant la loi de Weiss avec $p_B = 3,70$ et $\theta = -493°$.

Pour l'oxyde amorphe le coefficient d'aimantation décroît constamment lorsque la température monte depuis 83° K (limite des mesures), passe par une sorte de palier vers la température ordinaire et décroît ensuite à nouveau suivant la loi de Weiss.

Entre 83 et 153° K : $p_B = 2,70$, $\theta = -146°$.

Entre 370 et 500° K : $p_B = 3,21$, $\theta = -205°$.

Ce comportement rappelle celui du sesquioxyde de vanadium, $V_2O_3$, audessus de 170° K ([4]).

La disparition de l'antiferromagnétisme résultant du passage à l'état amorphe est conforme à ce que l'on pouvait attendre. La diminution du moment est plus surprenante. Dans l'oxyde cristallisé le moment de l'ion $Cr^{+++}$ est dû au spin seul. On admet que l'orbite est bloquée par le *champ cristallin* ([5]).

Dans l'oxyde amorphe, en l'absence de champ cristallin régulier, le blocage de l'orbite pourrait être fort peu accentué. La diminution du moment pourrait en résulter. En effet il a été signalé plus d'une fois que, dans la première moitié de la famille du fer, les moments observés sont souvent inférieurs au moment de spin au lieu d'être plus grands, comme c'est le cas dans la région du nickel ([6]). L'ancienne théorie de Hund, qui prévoyait une compensation partielle entre moments de spin et d'orbite, paraît s'appliquer dans un certain nombre de cas.

Une interprétation des propriétés de $Cr_2O_3$ amorphe peut être cherchée dans cette voie. Il convient auparavant de pousser plus loin l'étude de la structure de cet oxyde par des techniques mieux adaptées que les rayons X. Des recherches dans ce sens vont être entreprises.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Application de la méthode de résonance aux machines synchrones.* Note (*) de M. **Jean Lagasse**, transmise par M. Charles Camichel.

L'auteur montre dans quelles conditions la méthode de résonance peut s'appliquer à une machine synchrone et les résultats auxquels elle permet d'aboutir.

Dans la plupart des cas, la courbe de tension des alternateurs de fabrication courante n'est pas rigoureusement sinusoïdale. Malgré les perfectionnements

---

([4]) G. Foëx et J. Wucher, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 882.

([5]) Van Vleck, *Le Magnétisme*, Réunions de Strasbourg, **3**, 1939, p. 130.

([6]) A. Birckel, *Cahiers de Physique*, **25**, 1924, p. 25-61.

(*) Séance du 4 juin 1951.

apportés à la construction de ces machines, les harmoniques du champ, les harmoniques de denture et ceux de réaction d'induit ne sont jamais entièrement éliminés.

Cette particularité nous a permis d'appliquer à de telles machines la « méthode de résonance », méthode que nous avons proposée avec M. Teissié Solier et que nous avons en particulier utilisée pour la détermination de la self-inductance des fuites totales des transformateurs statiques [1].

On sait que si dans un système triphasé les termes fondamentaux forment un système direct, les termes de rang :

$3k+1$ constituent eux-mêmes un système direct;

$3k-1$ un système inverse,

$k$ étant un nombre entier pair.

Dès lors, les réactances déterminées par la méthode de résonance pour les harmoniques de rang correspondant à ceux ci-dessus seront les réactances, soit directe, soit inverse.

Par analogie avec les transformateurs, et en considérant par ailleurs le fait que la condition de résonance caractérise un court-circuit de l'alternateur puisque le courant correspondant à l'harmonique en résonance n'est plus limité que par la résistance de l'induit de la machine, on peut affirmer que la réactance mesurée est une réactance de fuites totales, en particulier celle qui correspond au sens direct est couramment appelée réactance transitoire.

Nous avons pu réaliser certaines vérifications en utilisant un alternateur triphasé de 20 kVA, de construction récente.

C'est ainsi que, pour la résonance de l'harmonique 7 qui est un harmonique direct, la méthode proposée nous a permis de mesurer une réactance de fuites totales de 2,02 Ω. D'autre part, la réactance transitoire, déterminée à partir de l'enregistrement de la coupure d'un court-circuit triphasé de la même machine, présente une valeur de 2,06 Ω, valeur qui est en très bon accord avec la précédente.

Par ailleurs, la réactance inverse de cette même machine mesurée par la méthode de résonance a été trouvée égale à 0,56 Ω.

On peut enfin remarquer que, par l'intermédiaire de deux essais, l'un correspondant à un fonctionnement de l'alternateur en triphasé, l'autre à un fonctionnement de la même machine en monophasé, entre une phase et le neutre, il est possible de déterminer, par la méthode proposée, la réactance de fuites de l'induit. On peut en effet écrire :

$$(1)\qquad (L\omega)\,d_{123} = \lambda\omega + X,$$

$$(2)\qquad (L\omega)\,d_{1N} = \lambda\omega + \frac{X}{3}.$$

---

(1) M. TEISSIÉ-SOLIER et J. LAGASSE, *Électricité*, **151**, 1949, p. 103 et **152**, 1949, p. 125; J. LAGASSE, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 48-50.

Le deuxième essai en monophasé peut être réalisé en utilisant les enroulements de deux phases : la deuxième équation s'écrirait alors

$$(2') \qquad (L\omega)\, d_{12} = \lambda\omega + \frac{X}{\sqrt{3}};$$

$(L\omega)\, d_{123}$, $(L\omega)\, d_{1N}$ et $(L\omega)\, d_{12}$ sont les valeurs des réactances mesurées par la méthode de résonance à partir d'un harmonique direct pour les trois essais envisagés.

$\lambda\omega$ est la réactance de fuites de l'induit.

X est une réactance qui correspond au flux émis par l'induit à travers l'inducteur.

Deux des équations ci-dessus permettent de déterminer $\lambda\omega$.

Des vérifications expérimentales ont pu être réalisées sur plusieurs alternateurs. La réactance de fuites de l'induit a été mesurée d'une part par la méthode indiquée ci-dessus, d'autre part par la méthode de Potier.

Les résultats obtenus sont en bonne concordance ainsi que le montre l'examen du tableau ci-dessous.

| | $\lambda\omega$ Potier ($\Omega$). | $\lambda\omega$ Résonance ($\Omega$). |
|---|---|---|
| Alternateur 20 kVA .................. | 0,37 | 0,38 |
| Alternateur 5 kVA ................... | 2,35 | 2,30 |

ÉLECTROTECHNIQUE. — *L'utilisation des redresseurs secs dans le réglage de la vitesse des moteurs asynchrones d'induction.* Note de M. **Max Teissié-Solier**, présentée par M. Charles Camichel.

L'auteur présente un dispositif qu'il a imaginé pour obtenir, en marche hyposynchrone le réglage de la vitesse des moteurs asynchrones d'induction. Il décrit les diverses solutions qu'il propose et sur lesquelles il a réalisé plusieurs essais.

Il est bien connu que la puissance $p_2$ perdue dans le secondaire d'un moteur asynchrone d'induction polyphasé dépend du glissement $g$ de cette machine. Si $P_1$ représente la puissance transmise par le primaire (stator) au secondaire (rotor), on a, en faisant abstraction des pertes mécaniques

$$p_2 = P_1 g.$$

Si l'on considère une marche à couple constant, la force électromotrice $E_b$ développée entre bagues du secondaire est elle-même proportionnelle au glissement $g$. En conséquence, si, dans de telles conditions de fonctionnement, le court-circuit entre bagues étant supprimé, on applique entre ces dernières une force électromotrice $E'$ de pulsation toujours convenable et dont on peut modifier la valeur efficace, on provoque la variation de $g$.

Partant de ces remarques, afin d'obtenir, en marche hyposynchrone, une variation de la vitesse d'un moteur asynchrone d'induction M, nous avons inséré entre bagues du secondaire les bornes côté alternatif d'un redresseur sec. Provoquant, par un des procédés qui seront indiqués par la suite, la variation de la tension entre bornes du côté continu de ce même redresseur, nous avons pu réaliser le réglage de la vitesse du moteur M.

*a.* Dans une première solution, nous avons relié, à l'aide d'un réducteur, les éléments d'une batterie d'accumulateurs aux bornes côté continu du redresseur. En modifiant le nombre des éléments mis en service. nous avons obtenu la variation de vitesse de M.

*b.* Dans un autre montage, nous avons utilisé un moteur à courant continu auxiliaire D couplé mécaniquement avec le moteur asynchrone M, l'induit de ce moteur D étant relié électriquement au côté continu du redresseur, en agissant sur le courant d'excitation de la machine D, nous avons réalisé le réglage de la vitesse du moteur asynchrone M.

*c.* Dans une variante de la disposition *b*, le moteur à courant continu D a été entraîné par une machine asynchrone auxiliaire G. Restant électriquement solidaire du redresseur, la dynamo D n'est plus alors reliée mécaniquement au moteur M. Cependant les modifications de vitesse de ce dernier moteur sont encore obtenues dans ce cas par action sur l'excitation de D.

Dans les trois montages ci-dessus, la puissance qui, par suite de la modification du glissement *g*, serait perdue dans le rotor, est récupérée (au rendement près). Pour la solution *a* sur la batterie d'accumulateurs; pour la solution *b* sur l'arbre du moteur asynchrone M, pour la solution *c* en la renvoyant au réseau alternatif par l'intermédiaire de la machine auxiliaire G qui fonctionne alors en génératrice asynchrone.

Appliquant successivement ces diverses solutions au réglage de la vitesse d'un moteur asynchrone triphasé de 5,5 kW, nous avons pu obtenir, à couple constant : dans la solution *b*, une variation de vitesse de 280 à 1350 t : mn avec possibilité de surcharge (*fig.* 1), dans la solution *c*, une variation de 400 à 1400 t : mn (*fig.* 2). Le redresseur utilisé, du type au sélénium, présentait une puissance de 2,25 kW, tandis qu'un auto-transformateur A à prises multiples inséré entre les bagues de M et ce redresseur permettait d'étendre les limites du réglage de la vitesse.

L'emploi de l'auto-transformateur A rend même possible la mise en route du moteur M, sans qu'il soit nécessaire de prévoir un rhéostat de démarrage.

Il est à remarquer que dans le montage *b*, le moteur à courant continu D doit être prévu pour développer la tension nominale du redresseur à la vitesse la plus faible. Par ailleurs, dans le montage *c* le moteur M doit

être dimensionné comme s'il devait fournir la puissance nominale à la vitesse minimum recherchée.

Dans toutes les solutions ci-dessus, le rendement d'ensemble est supérieur à celui correspondant à un réglage rhéostatique et ceci, d'autant plus que le glissement obtenu est plus grand. Le facteur de puissance du moteur M reste de son côté satisfaisant, même aux vitesses les plus basses.

*Variation de la puissance développée par un moteur asynchrone de* 5,5 kW *en fonction de la vitesse.*

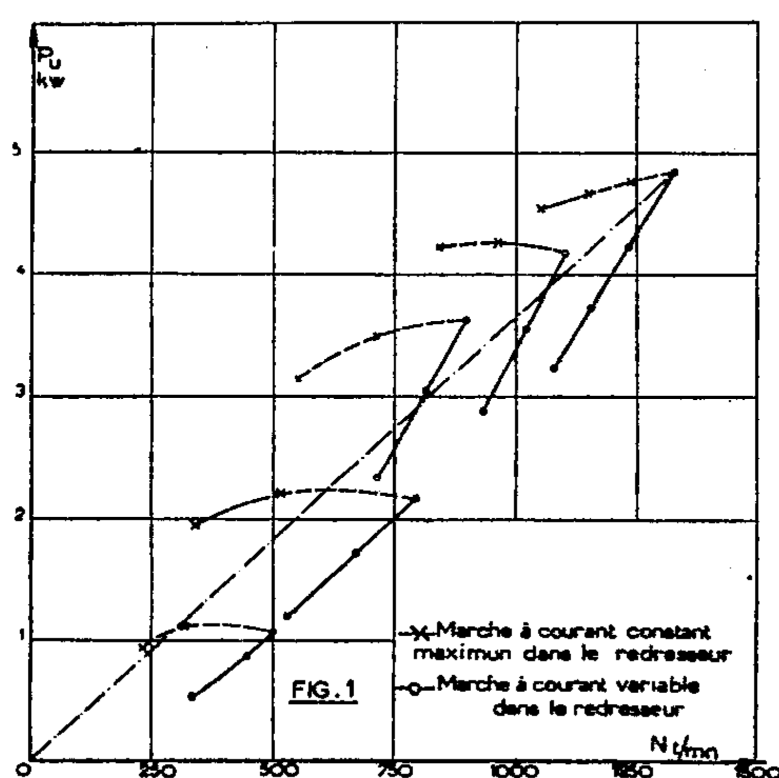



Fig. 1. — Dans le cas d'une récupération sur l'arbre.

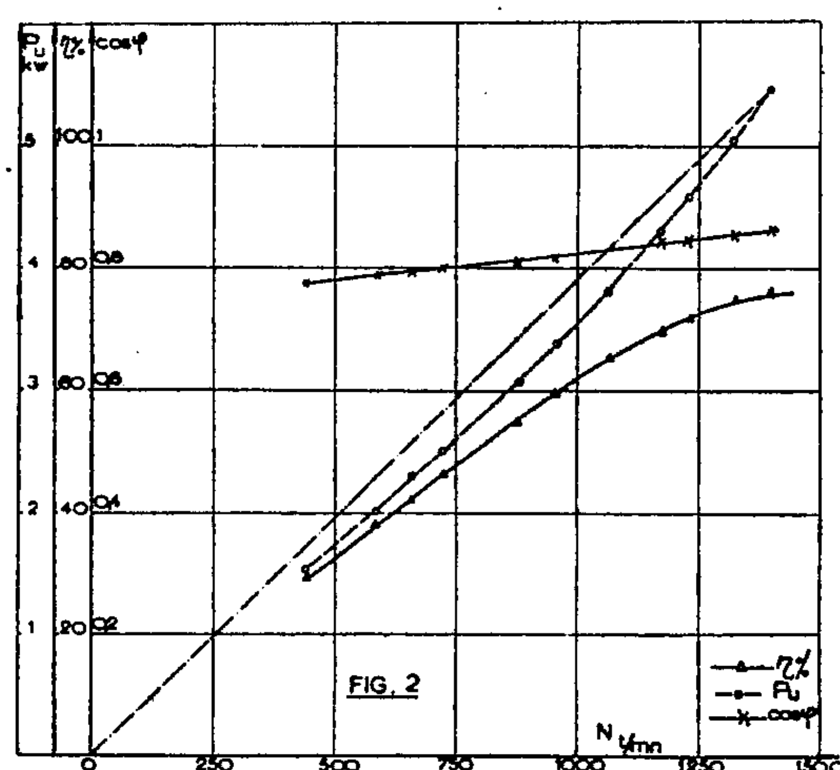



Fig. 2. — Dans le cas d'une récupération par génératrice asynchrone.

Nous avons également étudié l'application de ce dispositif au cas d'un moteur asynchrone d'induction monophasé. Les résultats obtenus restent analogues à ceux relatifs au moteur triphasé. Cependant, il apparaît intéressant d'indiquer que lorsque le montage adopté correspond à la solution *b* ci-dessus (moteur à courant continu mécaniquement couplé avec la machine à régler), le moteur asynchrone monophasé démarre sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un enroulement auxiliaire au primaire. Cette particularité s'explique par suite du couple que développe la machine auxiliaire D, dès la mise sous tension du moteur asynchrone d'induction monophasé qui fonctionne alors en transformateur; cette propriété apparaît comme particulièrement importante, elle permet en effet d'envisager l'emploi en traction électrique du moteur asynchrone d'induction monophasé à condition de compléter son équipement avec le dispositif ci-dessus décrit.

Enfin, il est également possible d'utiliser, que le moteur M soit polyphasé ou monophasé, le réglage rhéostatique de la vitesse, en branchant une résistance variable aux bornes côté continu du redresseur.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Effet rectifiant de couches minces semi-conductrices illuminées dissymétriquement.* Note de M. **Gérard Wlérick**, présentée par M. André Danjon.

Une dissymétrie optique peut, comme les dissymétries décrites par Amirhanoff, créer une conductibilité unipolaire. Dans le cas d'une couche de CdS ayant un contact éclairé et un contact obscur : *a.* la lumière diminue l'épaisseur de la barrière semi-conducteur-métal, mais augmente la d. d. p. de contact; *b.* il apparaît une barrière interne à la limite d'éclairement; *c.* les deux contacts et la barrière interne expliquent la rectification.

Amirhanoff [1] étudie la conductibilité des semi-conducteurs dans les cas où les contacts semi-conducteur-métal (noté S. C.-M. dans la suite) sont à l'origine d'un redressement. Il dénombre trois variétés : le redresseur à pointe (galène, Braun, 1874); le redresseur type $Cu_2O$ (Grondahl et Geiger, 1926); le redressement par gradient de températuré (Amirhanoff, 1939).

Il note que dans chaque cas les *parties du* S. C. *adjacentes aux électrodes ont des conductibilités différentes*. La cause seule diffère : géométrique, chimique, thermique. Les S. C. étant photosensibles, j'ai étudié l'action dissymétrique de la lumière sur un montage *symétrique* M.-S. C.-M.

J'ai choisi un S. C. *très* photoconducteur : le CdS sous forme de couches minces préparées au laboratoire [2]; le support est en verre, les électrodes en or, les dimensions sont 0,5 cm × 5 cm × $10^{-3}$ cm; activées avec Cd ou Cd + Cu, elles sont sensibles jusqu'à 0,7 μ. La conductibilité à l'obscurité ($10^{-10}$ — $10^{-8}$ mho) est multipliée optiquement par $10^4$ — $10^6$.

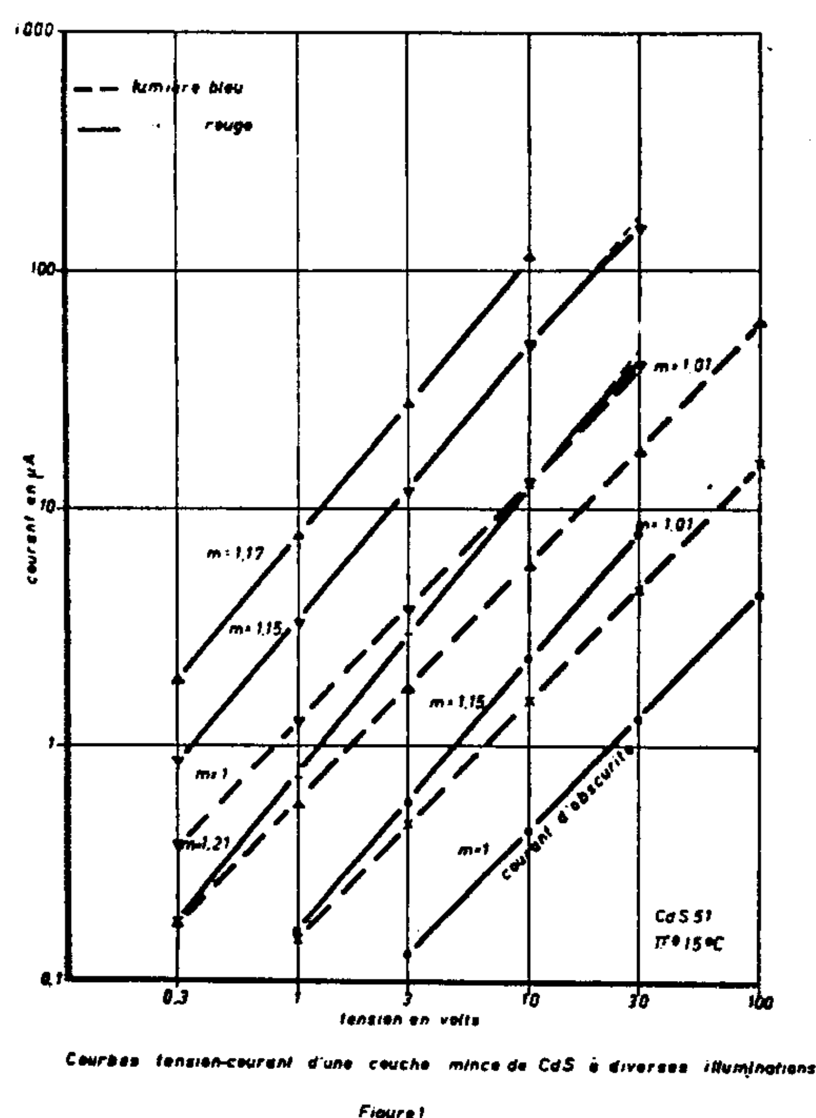
*Caractéristiques courant-tension pour un éclairement uniforme.* — D'après Frerichs [4] l'absorption optique du réseau fondamental commence à 5200 Å. La figure 1 donne les caractéristiques d'une couche activée avec Cd + Cu. Avec la lumière rouge ($\lambda > 5200$ Å) l'écart à la loi d'Ohm est net et semble passer par un maximum pour un certain éclairement. Le courant d'obscurité $i_0$ est pratiquement ohmique et en lumière bleue ($\lambda < 5200$ Å) le comportement assez semblable. Généralement $i_0$ dévie de la loi d'Ohm et le rouge accentue cette déviation beaucoup plus fortement que le bleu. J'ai vérifié que l'écart provenait non de barrières intercristallines mais des contacts S. C.-M.

*Éclairement dissymétrique.* — J'ai irradié la couche uniformément et délimité la zone éclairée avec un cache commandé par une vis micrométrique. La figure 2*a* indique le rapport R des courants. R est maximum quand la couche est éclairée à l'exception d'une bande très étroite ($\sim 10^{-2}$ cm) adjacente à une électrode. On obtient alors la caractéristique de la figure 2*b*. $R_{max}$ varie dans le même sens que l'écart à la loi d'Ohm dans le rouge. J'ai

(1) *Acad. Sc. U. R. S. S. J. Phys. theor. exp.*, **17**, vol. 6, 1944.
(2) Veith, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 947.
(3) *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 594.
(4) R. Frerichs, *Phys. Rev.*, **15**, 1949, p. 1869.

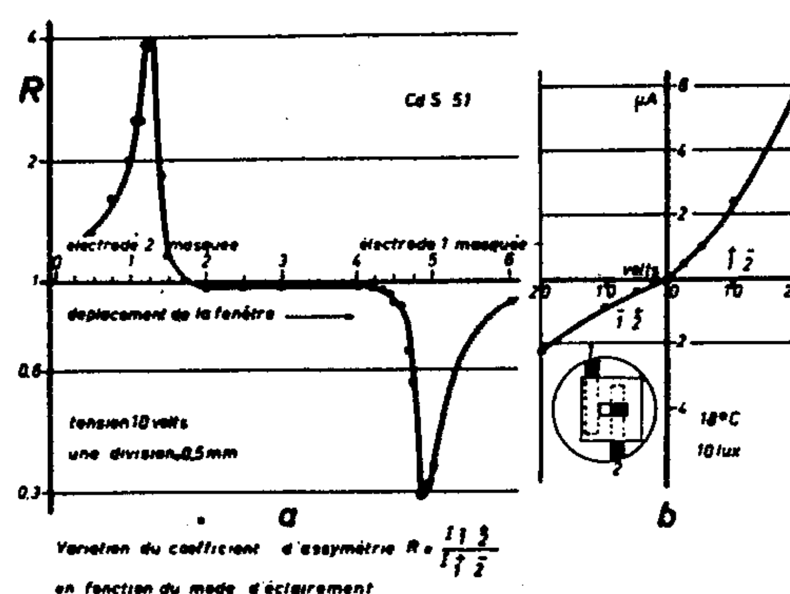
obtenu : $1/20 \leqq R_{max} \leqq 20$. Je n'ai pas observé d'effet photovoltaïque. Le sens de rectification indique que les porteurs sont des électrons (type *n*).

*Interprétation.* — La lumière rouge augmente la conductibilité des barrières S. C.-M. moins rapidement que la conductibilité du S. C. Dans le bleu les barrières sont relativement conductrices ([5]). Avec une électrode masquée, la tension dans le sens difficile est pratiquement appliquée au contact obscur




Courbes tension-courant d'une couche mince de CdS à diverses illuminations

Figure 1




Variation du coefficient d'assymétrie R en fonction du mode d'éclairement

Figure 2

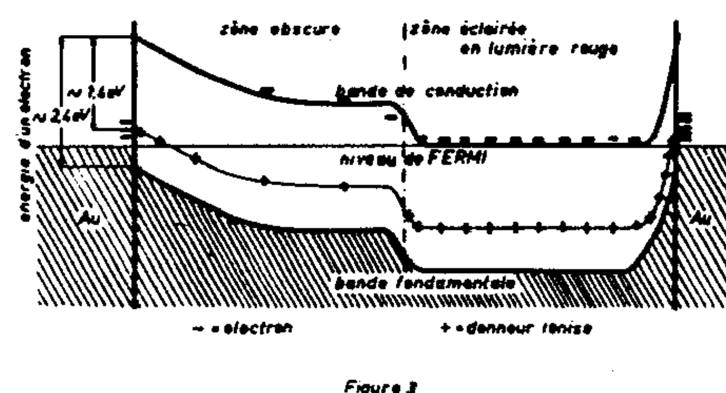



Figure 3

seul, tandis que dans le sens facile elle est appliquée principalement à la couche. C'est pourquoi le bleu et le rouge donnent des caractéristiques dissymétriques assez semblables. J'analyserai seulement le cas de la lumière rouge. La figure 3 est un schéma énergétique qui souligne les propriétés particulières de CdS. Les niveaux des impuretés donatrices sont profonds $E \sim 1,4 - 2$ eV ([4]). L'ionisation de ces impuretés est donc très faible à l'obscurité, même au voisinage de l'or. Dans la zone éclairée on peut admettre que les électrons ont une distribution thermique d'énergie ([6]) et définir un niveau de Fermi pour ceux-ci. Une forte ionisation optique amincit la barrière et déplace le niveau de Fermi de $\Delta V$ ([7]). Si les couches sont assimilables à un cristal sans trappes, on a $\Delta V \sim E/2 \sim 0,7$ eV. Les trappes conduisent sans doute à une valeur différente. D'autre part le déplacement du niveau de Fermi entraîne une variation

---

([5]) J. Bardeen, *B. S. T. J.*, 1950.

([6]) James, *Science*, **110**, n° 2854, 1949, p. 254-256.

([7]) *Voir*, par exemple, Thorrey et Whitmer, *Crystal Rectifiers*, 1948.

de la d.d.p. de contact S. C.-M. [8] et l'apparition d'une *barrière interne* à la limite d'éclairement. L'association contact obscur + barrière interne est à l'origine du redressement.

*Conclusion.* — Voici un mécanisme neuf de redressement spécifiquement photoélectrique, différent de la photodiode [9] et du phototransistor [10] où la lumière agit sur une caractéristique déjà dissymétrique. CdS très peu ionisé à l'obscurité et facilement photoionisable montre aisément cette rectification optique de même qu'il s'est révélé apte à d'autres modes de redressement [11].

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude spectrométrique du rayonnement γ émis par* $Au^{198}$. Note (*) de M. **Pierre Hubert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement émis lors de la désintégration du nucléide $Au^{198}_{79}$ a déjà fait l'objet d'un grand nombre de publications, malheureusement les résultats obtenus jusqu'à ces derniers temps n'étaient guère concordants et il était difficile de faire un choix parmi des résultats contradictoires.

La situation a commencé à se clarifier à la suite des publications de Hill [1] montrant que les raies de conversion interne trouvées par certains auteurs étaient dues à la présence de $Au^{199}$ formé par capture successive de deux neutrons lorsque l'irradiation est faite dans les grosses piles.

Il semblait alors que le schéma de désintégration était simple, comme l'indique Mitchell [2] dans un article où il donne la bibliographie des travaux les plus récents.

De nouveaux résultats étaient néanmoins publiés par Cavanagh et al. [3] qui signalent deux nouvelles raies d'énergie 0,67 et 1,09 MeV dont les intensités par rapport à la raie principale de 0,411 MeV sont respectivement 0,015 et 0,004.

Il m'a paru intéressant de reprendre cette étude afin de vérifier si ces radiations se retrouvent avec la même intensité dans une source de provenance différente, ce qui permet d'écarter l'hypothèse d'une activité parasite.

Ce travail a été effectué au moyen d'un spectromètre à lentille magnétique

---

(8) Une variation semblable a été constatée par Brattain pour le silicium (*Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 345).

(9) G. Benzer, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1267-1268.

(10) J. N. Shive, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 575.

(11) I. Broser et R. Warminsky, *Z. Naturforsch.*, 5 *a*, 1950, p. 62-63.

(*) Séance du 4 juin 1951.

(1) R. D. Hill et J. W. Mihelich, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 275.

(2) Allan C. G. Mitchell, *Rev. mod. Physics*, 22, 1950, p. 36.

(3) Cavanagh, Turner, Booker et Dunster, *Proc. Phys. Soc.*, 64, n° 373 A, 1951, p. 13.

réalisé et mis au point au Laboratoire de Synthèse Atomique à Ivry, suivant le principe indiqué dans une Note précédente ([1]). Dans ce cas particulier le spectromètre travaillait avec une source de 1 cm de diamètre, un pouvoir collecteur de 2,5 % et un pouvoir de résolution de 3,3 %.

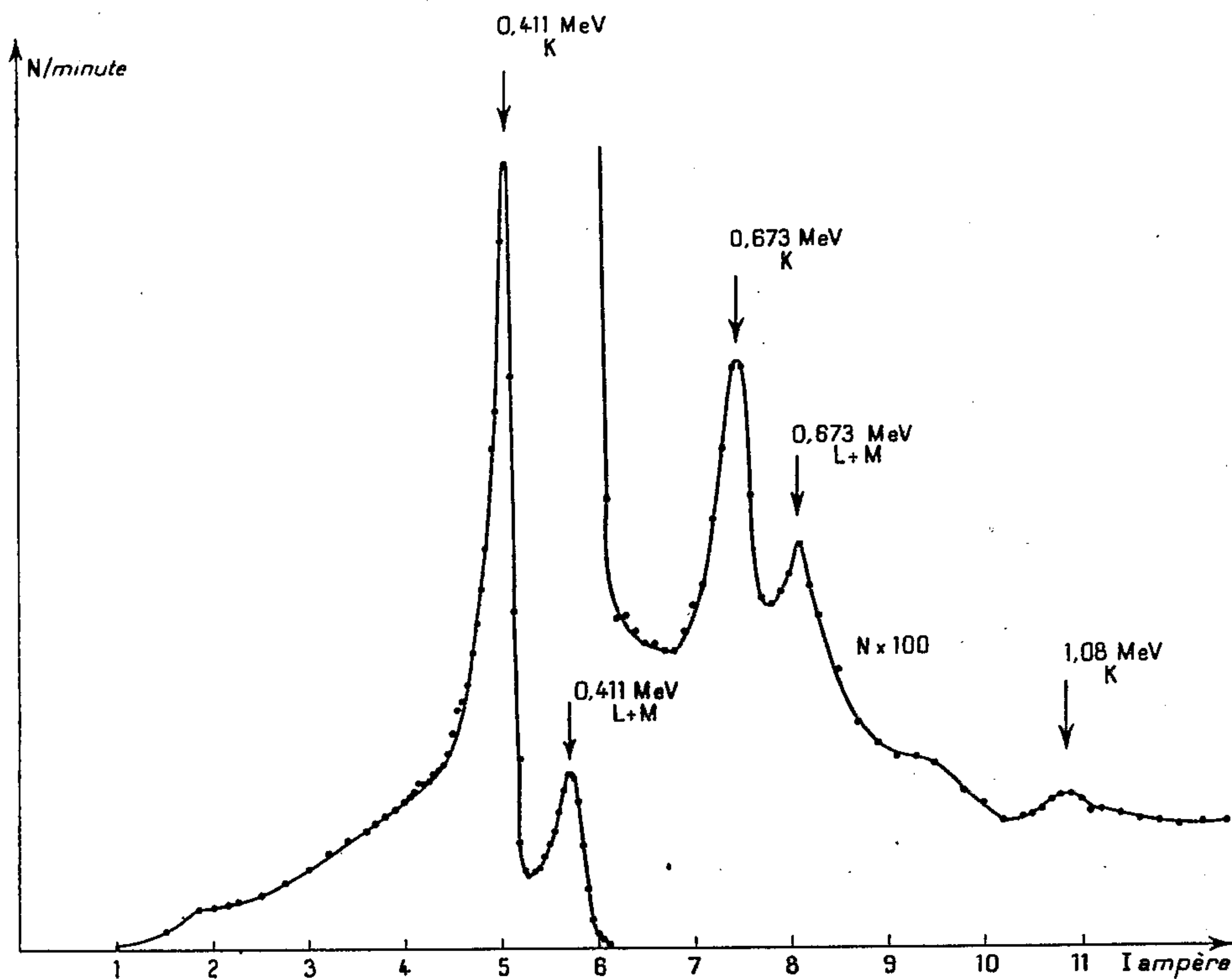



Fig. 1.

Les sources étaient constituées par des pastilles d'or fin de 0,2 mm d'épaisseur, irradiées à la pile de Châtillon et enfermées dans une capsule de laiton destinée à arrêter les β. La figure 1 représente le spectre obtenu lorsque l'on colle sur la capsule une feuille de Pb de 50 μ d'épaisseur. On voit cinq pics représentant l'effet photoélectrique dans le Pb de trois raies d'énergie : $411 \pm 2$, $673 \pm 3$, $1075 \pm 7$ keV.

L'intensité relative des trois raies a été calculée en mesurant la surface des pics, compte tenu de la contribution due à l'effet Compton et de la variation de section efficace photoélectrique avec l'énergie. On trouve ainsi des intensités dans le rapport $100/1{,}4 \pm 0{,}1/0{,}25 \pm 0{,}05$.

Vers les hautes énergies, l'étude a été poursuivie sans résultats jusqu'à 3,5 MeV. Il aurait été possible de déceler une raie ayant une intensité $I = 3.10^{-4} I_{0,411}$. Vers les basses énergies j'ai retrouvé en utilisant un radiateur

([1]) P. Hubert, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1464.

mince les deux pics signalés ([3]) et qui peuvent être attribués au rayonnement X caractéristique de l'or excité par le rayonnement $\gamma$ de la source.

Un contrôle de décroissance effectué sur la raie de 0,67 MeV a donné $T_{0,673}/T_{0,411} = 1,01 \pm 0,025$.

Pour éliminer la possibilité d'une activité parasite due à une contamination par le Hg, j'ai fait irradier une pastille d'or amalgamée superficiellement en la plongeant dans le mercure. Aucune différence n'a été observée quant à l'intensité relative des raies.

Il semble que le schéma de désintégration suivant puisse être adopté.

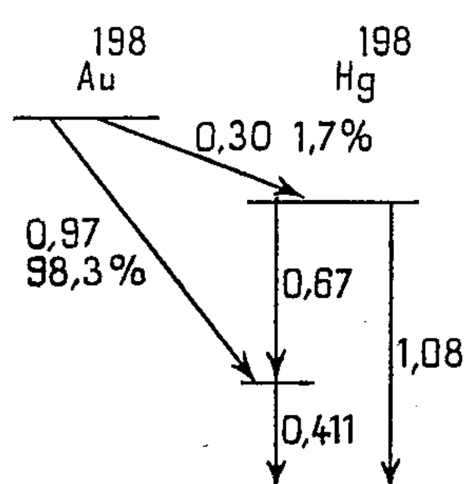



Fig. 2.

Ce schéma permet d'expliquer les coïncidences $\gamma\gamma$ signalées en très petite quantité par plusieurs auteurs, ainsi que certaines mesures d'absorption qui montrent une faible émission $\gamma$ vers 1 ou 2 MeV ([5]).

J'ai fait également une étude du spectre $\beta$ de $Au^{198}$. Les coefficients de conversions interne du $\gamma$ de 0,411 ont été trouvés égaux à $\alpha_K = 3 \pm 0,1 . 10^{-2}$, $\alpha_{L+M} = 1,5 \pm 0,1 . 10^{-2}$.

Aucune autre raie de conversion n'a été trouvée, la précision des mesures permettant de déceler $\alpha = 0,5 . 10^{-3}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Distribution spatiale de traces de strontium dans un cristal de nitrate de potassium.* Note (*) de M. **Jules Pauly**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans les cristaux de $NO_3K$, ayant entraîné $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$ lors de leur cristallisation, presque toute l'impureté est localisée dans la zone périphérique. A l'intérieur, la distribution est homogène et l'entraînement est proportionnel à la concentration en strontium dans la solution.

Nous avons étudié dans un travail antérieur ([1]) la cristallisation de $NO_3K$

---

([5]) G. A. Renard, *Thèse*, Paris, 1950.

(*) Séance du 4 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1478.

dans des solutions aqueuses contenant du $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$. Le rapport $R_0 =$ masse$(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$/masse $NO_3K$ variait de $10^{-6}$ à $10^{-1}$. L'entraînement global, identique pour les petits et les gros cristaux, était proportionnel à la concentration en strontium dans la solution.

Nous avons maintenant déterminé la distribution spatiale du strontium dans les cristaux en les dissolvant par couches successives dans un liquide convenable, et en mesurant au compteur l'activité. Par ailleurs, des cristaux purs étaient mis en contact avec une eau-mère active, afin de déterminer la pénétration du Sr.

Les essais permettent de construire des courbes représentant la masse de $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$ entraînée ($e$) par gramme de $NO_3K$, en fonction de la distance ($d$) au centre du cristal assimilé à une sphère dont le rayon est pris égal à 10.

Les gros cristaux (de l'ordre du cm, masse totale 17 g) sont dissous par de l'eau en 8 à 10 opérations successives, durant une demi-heure chacune. La courbe obtenue (*fig.* 1), montre que du centre à la périphérie l'entraînement est constant et faible ($\sim$ 5,5 %) sur une distance égale aux 2/3 du rayon. Dans le dernier tiers, la teneur en impureté croît très vite à mesure qu'on s'approche de la surface. Dans les mêmes conditions, nous avons étudié l'influence du rapport $R_0$ de la solution primitive sur la répartition du strontium (*fig.* 2 *a*, *b*, *c*, *d*). Les courbes de distribution sont semblables : à une distance donnée du centre, l'entraînement est proportionnel à la concentration initiale de la solution. Dans les branches horizontales $e/R_0$ est constant.

Pour éviter une dissolution inégale et trop rapide des petits cristaux (de l'ordre du 1/10$^e$ de millimètre) par l'eau, nous avons employé l'alcool méthylique, solvant faible. Les mesures ont porté sur des masses petites (2,9 g) et ne sont donc pas très précises; elles permettent néanmoins d'observer que l'accroissement de l'entraînement au voisinage de la surface, est moins brutal que dans les gros cristaux. Cet effet est dû sans doute à la présence, entre les grains, d'eau-mère résiduelle difficile à enlever par lavage. Cependant, pour les gros et les petits cristaux, nous avons des courbes assez semblables pour pouvoir admettre que la répartition est comparable dans les deux cas (*fig.* 1).

En perfectionnant la technique par l'emploi d'un appareil à extraction du type Soxhlet, nous avons pu effectuer la dissolution par couches très fines. Avec de l'alcool éthylique à 96° à l'ébullition, on observe que le strontium est réparti sur une zone périphérique plus étroite que précédemment ($\sim$ 1/20 du rayon, *fig.* 3.)

L'augmentation de la teneur en strontium près de la surface étant très importante, nous avons vérifié que l'entraînement n'était pas dû à une pénétration de l'impureté à partir de la solution. Des gros cristaux de $NO_3K$ pur sont mis, pendant le temps opératoire précédant (une demi-heure), en contact avec une eau-mère contenant $Sr^*$, et la distribution est mesurée par

dissolution avec de l'eau. La figure 2 *e* montre que l'impureté pénètre notablement dans la zone périphérique, mais n'atteint pas le centre du cristal. Cette expérience nous fait penser que pendant la dissolution dans l'eau d'un cristal impur, une partie du Sr* passé dans la solution peut retourner dans le cristal et élargir la région superficielle apparente.

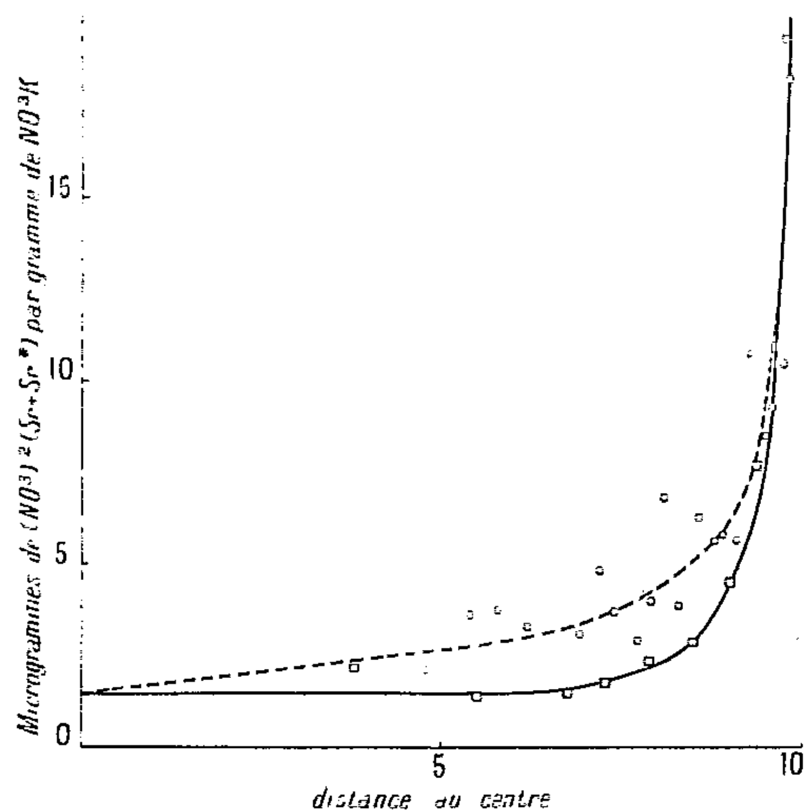



Fig. 1.

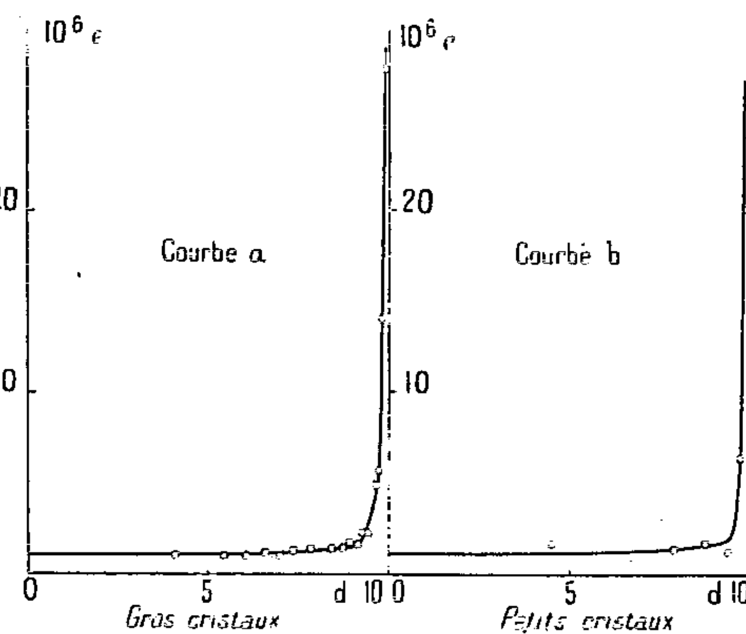



Fig. 3.

Fig. 1. — Répartition de $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$ dans des petits et des gros cristaux de $NO_3K$ ($R_0 = 10^{-2}$).
Gros cristaux : courbe ———. Petits cristaux : courbe - - - - - - -.

Fig. 3. — Dissolution à l'alcool des cristaux actifs ($R_0 = 10^{-2}$).

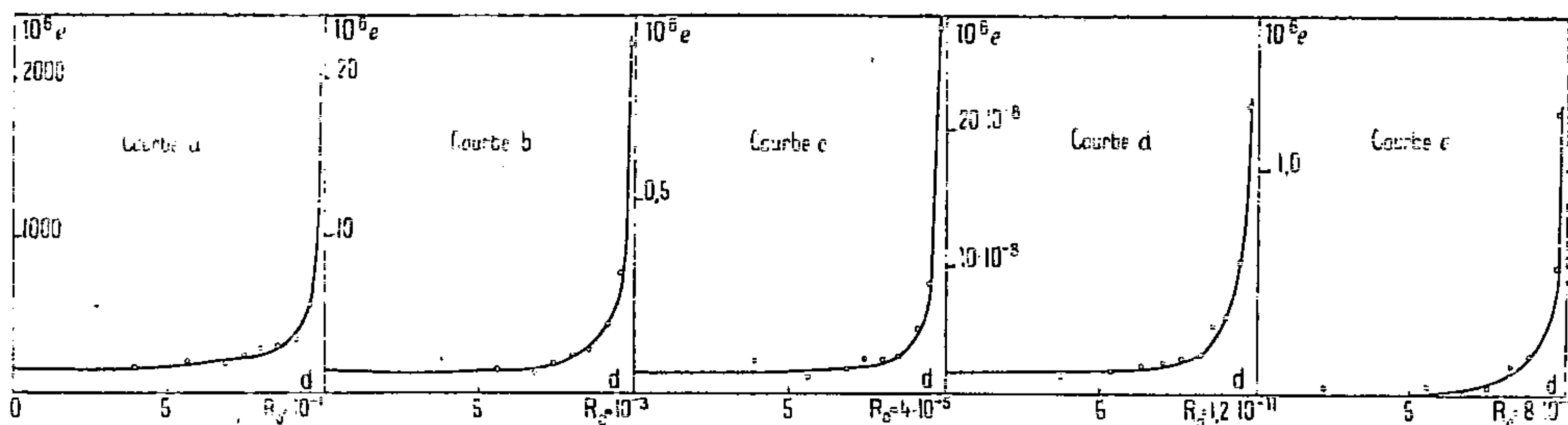



Fig. 2.

Fig. 2. — Les courbes *a*, *b*, *c*, *d* se rapportent à des cristaux formés dans une solution active pour des rapports $R_0$ variables. La courbe *e* correspond à un cristal inactif mis en contact avec une eau-mère active pour un rapport $R_0 = 8.10^{-5}$.

De l'ensemble de ces résultats on peut dire que l'entraînement central homogène ($\sim 5\%$) n'est pas provoqué par la pénétration de la solution aqueuse. L'épaisseur apparente de la zone périphérique varie avec la nature du solvant et avec le nombre de couches enlevées. Avec l'eau elle représente un tiers du rayon, sans doute parce que ce solvant favorise la pénétration

de l'impureté. Par des dissolutions plus fines avec l'alcool, la zone de localisation du strontium est réduite à 1/20 du rayon. Dans tous les essais son importance est proportionnelle à la grosseur du cristal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique de décomposition de l'acide nitrique en phase vapeur.* Note de M. **Claude Frejacques**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La cinétique de décomposition de l'acide nitrique en phase vapeur a été étudiée de 260° C à 450° C sous des pressions de quelques millimètres à quelques centimètres de mercure. Cette étude nous a conduit accessoirement à des résultats nouveaux pour la réaction de NO sur $NO_3H$, qui avait déjà fait l'objet de mesures à plus basse température par Smith ([1]).

A. Méthodes. — Jusqu'à 380° C nous avons suivi la réaction en mesurant à la fois la pression totale et, par absorption dans le visible, la quantité de $NO_2$ présente dans la chambre. Un calcul simple permet alors de calculer les pressions partielles de tous les constituants du mélange.

Au-dessus de 380°C, la réaction est trop rapide : nous avons utilisé le cinéspectrographe de Laporte ([2]) mis à notre disposition par son auteur. Nous mesurions ainsi l'apparition de $NO_2$ dans la chambre de réaction. L'étude préliminaire de la décomposition de $NO_2$ par cette méthode ayant révélé une période d'induction d'une seconde, il est probable que la définition du temps zéro dans ces essais est limitée par le temps d'établissement de l'équilibre thermique.

B. Résultats. — La réaction est homogène à 96 % dans nos conditions expérimentales.

*Déroulement de la réaction.* — L'analyse logarithmique (vitesse, concentration) de la courbe de décomposition de l'acide nitrique révèle deux phases bien différentes jusqu'à 360°C : un début de réaction d'ordre 2 suivi d'une réaction d'ordre zéro environ. L'importance de cette deuxième phase diminue quand la température augmente. L'oxyde azotique n'apparaît qu'à la fin de la première phase, tandis que le taux de peroxyde d'azote passe par un maximum en fin de réaction; ce maximum s'accentue avec la température : à 450°C, 95 % du $NO_2$ contenu dans l'acide nitrique sont libérés sous cette forme. L'évolution vers l'équilibre $2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$ se fait plus lentement.

*Réaction initiale.* — La réaction de décomposition en fonction des conditions initiales est d'ordre 2 :

$$\frac{d(NO_3H)}{dt} = k(NO_3H)^2.$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Température (°C).... | 260 | 300 | 340 | 380 | 420 |
| $k$ (l : mole.mn)...... | 2,74 | 28 | 189 | 992 | 4.030 |

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 1747.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950.

L'énergie d'activation est de 33,5 kc : mole, $k = 3,4.10^{14}\, e^{-33\,500/RT}$.

*Action de* NO. — Dans les conditions où la décomposition de l'acide nitrique seul est lente (température et pression faibles), on observe une réaction d'ordre 2 entre NO et $NO_3H$ en fonction des concentrations initiales et du temps.

$$\frac{d(NO_3H)}{dt} = k(NO)(NO_3H) \qquad (k = 35\ \text{l : mole.mn à } 265^\circ\ \text{C}).$$

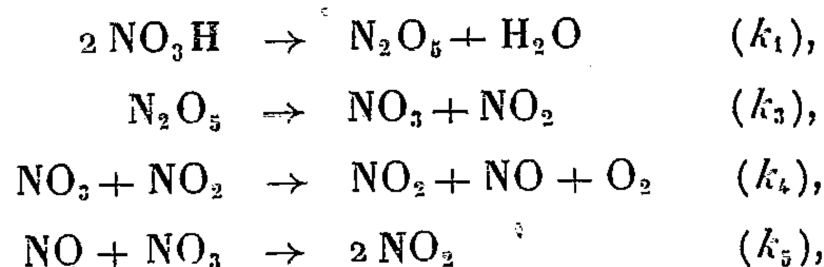
L'énergie d'activation de cette réaction est de 13 kcal environ. A haute température, elle est plus lente que la décomposition directe de l'acide nitrique et NO n'a plus d'influence; il faut remarquer dans ce cas que le NO est immédiatement oxydé à l'état de $NO_2$ au fur et à mesure de la décomposition à l'acide nitrique.

C. Interprétation. — Tous les faits observés s'interprètent quantitativement si l'on écrit la réaction de décomposition de l'acide nitrique comme somme des deux réactions que nous venons d'étudier :

$$\frac{d(NO_3H)}{dt} = k_1(NO_3H)_2 + k_2(NO)(NO_3H).$$

En particulier $k_2$, tel qu'on peut le calculer par différence à partir du stade quasi d'ordre zéro de la courbe de décomposition de l'acide nitrique est bien constant et égal à la valeur obtenue à partir des réactions initiales $NO + NO_3H$, ce qui est un test très sûr.

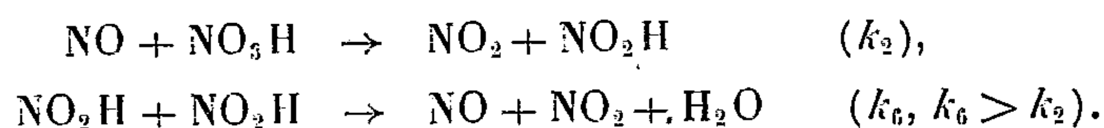
Nous proposons pour la décomposition de $NO_3H$ seul le mécanisme suivant :



$$\begin{array}{rcll} 2\,NO_3H & \rightarrow & N_2O_5 + H_2O & (k_1), \\ N_2O_5 & \rightarrow & NO_3 + NO_2 & (k_3), \\ NO_3 + NO_2 & \rightarrow & NO_2 + NO + O_2 & (k_4), \\ NO + NO_3 & \rightarrow & 2\,NO_2 & (k_5), \end{array}$$

$k_3\, k_4\, k_5$ connus par la décomposition de $N_2O_5$, sont très supérieurs à $k_1$ qui contrôle la réaction; $k_5$ est responsable de l'oxydation de NO en $NO_2$ déjà signalée.

La réaction de NO sur $NO_3H$ *peut* avoir comme mécanisme :



$$\begin{array}{rcll} NO + NO_3H & \rightarrow & NO_2 + NO_2H & (k_2), \\ NO_2H + NO_2H & \rightarrow & NO + NO_2 + H_2O & (k_6,\ k_6 > k_2). \end{array}$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par diffraction électronique de la carbonatation d'une solution de chaux*. Note de M. Henry Bilde, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans un précédent travail (¹) nous avons étudié par diffraction électronique le mouillage à l'air ambiant d'un ciment siliceux dont les grains étaient recouverts d'une pellicule de chaux hydratée. Les résultats obtenus nous ont révélé l'existence de trois spectres : celui de la calcite, un autre formé de deux anneaux flous et un dernier présentant toutes les raies de la calcite avec des renforcements importants pour celles correspondant à des distances interréticulaires de 3,03, 1,92 et 1,43 Å.

Nous nous sommes proposé de chercher si ces spectres étaient dus à la seule action de l'anhydride carbonique de l'air sur la chaux contenue dans le ciment, ou à l'intervention d'un autre constituant de celui-ci.

Pour cela, nous avons préparé des solutions à différentes concentrations dans une eau primitivement décarbonatée, avec une chaux elle-même dépourvue de carbonate. Puis nous avons étudié par diffraction électronique les compositions de la solution et de la pellicule formée à sa surface à l'air ambiant, en fonction du temps et de la concentration.

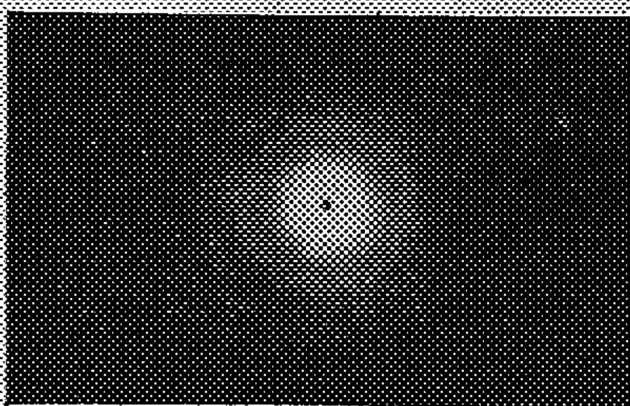


Fig. 1.

La pellicule ne se forme pas dans un dessiccateur à chaux sodée mais au contraire immédiatement à l'air. Dans tous les cas, l'évaporation de la solution donne naissance à des cristaux de chaux hydratée, cristallographiquement bien définie, alors que la pellicule, dès le début de sa formation, donne un spectre d'anneaux flous (*fig.* 1) auquel se substitue par la suite le diagramme de la calcite en cristaux plus ou moins gros. Leur croissance est d'autant plus rapide que la solution est plus diluée; d'autre part, lorsqu'elle est saturée et contient de la chaux en excès, on observe le résultat déjà trouvé sur le ciment siliceux : les anneaux correspondant aux

(¹) H. Lafuma, R. Lecuir et H. Bilde, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 441.

distances interréticulaires 3,03, 1,92 et 1,43 Å, c'est-à-dire aux plans 200, 220 et 222 du rhomboèdre de clivage d'arête $a = 6,41$ Å, apparaissent beaucoup plus intensément que dans le spectre de la calcite (*fig.* 2 et 3); ils coïncident d'ailleurs avec la position des anneaux flous.

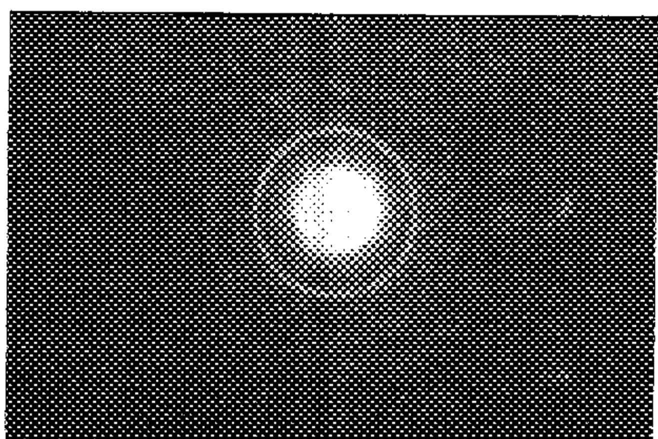


Fig. 2.

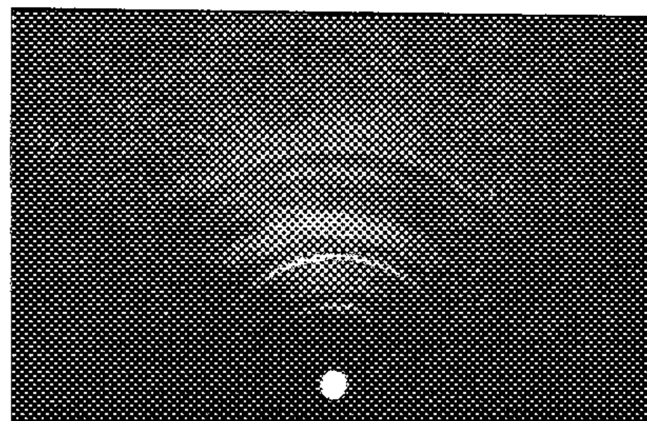


Fig. 3. — Calcite normale.

Il en résulte que les spectres obtenus au cours de l'étude du ciment siliceux étaient bien dus à la seule action du gaz carbonique de l'air sur la chaux présente à la surface des grains.

Pour trouver une explication à ces diagrammes, nous avons étudié la recristallisation d'une pellicule recueillie au début de sa formation. Après un séjour de plusieurs heures sous vide, on n'observe pas de transformation et il faut la chauffer aux environs de 100° pour constater l'apparition du spectre de la calcite présentant plus ou moins le renforcement des anneaux 200 et 220 (*fig.* 4).

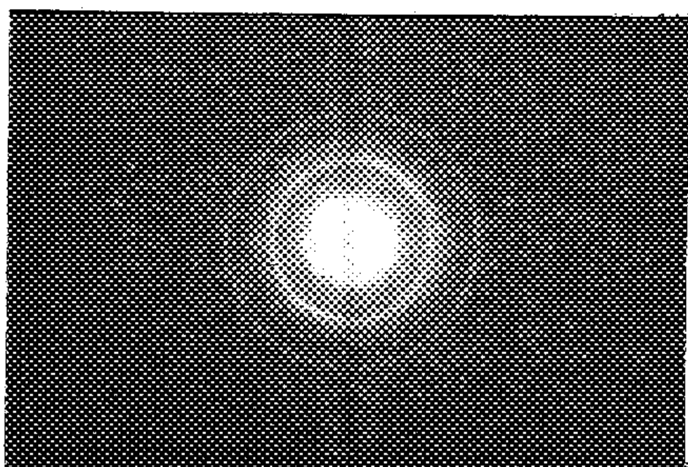


Fig. 4.

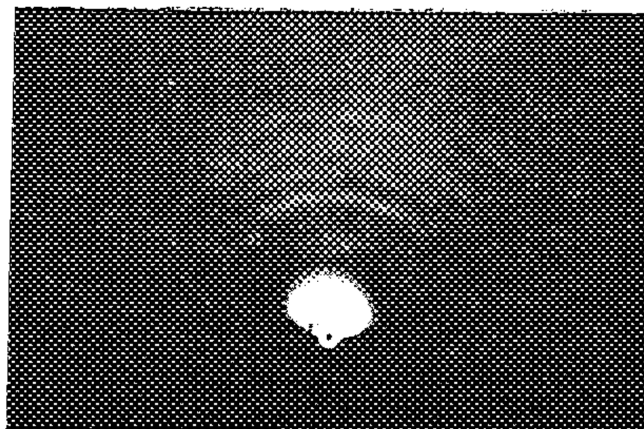


Fig. 5.

Nous pouvons donc conclure que nous n'étions pas en présence d'un carbonate basique de calcium qui aurait donné, par un traitement analogue, de la chaux vive sans passer par le carbonate neutre. D'ailleurs, nous avons pu suivre, par chauffage à l'intérieur de l'appareil, la transformation de la calcite en chaux sans remarquer d'anomalie d'intensité ni de raies supplémentaires (*fig.* 5).

Le carbonate acide et le carbonate hydraté étant connus comme instables à la température ambiante et sous la pression atmosphérique, on ne peut donc que conclure à l'existence, au début de la carbonatation d'une solution de chaux, de cristaux de carbonate neutre de calcium de l'ordre de 30 à 40 Å (spectre d'anneaux flous) qui augmentent ensuite de taille en passant par un état d'organisation intermédiaire et dont la forme cristalline reste à déterminer (renforcement des anneaux 200, 220, 222).

L'affaiblissement des autres raies du spectre ne peut s'expliquer par un phénomène d'orientation, car il se reproduit quel que soit l'angle de la pellicule avec le faisceau direct.

Nous nous proposons dans un prochain travail de déterminer ces modifications structurales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du* pH *sur l'équilibre des complexes de la β-alanine et du cuivre*. Note (*) de M. JEAN CURCHOD, présentée par M. Louis Hackspill.

Détermination en fonction du pH, des pourcentages des constituants en équilibre dans les mélanges $SO_4Cu$—β-alanine. Les complexes Cuβ-(alanine) et Cu(β-alanine)$_2$ sont dosés par spectrophotométrie et le cuivre libre par électrométrie.

Dans une étude spectrophotométrique des complexes de la β-alanine et du cuivre nous avons montré en appliquant la méthode de P. Job (1), qu'à pH 5,70 il existait deux complexes, respectivement, de forme CuR et $CuR_2$ (2).

Nous allons maintenant étudier, en fonction du pH, les proportions des divers constituants ($Cu^{++}$ libre, complexe CuR, complexe $CuR_2$), en équilibre dans la solution.

*Ion* $Cu^{++}$ *libre*. — Nous avons employé une méthode électrométrique basée sur les mesures de potentiels des deux chaînes.

I. Amal. Cu (deux phases $x$ cm³ $SO_4Cu$, $a$, dans $SO_4K_2$, $c$, $+ (1-x)$ cm³ $SO_4K_2$, $c$ / KCl sat. // $Hg_2Cl_2$, Hg.

II. Amal. Cu (deux phases) $x$ cm³ $SO_4Cu$, $a$, dans $SO_4K_2$, $c$, $+(1-x)$ cm³ β-alanine, $a$, dans $SO_4K_2$, $c$ / KCl sat. // $Hg_2Cl_2$, Hg.

Les f. é. m. de ces deux chaînes mesurées sous azote, à 0,1 mV près, et à 25° ± 0,1, sont respectivement :

$$E_I = E_C - E_0 - 2,302\frac{RT}{2F}\log ax f_{Cu^{++}},$$

$$E_{II} = E_C - E_0 - 2,302\frac{RT}{2F}\log (Cu^{++}) f_{Cu^{++}},$$

(*) Séance du 16 mai 1951.

(1) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113.

(2) M. QUINTIN et J. CURCHOD, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1662.

où $E_C$ est le potentiel de l'électrode de référence, $E_0$ le potentiel normal de l'amalgame de cuivre et $f_{Cu^{++}}$ le coefficient d'activité de l'ion $Cu^{++}$ ([3]).

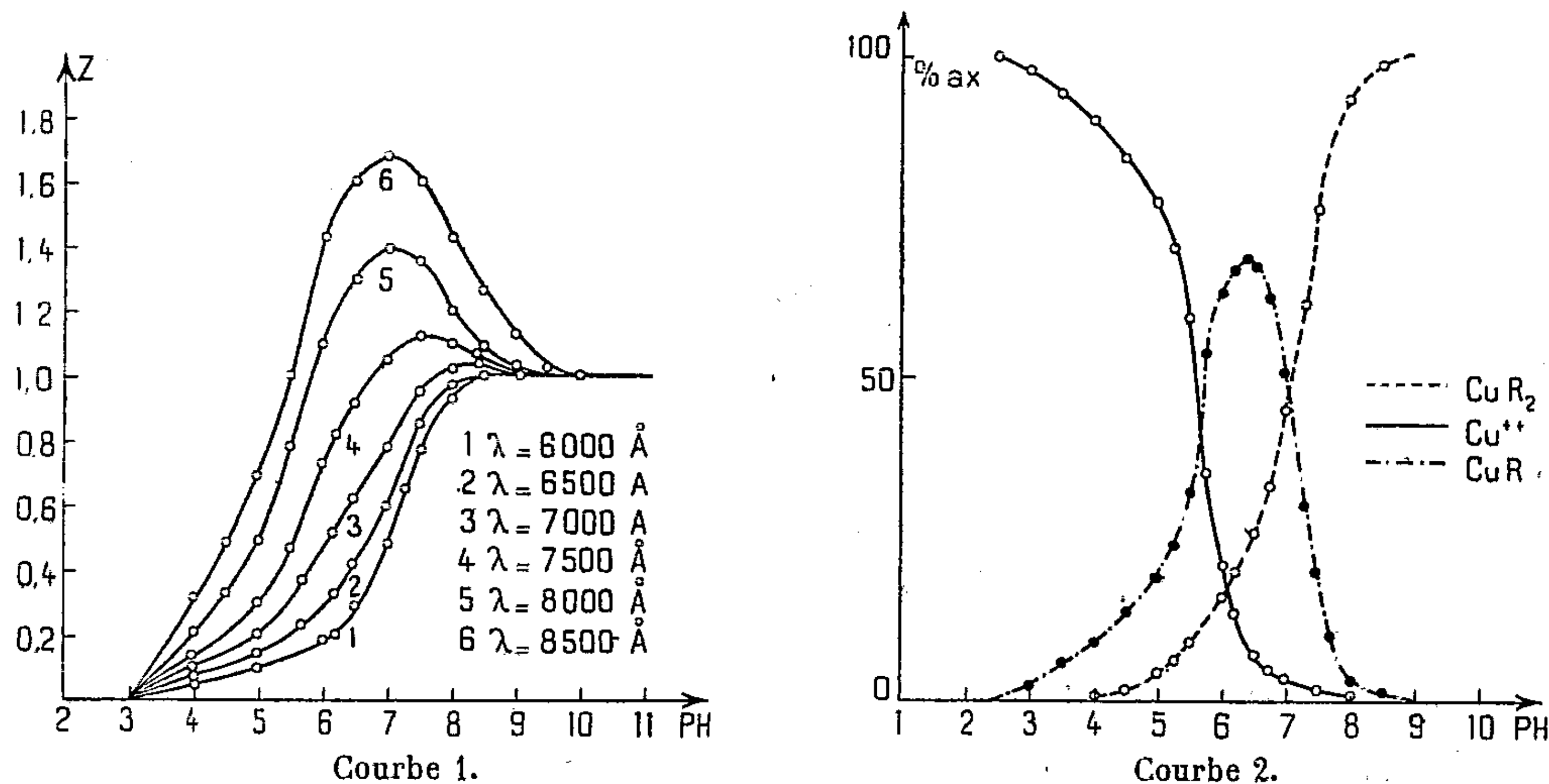
En retranchant membre à membre on obtient la concentration en cuivre libre par la relation

$$\log \frac{(Cu^{++})}{ax} = \frac{E_I - E_{II}}{2,302 \frac{RT}{2F}}.$$

Ces mesures électrométriques sont délicates en raison de l'oxydation rapide de l'amalgame de cuivre, à des pH supérieurs à 6, mais cependant nous avons réussi à obtenir la courbe des variations du cuivre libre en fonction du pH pour les mélanges $x = 0,1$ et jusqu'à pH $= 7,0$.

*Complexe* 1-2. — Le complexe $CuR_2$ dans lequel deux molécules de β-alanine sont associées à un atome de cuivre existe seul aux pH alcalins. C'est ainsi que pour les pH de 8,40; 8,95; 9,40; 9,80 les courbes d'absorption des mélanges β-alanine-cuivre sont les mêmes, à la précision des mesures près, et qu'en plus, ces mélanges suivent la loi de Beer.

En appliquant alors la méthode de P. Job ([4]) à ces courbes d'absorption nous pouvons déterminer la concentration du complexe $CuR_2$. Pour cela on construit, à concentrations constantes en cuivre et en β-alanine, les variations de la densité optique $\Delta$ en fonction du pH pour différentes longueurs d'onde. On constate que $\Delta$ tend vers une limite $\Delta_{lim}$ lorsque le pH est suffisamment alcalin.



Courbe 1. Courbe 2.

Si l'on construit les courbes $z = [\Delta - \varepsilon_0(Cu^{++})]/\Delta_{lim}$ en fonction du pH, où $\varepsilon_0(Cu^{++})$ représente l'absorption due aux ions $Cu^{++}$ libres, dont nous connaissons la concentration, on obtient les courbes 1.

---

([3]) $f_{Cu^{++}}$ étant constant puisque nous opérons à force ionique constante.

([4]) *Ann. Chim.*, (11), 6, 1936, p. 97.

Jusqu'à $\lambda = 6500$ Å les courbes ne présentent pas de maximum; on peut donc admettre qu'elles correspondent uniquement à l'absorption du deuxième complexe; elles permettent ainsi de calculer la teneur en $CuR_2$.

*Complexe* 1-1. — Si nous supposons qu'il n'existe dans les mélanges $SO_4Cu$-β-alanine que deux complexes et des ions $Cu^{++}$ libres, on obtient les teneurs en CuR par différence.

Les courbes 2 représentent donc pour les solutions dans lesquelles $x = 0, 1$, les variations des teneurs en complexe 1-1, 1-2 et en $Cu^{++}$ libre en fonction du pH.

On voit que la teneur en complexe CuR est maximum pour pH 6,30 et qu'à partir de pH 8,00 il n'y a pratiquement plus que $CuR_2$, ce qui explique que les différentes courbes d'absorption déterminées soient les mêmes et que les mélanges suivent la loi de Beer, puisqu'il n'y a plus qu'un seul corps coloré.

Les courbes d'absorption des trois constituants et les constantes d'équilibre des deux complexes feront l'objet d'une Note ultérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le système binaire eau-anhydride chromique.* Note de (*) M. **Guy Vuillard**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude des équilibres liquide-solide met en évidence deux températures d'invariance. L'une à −113° (eutexie) est repérée jusqu'à une teneur en $CrO_3$ de 59 % ; l'autre à −102° (transition) se manifeste à partir de 60 % et jusqu'aux environs de 97 %.

La combinaison qui correspond au point de transition a pour composition $2CrO_3 7H_2O$.

Les équilibres liquide-solide du système $H_2O - CrO_3$ ont été étudiés par différents auteurs (1), (2), (3), (4). On connaît une branche de glace et une branche représentant la solubilité dans l'eau de l'anhydride chromique. Le raccordement de ces deux branches et l'équilibre invariant correspondant n'ont pu faire l'objet de mesures directes en raison des difficultés rencontrées dans la solidification des mélanges. Les auteurs ont admis l'existence d'un eutectique entre glace et anhydride chromique solide; le point d'eutexie déterminé par extrapolation a été placé en 1913 par Buchner et Prins (4) vers −155° et $CrO_3$ % : 60,5. On a pensé qu'aucune combinaison ne se manifestait à l'état solide entre l'eau et l'anhydride chromique.

J'ai repris l'étude de ce binaire à l'aide d'une méthode utilisée par

(*) Séance du 28 mai 1951.

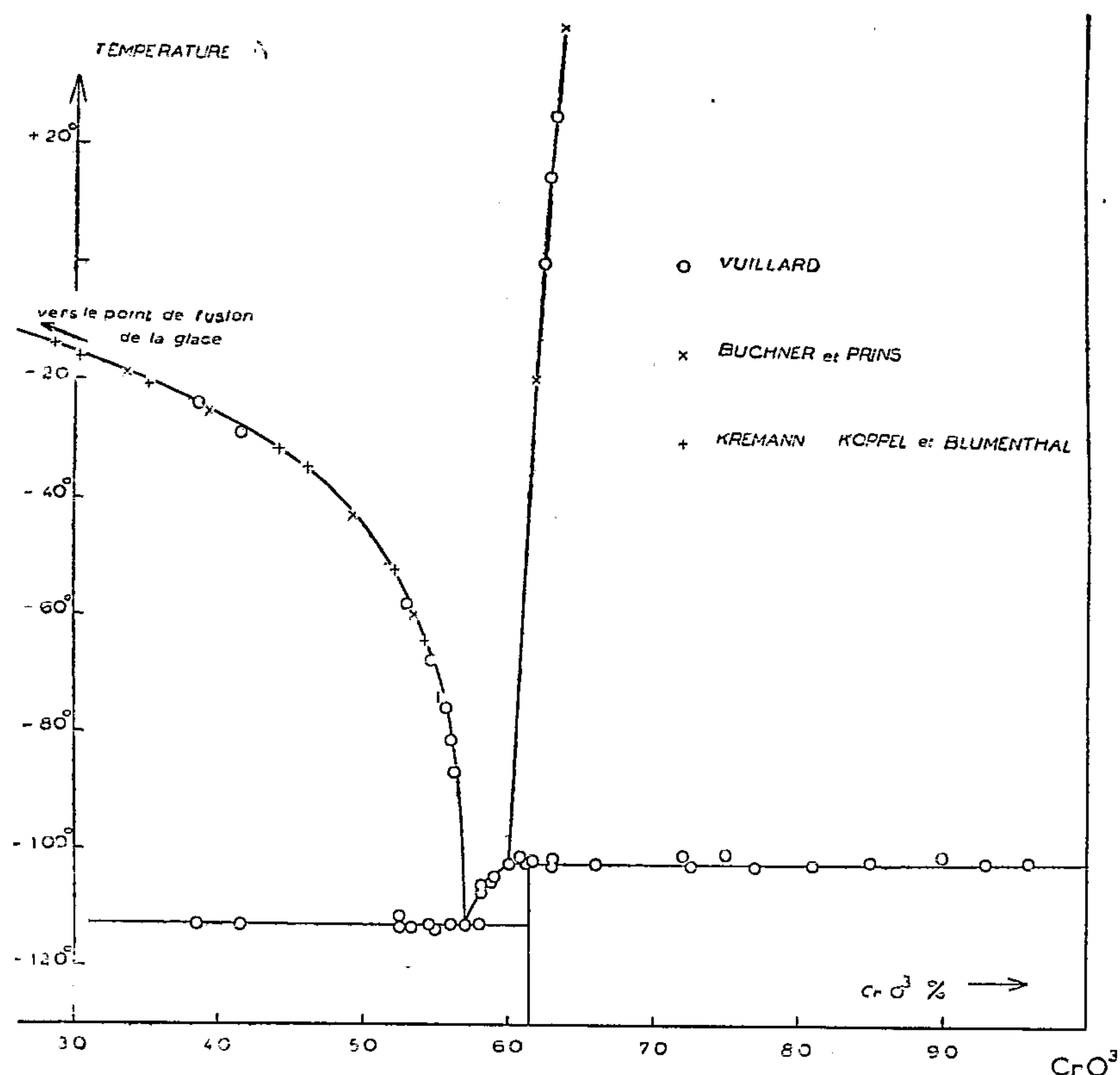
(1) Koppel und Blumenthal, *Z. Anorg. Chem.*, **53**, 1907, p. 228.

(2) Jones and Basset, *Amer. Chem. Journ.*, **34**, 1905, p. 333.

(3) Kremann, *Wien. Akad. Ber.*, **120**, 1911, p. 339.

(4) Buchner und Prins, *Z. Physik. Chem.*, **81**, 1913, p. 113.

A. P. Rollet [5]. La cristallisation des mélanges est obtenue en les maintenant à une température suffisamment basse. Les mélanges sont ensuite soumis à l'analyse thermique (courbes d'échauffement).




Le dispositif expérimental est le suivant. Dans un cylindre de cuivre de 60 mm sont ménagés deux logements symétriques de 23 mm de diamètre, recevant chacun une éprouvette de verre. L'une de ces éprouvettes contient du benzène, l'autre contient une masse égale du mélange eau-anhydride chromique à étudier. La différence de température entre les deux milieux est déterminée par un couple cuivre-constantan. Un autre couple permet de mesurer la température du mélange étudié; pour l'étalonnage de ce couple, les points de fusion du mercure, du sulfure de carbone et de l'oxyde d'éthyle ont été utilisés. Un dispositif assure au réchauffement une vitesse approximativement constante à partir de — 180° (environ 50° à l'heure). Les différences de température entre le mélange étudié et le benzène sont relevées toutes les 2 mn.

Les courbes obtenues avec les mélanges contenant moins de 57 % d'anhydride chromique montrent l'apparition d'une notable différence de tempé-

---

(5) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1763 et 202, 1936, p. 1863.

rature à partir de — 120°. L'accident se prolonge jusqu'à — 113°. Un deuxième accident se présente à une température supérieure, variable avec la composition; il marque la fin de fusion de la glace. Ce deuxième accident disparaît au delà de 56 % .

Avec les compositions comprises entre 57 % et 60 % on note encore l'apparition du premier phénomène à — 120°. Mais la fin se relève régulièrement lorsqu'on s'approche de 60 %, passant ainsi de — 113° à — 102°.

Au delà de 60 % l'accident ne débute qu'à — 110° pour se terminer vers — 102°. Il s'amenuise progressivement et disparaît aux environs de la composition 97 %. Le maximum de l'effet thermique se place à 62 %. Aucun autre accident thermique n'est observé jusqu'à la température ordinaire.

L'ensemble de ces résultats est porté sur la figure. Le diagramme rassemble aussi les résultats obtenus par les auteurs qui ont étudié le système. On reconnaît un point d'eutexie de coordonnées : 113° et 57 %; un point de transition — 102° et 60 %. La combinaison responsable du point de transition a une composition voisine de 62 %, maximum de l'effet thermique observé à — 102°.

La formule $CrO_3.3,5\,H_2O$ représente 61,4 %. Une formule avec nombre entier (4 ou 3 $H_2O$) ne semble pas compatible avec les résultats obtenus. Cela correspondrait respectivement à 58,1 et 64,9 %. Si l'on tient compte du fait qu'une solution aqueuse concentrée d'anhydride chromique renferme principalement l'ion $Cr_2O_7^{--}$, on peut supposer que la combinaison qui se manifeste dans l'équilibre liquide-solide du système répond à la formule $Cr_2O_7H_2.6\,H_2O$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le système eau-biuret.* Note (*) de MM. **Antoine-Pierre Rollet** et **Roger Cohen-Adad**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le biuret fourni par le commerce se présente généralement en petits cristaux grenus. Il est impur et plusieurs cristallisations dans l'eau ne semblent pas l'améliorer nettement. L'impureté principale est constituée par l'acide cyanurique. Une méthode efficace de purification a été signalée par Werner (1) : le biuret est dissous dans une liqueur de soude et précipité par un courant d'anhydride carbonique.

On peut réduire cette méthode de purification à une simple recristallisation du biuret dans une liqueur chaude de soude approximativement normale; le refroidissement suffit à provoquer le dépôt des cristaux. Il y a avantage à recommencer l'opération et à terminer par une recristallisation

(*) Séance du 28 mai 1951.

(1) *The chemistry of urea*, Londres, 1923.

dans l'eau seule. On obtient, selon le mode de refroidissement, de longues et fines aiguilles ou des prismes.

Le cristal n'a pas été décrit. Il est aciculaire à faciès prismatique, et manifeste au microscope polarisant une symétrie vraisemblablement monoclinique. Par suite de la combinaison de nombreux prismes à notations différentes, les faces verticales des cristaux sont cannelées longitudinalement. Les faces terminales $p(001)$ sont toujours bien développées et planes. Les cristaux possèdent un clivage très facile et parfait suivant la face $p(001)$ ([2]).

Il s'agit d'un hydrate généralement considéré comme répondant à une formule simple : une molécule de biuret pour une d'eau ([3]). Il a tendance à s'effleurir dès la température ordinaire. Nous avons déterminé sa teneur en eau à partir de cristaux plus ou moins humides, déshydratés dans un courant d'air saturé de vapeur d'eau à 18°. L'opération conduite à la température de 28° donne, après quelques pesées, un palier de masse indiquant la fin de la dessiccation des cristaux; la déshydratation ne s'amorce pas. A la température de 50°, après la brisure de la fin de dessiccation, la déshydratation se poursuit, mais, assez lente, elle demande une centaine d'heures pour être complète. Aucun accident ne se manifeste; aucun autre hydrate n'est mis en évidence.

La teneur en eau que l'on calcule est comprise entre 11,9 et 12,25 %; elle cadre bien avec les déterminations de Schiff ([4]) (12,2 à 12,3). Les résultats obtenus à partir de fines aiguilles fortement humides, ou bien de gros prismes (environ 1 cm) à peine humectés d'eau mère, restent toujours compris entre ces limites. La formule qui se rapproche le plus des chiffres trouvés est un peu imprévue : cinq molécules de biuret pour quatre d'eau (12,26 %, alors que le monohydrate correspond à 14,88 %). Il paraît cependant difficile d'admettre l'existence du monohydrate.

Nous avons étudié le système binaire eau-biuret sous la pression atmosphérique, ainsi que sous pression pour toute la région située au-dessus du point d'ébullition de la solution saturée.

Les méthodes mises en œuvre ont été : l'analyse thermique (courbes d'échauffement et courbes de refroidissement), la mesure par analyse de la solubilité, et enfin l'observation directe de la disparition de la phase solide dans un milieu agité, de température lentement croissante (1° en 2 ou 3 mn). Des recoupements ont permis de constater la concordance des résultats fournis par ces trois méthodes de travail.

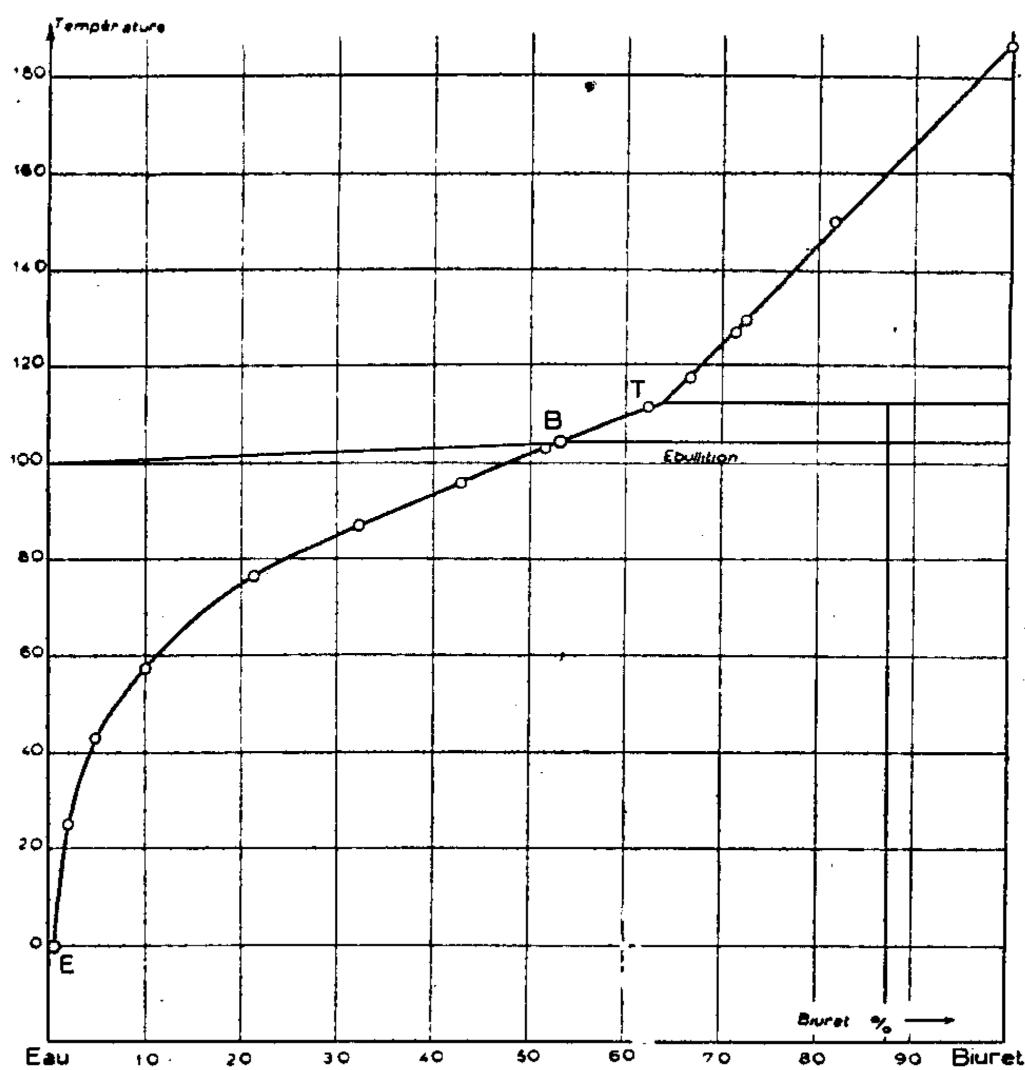
---

([2]) Observations de M. L. Royer.

([3]) Baeyer, *Ann. Chem.* 130, 1864, p. 154; Schiff, *ibid.*, 299, 1898, p. 240, signalent que l'analyse donne un net déficit d'eau par rapport à la formule du monohydrate.

([4]) *Loc. cit.*

Le diagramme ci-dessous montre un point d'eutexie E glace-biuret hydraté, avec les coordonnées suivantes : — 0°,084 et 0,48 % (g de biuret dans 100 g de solution). La solubilité du biuret, faible à 0°, croît vite quand la température s'élève. A 25° on trouve 2,01 %, à 50° : 7,0 % et à 75° : 20,0 %. Au point d'ébullition B (760 mm) 105°,05 elle atteint 53,5 %. C'est toujours l'hydrate qui constitue la phase solide.




Sous pression un point de transition T apparaît. Les deux solides en équilibre avec la solution sont l'hydrate et le biuret anhydre (coordonnées : 112°,5 et 63,5 %).

La fin de la branche de liquidus rejoint directement le point de fusion du biuret. Mais dans cette zone les mesures deviennent délicates et demandent à être conduites rapidement, car le biuret en solution se décompose au-dessus de 120°. A sec la décomposition du biuret ne commence guère qu'à 160°. Elle est lente mais devient très rapide quant la fusion commence. Avec un produit soigneusement purifié, l'analyse thermique, selon la technique indiquée dans une précédente Note ([5]), conduit à un point de fusion voisin de 187°.

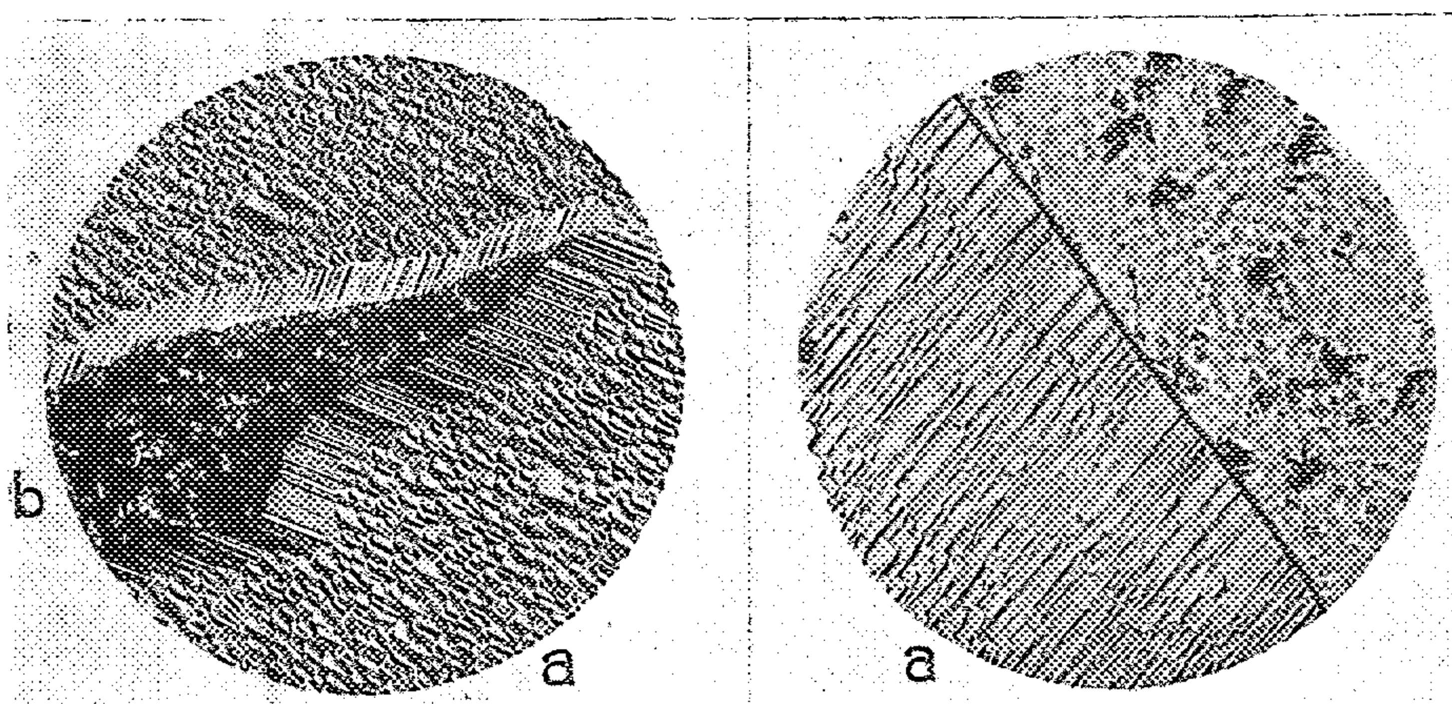
---

([5]) Rollet et Cohen-Adad, *Comptes rendus*, **229**, 1949 p. 199.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la croissance épitaxique de cristaux de protoxyde de fer par oxydation ménagée du fer aux températures élevées.* Note (*) de MM. JACQUES BÉNARD et JEAN BARDOLLE, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré récemment ([1]) que si l'on soumet des cristaux de fer dont la surface a été soigneusement préparée, à une oxydation ménagée vers 850°, sous très basse pression d'oxygène, la réaction s'amorce en des points privilégiés en donnant naissance à des germes d'oxyde dont le nombre et la forme dépendent de l'orientation cristallographique de la surface.

Lorsqu'on opère sous une pression d'oxygène très légèrement supérieure ($10^{-1}$ à $10^{-2}$ mm de mercure), le nombre et la vitesse de croissance des germes sont notablement accrus; après un certain temps, la surface se trouve entièrement recouverte d'une pellicule constituée exclusivement par du protoxyde de fer, dont l'épaisseur s'accroît progressivement. La texture de celui-ci dépend de l'orientation du réseau métallique sous-jacent. Sur certaines faces cristallines, l'oxyde possède un aspect basaltique ou lamellaire visible au microscope (*figure*, cristal *a*) sur d'autres, la cristallisation semble confuse (cristal *b*).




A ces différences de texture, correspondent des inégalités importantes de vitesse de croissance de la couche d'oxyde, qui se manifestent par la présence de dénivellations brusques aux limites des cristaux métalliques. Dans certains cas, les différences de direction de croissance de l'oxyde sur deux cristaux adjacents se traduisent par la présence d'un sillon très marqué.

(*) Séance du 4 juin 1951.

([1]) J. BARDOLLE et J. BÉNARD, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 231.

L'examen par les rayons X montre que les textures orientées formées sur une face déterminée sont constituées par un ensemble de petits cristaux possédant un axe cristallographique commun, ensemble qui se comporte dans les cas les plus favorables comme un individu cristallin unique et donne un diagramme de Laue avec des taches très fines. Les orientations relatives du réseau du métal et du réseau de l'oxyde sont en cours de détermination. La méthode des diagrammes en retour avec étalon indique pour le paramètre cristallin de l'oxyde prélevé sur une face 100 du métal une valeur ($a_{FeO} = 4,312$ Å) très voisine de celle qui est attribuée à FeO lorsqu'il est saturé de fer [2]. La finesse de l'anneau de diffraction obtenu prouve que cette composition est réalisée uniformément dans l'ensemble de la pellicule. Le gradient de concentration dans l'oxyde est donc extrêmement faible dans les conditions où s'opère la réaction.

Ces résultats qui peuvent être obtenus également en présence d'azote contenant des traces d'oxygène, prouvent que l'oxydation ménagée du fer sous faible pression partielle d'oxygène :

1° favorise l'établissement, dès l'origine, d'une relation d'orientation entre l'oxyde et le métal sous-jacent;

2° permet le développement ultérieur de couches épitaxiques d'épaisseur notable et présentant des formes géométriques caractéristiques;

3° met en évidence des inégalités importantes de la vitesse de croissance suivant les diverses orientations.

Ces conclusions confirment en les généralisant un certain nombre d'observations faites par différents auteurs [3]. Elles permettent en outre d'établir un parallèle entre le développement d'un cristal d'oxyde dans une phase gazeuse et celui d'un sel dans une solution sursaturée. Dans un cas comme dans l'autre les inégalités de la vitesse de croissance suivant les diverses orientations sont en effet d'autant mieux marquées que la vitesse d'ensemble du processus est plus faible.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Variation de la vitesse d'oxydation anodique avec l'orientation de la face cristalline.* Note (*) de MM. Jean Herenguel et Pierre Lelong, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que sur une éprouvette polycristalline d'aluminium soumise à une oxydation anodique de courte durée, dans un électrolyte tel que

(2) J. Bénard, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **16**, 1949, p. 109.

(3) A. Portevin, *Rev. Métall.*, **20**, 1923, p. 396; L. B. Pfeil, *J. Iron Steel Inst.*, **119**, 1929, p. 501; R. F. Mehl, E. L. Mac Candless et Rhines, *Nature*, **134**, 1934, p. 1009; G. Chaudron et Collongues, *Congrès de Métallurgie*, Paris, 1950; *Rev. Métall.* (sous presse).

(*) Séance du 16 mai 1951.

l'acide sulfurique étendu, la surface de chaque grain présente une teinte d'interférence qui lui est propre, par examen en lumière blanche ([1]).

Ce phénomène dépend à la fois de la variation d'épaisseur de la couche d'alumine et de l'indice de réfraction de celle-ci. On constate que si l'oxydation est faite à une vitesse relativement modérée (0,6 μ à la minute, c'est-à-dire avec une densité de courant de 1,5 A : dm²), l'épaisseur du film d'alumine apparaît sensiblement constante sur tous les grains. Mais pour des vitesses d'oxydation plus grandes, cette épaisseur (mesurée sur une coupe micrographique) est alors assez différente d'un cristal à l'autre.

Nous avons étudié ces variations de vitesse d'oxydation, en fonction de l'orientation, avec un alliage à base d'aluminium de pureté 99,95 % renfermant 3 % de magnésium, parfaitement homogénéisé et recuit. Cet alliage était oxydé dans l'acide sulfurique à 10 % (en volumes), avec une densité de courant de 27 A : dm² pendant une durée de 5 mn, à 20° C. L'échantillon avait été soigneusement poli électrolytiquement. L'aspect de la surface sous le film d'oxyde, est celui de la figure 1.

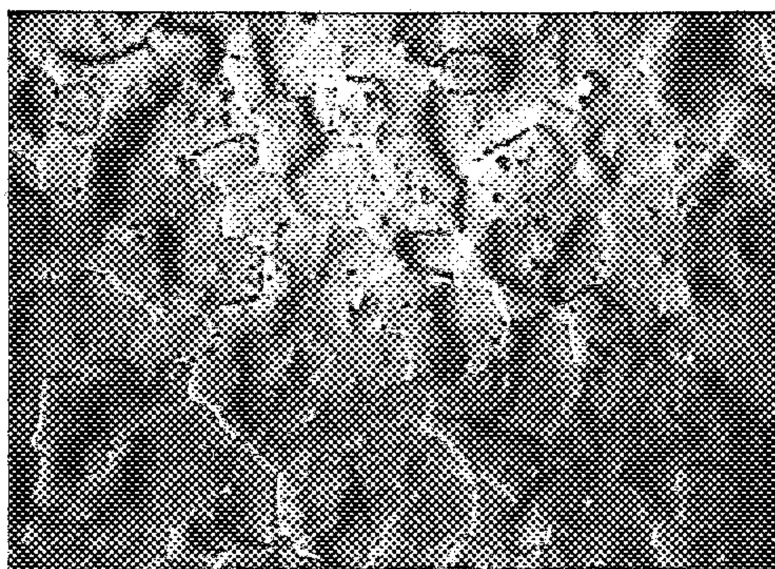


Fig. 1. — Surface d'alliage Al-Mg à 3 % après l'oxydation anodique. G = 100.

Sur des coupes micrographiques, nous avons mesuré avec précision les épaisseurs d'alumine formées sur chaque grain. Il est possible de relever l'orientation de chaque face au moyen des figures de corrosion, l'attaque étant effectuée par le réactif de Lacombe et Beaujard ([2]). On peut ainsi construire par points le volume de croissance du film; nous avons constaté une forte anisotropie. Les directions [100] correspondent à la croissance la moins rapide, et les maxima sont sensiblement étalés autour des directions [111].

([1]) P. Lacombe et L. Beaujard, *Études sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages* (*Publication de la Commission Technique des États et Propriétés de surface des Métaux*, 1944, p. 59).

([2]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 66.

L'écart relatif des vitesses de croissance entre maxima et minima est de l'ordre de 30 %, dans les conditions expérimentales indiquées précédemment. Nous avons établi une représentation stéréographique des vitesses d'oxydation (voir *fig.* 2) sur laquelle nous retrouvons les zones de minima à partir des directions [100], tandis que les maxima entourent de petits domaines où la vitesse est un peu plus faible autour des axes [111].

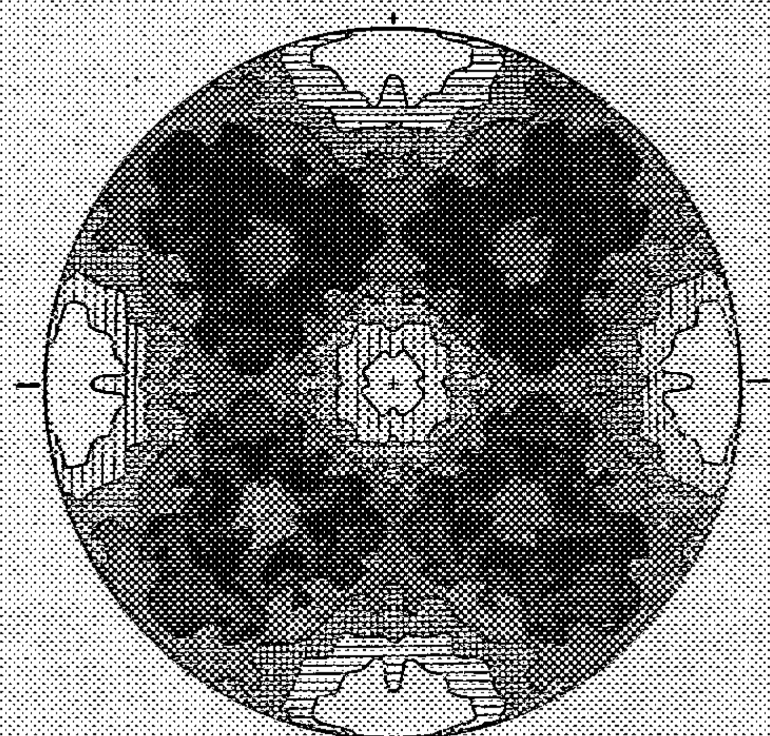


Fig. 2. — Représentation stéréographique des lignes d'égale vitesse d'oxydation pour le cristal d'alliage Al-Mg à 3 % homogène.

Il y a lieu d'insister sur le fait indiqué dès le début de cette Note, que les conditions de l'électrolyse peuvent plus ou moins masquer l'anisotropie chimique propre au cristal. Nous expliquons ce phénomène par une modification de la structure de l'alumine, que nous avons déjà eu l'occasion de décrire (3). La vitesse d'oxydation, la nature de l'électrolyte et la température jouent un rôle prépondérant et ces facteurs déterminent la perméabilité de l'alumine formée au cours de l'électrolyse. Pour les couches minces au contraire, les résultats peuvent être rapprochés de ceux que A. T. Gwathmey a obtenus en étudiant les vitesses de croissance sur un monocristal de cuivre de forme sphérique (4).

L'étude de ces vitesses de croissance présente un intérêt pratique, les variations d'épaisseur de la couche d'alumine provoquent en effet des variations importantes des qualités optiques d'une surface réfléchissante oxydée anodiquement.

(3) *Rev. Métallurgie*, 42, 1945, p. 258.

(4) A. T. Gwathmey et F. W. Young, *Communication presentée aux Journées d'automne* 1950 *de la Société française de métallurgie* (A paraître dans la *Revue de Métallurgie*).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les réactions d'additions.* Note (*) de MM. **Odilon Chalvet, Raymond Daudel, René Gouarné** et Mme **Monique Roux**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Il a été montré ([1]) qu'en théorie des orbitales moléculaires l'énergie $E_\pi$ des électrons d'un hydrocarbure alternant *pair* peut s'écrire

$$E_\pi = N\alpha + (2n_0 + 1,568n_1 + 1,333n_2 + 1,177n_3 + 1,050n_4)\beta,$$

avec une erreur inférieure à 1 %.

Pour un hydrocarbure alternant impair M il faut multiplier le coefficient de $\beta$ par $12,8/(11,8 + 10^{1/N})$, où N représente toujours le nombre des atomes de carbone. Cette formule s'applique également aux ions $M^+$ et $M^-$.

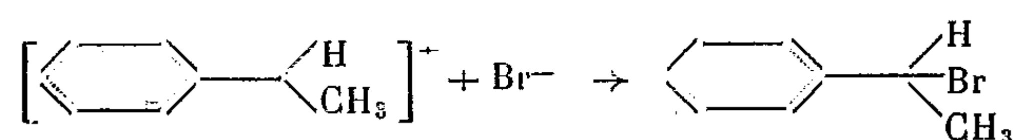
2. Quand on considère une réaction d'addition portant sur deux atomes contigus ou non d'un hydrocarbure alternant, la perte d'énergie des électrons $\pi$ s'écrit

$$\Delta E_\pi = 2\alpha + k\beta$$

et $k$ se calcule aisément à l'aide des expressions ci-dessus. On observe alors une relation univoque entre $k$ et S, si S représente la somme des indices de valence libre ([2]) des atomes et de l'indice de liaison s'ils sont contigus, ou de la quantité 0,55 s'ils ne le sont pas (*fig.* 1). Le calcul de S appliqué à l'étude de la réaction de Diels Alder conduit donc à des résultats similaires de ceux de Brown ([3]). La figure 2 montre la relation entre S et la vitesse *relative* de fixation de l'anhydride maléique sur les polyacènes.

3. La courbe de la figure 3 montre la liaison existant entre la charge d'un atome d'un ion organique une fois positif, dérivant d'un radical libre hydrocarboné, purement conjugué, alternant et la contribution des électrons $\pi$ à la chaleur d'activation d'une réaction ayant lieu sur cet atome sous l'influence d'un ion négatif.

Ce problème est posé, par exemple, par l'étude de la deuxième phase d'une réaction d'addition telle que




La relation obtenue montre que cette phase se fera de préference sur un atome de type faible et que parmi les atomes de même type, ceux possédant

(*) Séance du 21 mai 1951.

([1]) Roux et Daudel, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 17, 1950, p. 1260.

([2]) Chalvet et Daudel, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1306.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 691.

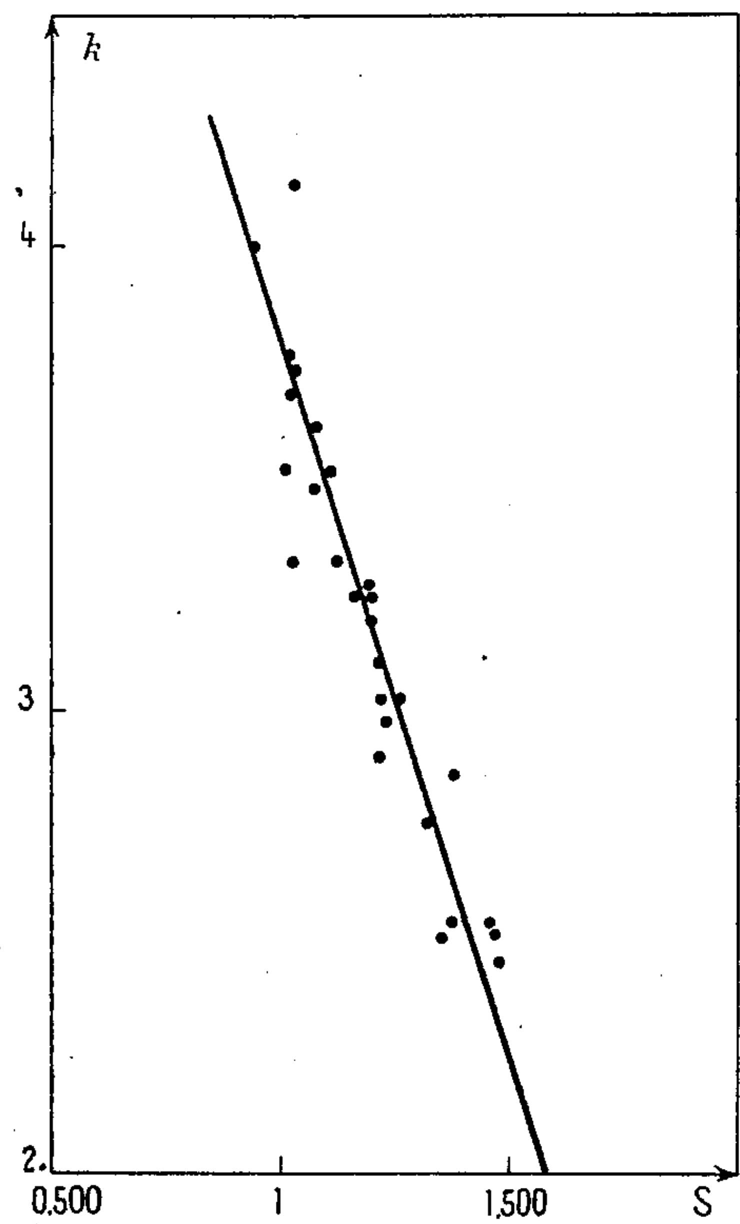


Fig. 1.

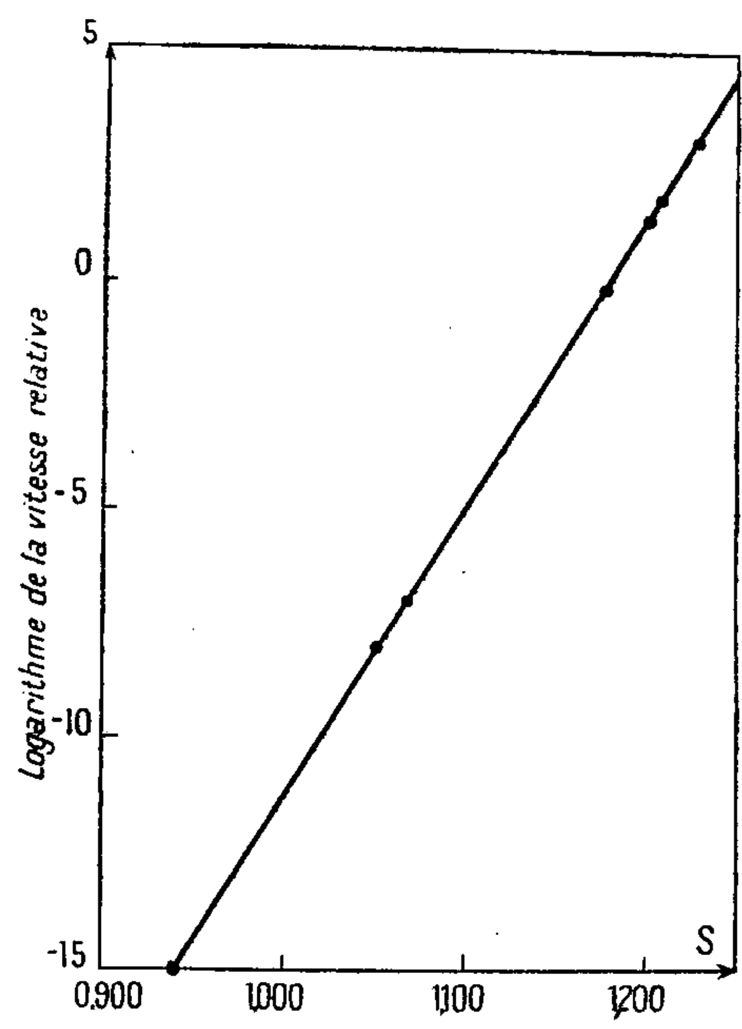


Fig. 2.

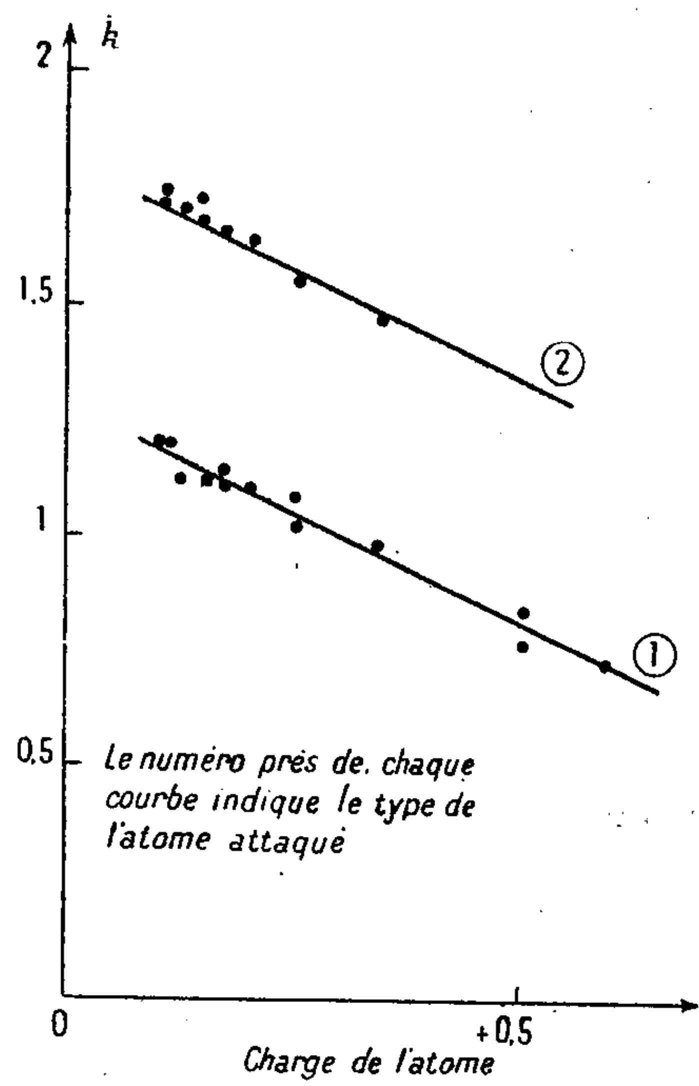


Fig. 3.

les plus fortes charges seront privilégiés. Les calculs de la figure 3 ont été réalisés en partie grâce aux formules

$$k = 2\sum_j y_j, \qquad y_j = 2\cos\left(\frac{j\pi}{n+1}\right),$$

$$q_r = \frac{n}{n+1} + \frac{(-1)^r}{n+1} \qquad (n = 2p+1 = \text{nombre de carbones},\ q = \text{charge}),$$

valables pour les ions positifs des chaînes linéaires.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les niveaux électroniques des polyacènes.* Note (*) de M. **Roland Lefebvre**, présentée par M. Louis de Broglie.

On obtient, sans résolution d'équations séculaires, des valeurs approchées pour les énergies des orbitales moléculaires des polyacènes, qui se classent dans le même ordre que celui obtenu par le calcul direct.

J. R. Platt [1] a utilisé le modèle de l'électron libre pour décrire les spectres ultraviolets des hydrocarbures polycycliques dont les atomes de carbone n'appartiennent pas à plus de deux cycles. La même approximation s'applique simultanément à toutes ces molécules, ce qui permet d'assigner une même origine à leurs transitions électroniques.

L'objet de ce travail est de montrer qu'un traitement analogue est possible avec la méthode des orbitales moléculaires.

Si l'on supprime les liaisons intérieures de l'une de ces molécules, les équations séculaires deviennent identiques à celles d'une molécule en forme de polygone régulier, comme l'a montré F. London [2]. L'énergie d'un électron $\pi$ est invariante pour un ensemble de permutations des orbitales atomiques qui forme un groupe isomorphe à $D_{nh}$ ($n$ est le nombre des électrons $\pi$; le cas envisagé ici est celui où $n$ est de la forme $n = 6 + 4m$).

Les orbitales atomiques $\psi_k$ forment une base pour une représentation réductible $\Gamma$ de ce groupe, qui se réduit suivant

$$\Gamma = \Gamma_U^{0\prime} + \Gamma_g^{1} + \ldots + \Gamma_U^{q-1} + \Gamma_g^{q\prime}, \qquad q = \frac{n}{2},$$

avec les notations de Margenau et Murphy [3].

Les orbitales moléculaires sont les combinaisons linéaires normalisées qui forment des bases pour les représentations irréductibles, construites à partir

(*) Séance du 28 mai 1951.

(1) *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 484.

(2) *J. Phys. Radium*, 8, 1937, p. 403.

(3) *The Mathematics of Physics and Chemistry*, D. Van Nostrand Company, New-York, 1943, p. 553.

(4) Eyring et Walter Kimball, *Quantum Chemistry*, Wiley, New-York, 1944, p. 189.

de ([4]) $\sum_{R} \chi_j(R) R \psi_k$; $\chi_j(R)$ est le caractère de l'opération R pour la représentation d'indice $j$. $\psi_k$ est une orbitale atomique quelconque.

$$\Gamma_U^0 \quad \Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=1}^{n} \psi_k, \qquad \Gamma_U^l \text{ ou } g \left\{ \begin{array}{l} \Phi_{1l} = \dfrac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^{n} 2 \cos \dfrac{2\pi k l}{n} \psi_k, \\ \Phi_{2l} = \dfrac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^{n} 2 \sin \dfrac{2\pi k l}{n} \psi_k. \end{array} \right.$$

$$\Gamma_g^{q} \quad \Phi_q = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=1}^{n} (-1)^{k+1} \psi_k,$$

Pour $n = 6$ on a les orbitales atomiques bien connues du benzène. Les énergies sont $We = \alpha + 2\beta \cos 2\pi l/n$, en ne tenant pas compte de l'intégrale de recouvrement.

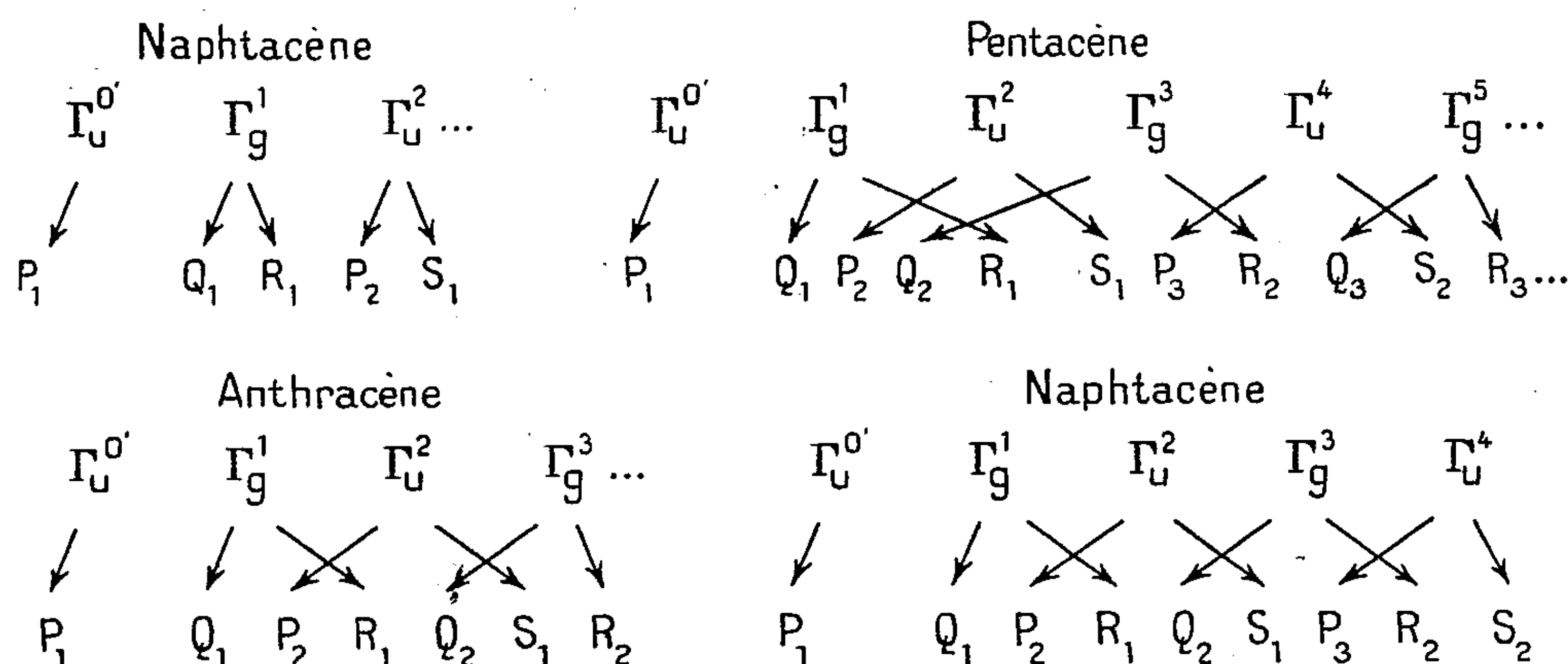
$l$ est un nombre quantique de moment angulaire qui peut prendre les valeurs $l = 0, \pm 1, \ldots, \pm(q-1), q$.

La comparaison avec les niveaux de Platt est possible. Dans l'état fondamental les orbitales moléculaires $l = 0, \pm 1, \ldots, \pm(q/2 - 1)$ sont remplies. Les premières transitions proviennent de

$$\Gamma_{U \text{ ou } g}^{\frac{q-1}{2}} \times \Gamma_{g \text{ ou } U}^{\frac{q+1}{2}} = \Gamma_U^1 + \Gamma_U'' + \Gamma_U''' .$$

$\Gamma_U^1$ correspond à $B_{a,b}$, $\Gamma_U''$ à $L_a$, $\Gamma_U'''$ à $L_b$.

Ce procédé a été utilisé pour les polyacènes : naphtalène, anthracène, naphtacène et pentacène, auxquels C. A. Coulson a appliqué la méthode des orbitales moléculaires ([5]).




Pour ces molécules, il existe une numérotation des atomes qui fait des orbitales moléculaires données ci-dessus des bases pour les représentations irréductibles de $D_{2h}$.

([5]) *Proc. Phys. Soc.*, **60**, 1948, p. 257.

On a, avec les notations de C.A. Coulson, les réductions :

$$\Gamma_U^{0\prime} = P, \qquad \Gamma_g^{l} = Q + R \quad l \text{ impair};$$
$$\Gamma_g^{0\prime} = R, \qquad \Gamma_U^{l} = P + S \quad l \text{ pair}.$$

Les niveaux dégénérés se séparent, lorsqu'on calcule les perturbations sur les énergies dues aux liaisons intérieures. On peut établir les correspondances suivantes, en se limitant pour simplifier à une moitié des orbitales moléculaires.

On obtient ainsi le même ordre des niveaux que celui donné par Coulson [5]. Les dégénérescences accidentelles, $(P_2, R_1)$ et $(Q_2, S_1)$ dans le cas de l'anthracène, $(Q_3, R_2)$ et $(P_5, S_3)$ dans le cas du pentacène, permettent de disposer les niveaux dans l'ordre donné ci-dessus.

Dans le développement de chaque orbitale moléculaire en fonction de celles des combinaisons linéaires $\Phi_0$, $\Phi_{11}$, $\Phi_{21}$, ... $\Phi_q$ qui appartiennent à la même représentation de $D_{2h}$, il y a un coefficient qui est grand comparé aux autres, ce qui explique pourquoi les niveaux se classent dans le même ordre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la réaction d'équilibre entre un acide et un anhydride organique.* I. *Méthodes de contrôle analytique.* Note (*) de MM. **Henry Gault** et **Élias El-Kik**, présentée par M. Marcel Délépine.

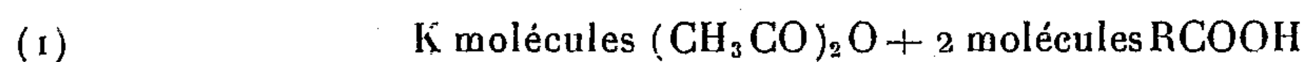
Le mélange de l'anhydride d'un acide organique avec un acide organique différent est, dans le cas général, le siège d'une réaction d'équilibre qui peut s'écrire qualitativement

$$(RCO)_2O + R'COOH \rightleftharpoons RCOOH + (R'CO)_2O + {RCO \atop R'CO}{>}O.$$

Mais l'anhydride mixte, dans le cas où il peut se former, ne résiste pas à l'action prolongée de la chaleur et, à part l'anhydride acéto-formique qui n'entre pas dans le cadre de ce travail, se dédouble en donnant naissance aux deux anhydrides simples.

Nous avons, jusqu'à présent, limité notre étude à l'équilibre qui s'établit entre acide et anhydride de la série acyclique, en particulier anhydride acétique et différents acides homologues supérieurs.

En partant d'un mélange contenant des poids déterminés de chaque constituant, poids exprimés en nombre de molécules :



(1) $$K \text{ molécules } (CH_3CO)_2O + 2 \text{ molécules } RCOOH$$

on aura à l'équilibre, pour $K = 1$, $x$ étant le nombre de molécules transformées.

(2) $$(1 - x)(CH_3CO)_2O + 2(1 - x)RCOOH \rightleftharpoons 2x\,CH_3COOH + x(RCO)_2O.$$

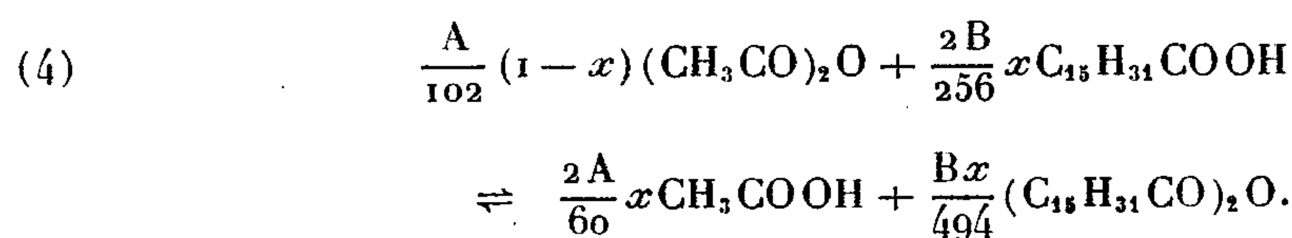
(*) Séance du 4 juin 1951.

Suivant la solubilité dans l'eau des acides RCOOH, la méthode analytique que nous avons adoptée pour l'étude de l'équilibre est différente, et, pour cette raison, nous avons réparti ces acides en deux groupes : I. Acides RCOOH insolubles dans l'eau. II. Acides RCOOH solubles dans l'eau.

I. Avec l'acide palmitique, par exemple, nous avons l'équilibre

$$(3)\quad (1-x)(CH_3CO)_2O + 2(1-x)C_{15}H_{31}COOH \rightleftharpoons 2xCH_3COOH + x(C_{15}H_{31}CO)_2O.$$

En prenant A grammes d'anhydride acétique et B grammes d'acide palmitique tels que $B = 256A/102$, la relation (3) devient



$$(4)\quad \frac{A}{102}(1-x)(CH_3CO)_2O + \frac{2B}{256}xC_{15}H_{31}COOH \rightleftharpoons \frac{2A}{60}xCH_3COOH + \frac{Bx}{494}(C_{15}H_{31}CO)_2O.$$

*Principe de la méthode.* — A et B étant connus, pour que ce mélange soit entièrement déterminé, il suffit de calculer $x$, autrement dit de doser un seul constituant du mélange, par exemple l'anhydride acétique.

*Mode opératoire.* — Un poids déterminé du mélange (4) est versé dans de l'eau saturée d'aniline. L'anhydride acétique donne de l'acétanilide et de l'acide acétique. Cette réaction est totale, l'hydrolyse de l'anhydride acétique étant pratiquement nulle ([1]), ([2]). L'acide acétique global est ensuite titré par une solution normale de soude en présence de phénolphtaléine. L'anhydrisation de l'acide palmitique ne se produit pas dans ces mêmes conditions. D'autre part, la formation de l'anhydride mixte acéto-palmitique n'étant pas à craindre, cette méthode permet de suivre l'évolution du système et d'étudier l'influence des différents facteurs de l'équilibre.

*Calcul.* — Une molécule d'anhydride acétique donne, par hydrolyse totale, deux molécules d'acide acétique. S'il faut $n$ molécules de soude pour neutraliser l'acide acétique final : $2-n$ est le nombre de radicaux $CH_3CO$— fixés par l'aniline, c'est-à-dire le nombre de molécules d'anhydride acétique se trouvant à l'équilibre dans la prise d'essai, donc

$$1-x = 2-n \qquad \text{et} \qquad x = n-1.$$

Dans ce calcul, nous avons supposé l'anhydride acétique exempt d'acide acétique. Un dosage préliminaire permet de calculer le taux d'acide acétique contenu dans l'anhydride utilisé.

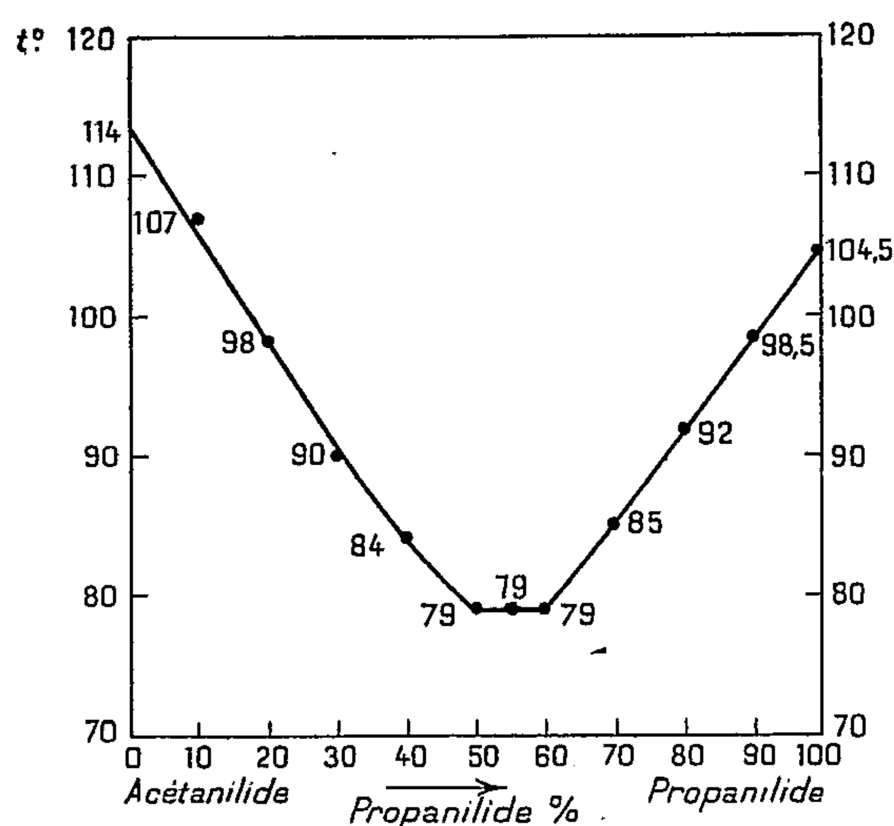
---

([1]) A. et L. Lumière et H. Barbier, *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1906, p. 625.

([2]) A. Léman, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1947, p. 514 et 3, 1949, p. 246.

II. La méthode précédente ne s'applique plus, et de plus il se forme de l'anhydride mixte; par exemple, avec le système acide propionique-anhydride acétique, l'anhydride acéto-proprionique.

Nous avons tenté de résoudre le problème par l'analyse thermique des mélanges acétanilide-propanilide obtenus par action de l'aniline sur le mélange des anhydrides. En effet, la courbe de fusibilité des mélanges acétanilide-propanilide([3]) possède un eutectique fondant à 79° environ pour un mélange




Courbe de fusibilité des mélanges acétanilide/propanilide.

à 55 % d'acétanilide (acétanilide : F 114-115°; propanilide : F 104-105°). La variation du point de fusion de ces mélanges s'étale donc sur un intervalle de température d'une soixantaine de degrés. Par conséquent, si l'on prépare les anilides dans des conditions où seuls les anhydrides réagissent, la détermination du point de fusion donne la composition du mélange avec une approximation suffisante.

Mais dans le cas où il se forme l'anhydride mixte acéto-propionique, il reste à déterminer lequel des radicaux acétyle ou propionyle réagit sur l'aniline.

Les résultats obtenus jusqu'à présent ne nous permettent pas de conclure. Nous exposerons dans une Note ultérieure les résultats obtenus en appliquant ces deux méthodes à l'étude cinétique de divers équilibres entre acides et anhydrides organiques.

([3]) E. C. Gilbert et L. Clarke. *J. Am. Ch. Soc.*, 49. 1927, p. 2296.

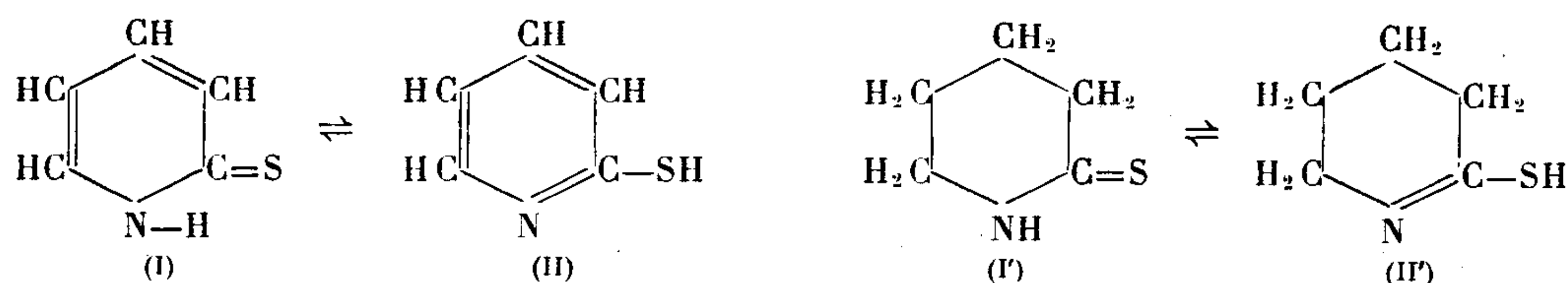
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les formes tautomères thiocétone-thiol dans la série de la thiopyridone-2*. Note de M. **Jean Renault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le diazométhane met en évidence les deux formes tautomères thiol-thiocétone de la thiopyridone-2 alors que les halogénures et les sulfates d'alcoyles ne conduisent qu'à des dérivés de la forme thiol. Au contraire la thiopipéridone-2 réagit exclusivement sous cette dernière forme. L'étude réfractométrique des sulfures mixtes obtenus permet de déterminer la valeur de la réfraction atomique du soufre dans ces sulfures organiques.

Nous avons précédemment décrit (1) la préparation de quelques thiopyridones-2 et thiopipéridones-2. La présente Note envisage l'action des agents alcoylants sur la thiopyridone-2 et la thiopipéridone-2.

On sait que l'alcoylation de la pyridone-2 met en évidence deux formes tautomères : pyridone-2 ⇌ 2-hydroxypyridine; l'action d'un iodure d'alcoyle sur le sel d'argent de la 2-hydroxypyridine conduit à une 2-alcoxypyridine (2) alors que, dans les mêmes conditions, son sel alcalin engendre une N-alcoylpyridone-2 (3).

Il était donc possible d'envisager pour le thiodérivé correspondant une tautomérie identique thiopyridone ⇌ pyridinethiol (I), (II).




L'existence de la forme thiol (II) trouve déjà sa justification dans l'oxydation de la thiopyridone-2 en disulfure de pyridyle (4). De plus, les halogénures et les sulfates d'alcoyles agissant sur la thiopyridone, sur ses sels de potassium ou d'argent, engendrent exclusivement un sulfure d'alcoyle et de pyridyle-2; ces sulfures sont stables en milieu acide. Sous l'action du nickel Raney (4), ils donnent quantitativement de la pyridine, ce qui en établit la constitution.

Le diazométhane opposé à la thiopyridone-2 conduit au contraire, à un mélange de sulfure de méthyle et de pyridyle-2 (80 %) et de N-méthylthiopyridone-2 (1,25 %). Cette réaction met en évidence l'existence des deux formes tautomères thiocétone-thiol [(I) et (II)]. La réactivité du groupement SH demeure toutefois prépondérante.

(1) J. Renaeit, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 77,

(2) H. Pechmann et O. Baltzer, *Ber. D. Chem. Gessell.*, 24, 1891, p. 3144.

(3) C. Räth, *Ann.*, 489, 1931, p. 107.

(4) J. Bougault, E. Cattelain et P. Chabrier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 657.

Contrairement à la pyridone-2, la pipéridone-2 ne réagit que sous la forme lactame. Il semblait donc raisonnable d'admettre pour le thiodérivé correspondant une structure analogue (I'). Cependant nous avons constaté que la thiopipéridone-2 (2 mol) était oxydée par l'iode (1 mol) en milieu alcalin pour conduire au disulfure de tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2 que nous avons isolé sous forme de chloromercurate ($C_{10}H_{16}N_2S_2$, $4\,Cl_2Hg$) F 155°. Cette réaction ne peut s'expliquer que par l'existence de la forme thiol (II').

Par ailleurs, la thiopipéridone-2 se combine, molécule à molécule, aux halogénures et aux sulfates d'alcoyles pour conduire, en milieu neutre, aux sulfures d'alcoyles et de tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2. En milieu alcalin, au contraire, une désulfuration se produit avec formation d'alcoylmercaptan et de pipéridone-2. Les sels des sulfures d'alcoyles et de tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2, chauffées en milieu alcoolique, se scindent en mercaptan et en pipéridone-2, ce qui justifie leur structure. Nous avons d'autre part constaté, que le diazométhane ne réagit ni sur la thiopipéridone-2 ni sur la pipéridone-2. Ainsi, dans le cas de la thiopipéridone-2, seule la forme thiol (II') peut être mise en évidence.

Nous avons complété l'étude des sulfures mixtes précédents par leur examen réfractométrique. En adoptant pour l'azote pyridique (—N=) la valeur (4,104) proposée par Auwers ([5]), nous avons trouvé pour l'atome de S lié d'une part à un radical alcoyle et d'autre part à un noyau pyridyle ou à un cycle tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2 une valeur identique (7,99) à celle obtenue par Boudet ([6]) pour le soufre des sulfures d'alcoyles. Courtot ([7]) avait récemment étudié le cas du sulfure de méthyle et de pyridyle-2 et du sulfure d'éthyle et de pyridyle-2; ses résultats numériques s'écartent quelque peu des nôtres : cet auteur a en effet adopté pour la réfraction atomique de l'azote pyridique une constante différente de celle d'Auwers.

*Description des dérivés obtenus.* — Sulfure de méthyle et de pyridyle-2 ([7]) ($C_6H_7NS$). $E_{22}$ 91°; $n_D^{22}$ 1,589; $d_4^{22}$ 1,120. R. A. de (—S—) 7,88; chlorhydrate F 167-168°; méthylsulfate F 120-121°.

Sulfure d'éthyle et de pyridyle-2 ([7]) ($C_7H_9NS$). $E_{15}$ 89°,5; $n_D^{22}$ 1,569; $d_4^{22}$ 1,073. R. A. de (—S—) 8,08; iodhydrate F 102-103°; picrate F 113-114°.

Sulfure de butyle ($n$) et de pyridyle-2 ($C_9H_{13}NS$). $E_{13}$ 115°; $n_D^{22}$ 1,549; $d_4^{22}$ 1,024. R. A. de (—S—) 8,24; iodhydrate F 132°; picrate F 93°.

Sulfure de benzyle et de pyridyle-2 ($C_{12}H_{11}NS$). $E_4$ 153-154°; $n_D^{22}$ 1,628; $d_4^{22}$ 1,145. R. A. de (—S—) 8,29; brombydrate F 135-136°; picrate F 155°.

Sulfure de pyridyle-2 ([7]) ($C_{10}H_8N_2S$). $E_9$ 172-173°; $n_D^{22}$ 1,648; $d_4^{22}$ 1,227. R. A. de (—S—) 7,66; dibromhydrate F vers 215°; monopicrate F 120°.

---

([5]) *Zeits. Physik. Chem.*, 16, 1933, p. 33.

([6]) R. Boudet et R. Raimbaud, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 8, 1948, p. 793.

([7]) Ch. Courtot et J. P. Zwilling, 18e *Congrès de Chimie Industrielle* (Nancy), 18, 1938, p. 796.

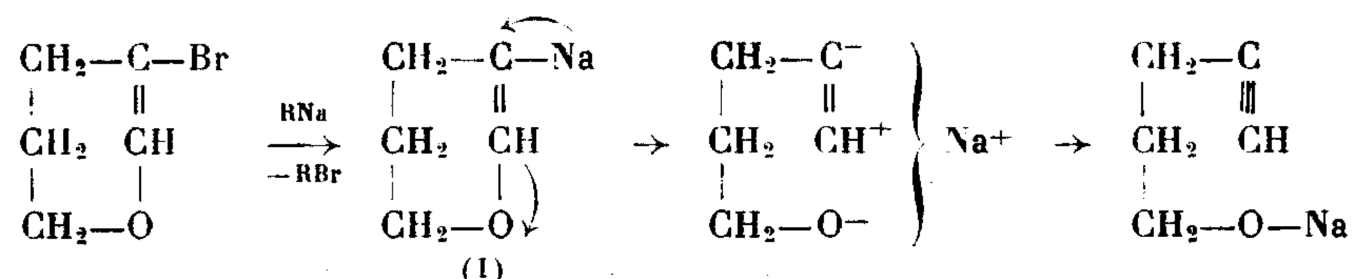
Sulfure de méthyle et de tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2 ($C_6H_{11}NS$). $E_{28}$ 91-92°; $n_D^{22}$ 1,530; $d_4^{22}$ 1,044; R. A. de (—S—) 7,44; iodhydrate F 175°.

Sulfure de benzyle et de tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2 ($C_{12}H_{15}NS$). $E_7$ 159-160°; bromhydrate F 172°.

Sulfure de pyridyle-2 et de tétrahydro 3.4.5.6-pyridyle-2 ($C_{10}H_{12}N_2S$) dibromhydrate F 204-205°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses du pentyne-4 ol-1, à partir du dihydro-2.3 pyranne et du méthylène-2-tétrahydrofuranne.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

On peut admettre que la production de pentyne-4 ol-1, dans la réaction du butylsodium naissant sur le bromo-3 dihydropyranne, est due au réarrangement du dihydropyrannyl-3 sodium [formule (I)], qui se formerait transitoirement (1) :




Ce dihydropyrannyl-3 sodium peut s'obtenir plus simplement encore, en faisant agir le dihydropyranne sur une suspension d'amylsodium dans l'éther de pétrole, à —10°. Le pentyne-4 ol-1 se forme alors avec un rendement sensiblement quantitatif par rapport au dihydropyranne consommé; mais, même avec un excès d'amylsodium, la transformation ne porte pas sur plus de 40 % de l'époxyde mis en œuvre.

Or, le dihydropyranne non transformé est récupérable intégralement après traitement par l'eau du produit de la réaction. Ceci laissait donc supposer qu'à côté du dihydropyrannyl-3 sodium, il se formait un autre dérivé sodé plus stable.

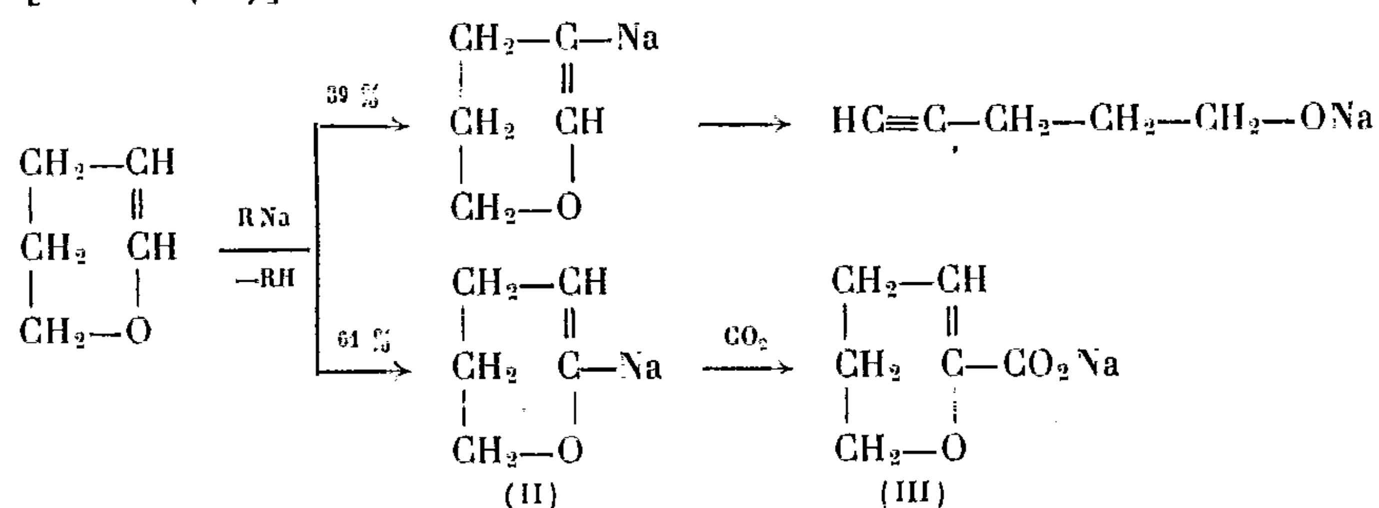
Pour vérifier cette hypothèse, on a ajouté une molécule de dihydropyranne à une suspension d'une molécule d'amylsodium dans 250 cm³ d'éther de pétrole à —10°, et après 12 h de repos, on a traité le tout par 250 g de « carboglace ». Après addition d'eau, il se sépare une couche éthérée renfermant le pentyne-4 ol-1, et la couche aqueuse, lavée à l'éther, est additionnée d'un léger excès d'acide chlorhydrique concentré : on obtient ainsi, avec un rendement de 80 % compté sur le dihydropyranne non transformé en pentynol, un acide cristallisant en aiguilles fusibles à 68°, et que sa composition (C % = 55,95, H % = 6,15) autant que ses propriétés nous font considérer comme l'acide *dihydro-5.6 pyranne-2 carboxylique* [formule (III)].

Il fixe en effet 1 mol d'hydrogène en donnant l'acide *tétrahydropyranne carboxylique-2* ($E_{20}$ 140-141°; ester *p*-bromophénacylique, F 102°), et son

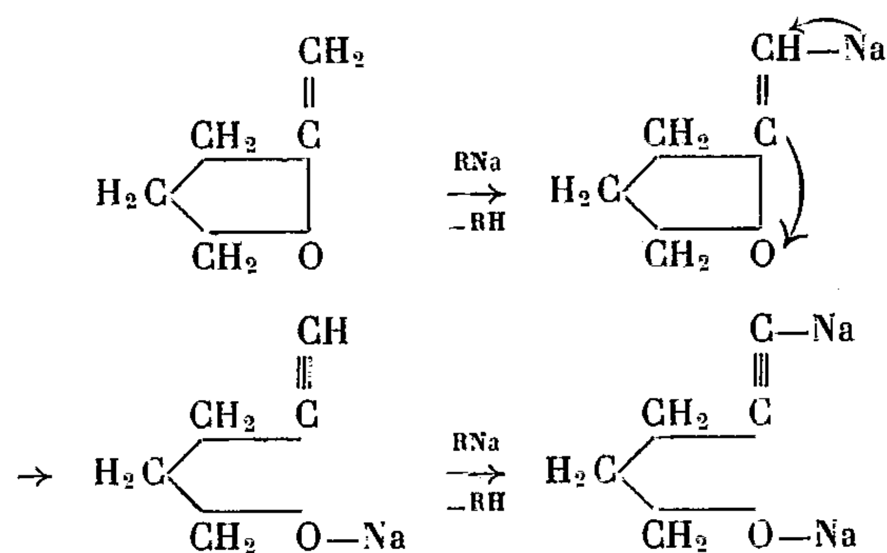
(1) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1473.

hydrolyse fait apparaître, non pas une fonction aldéhydique, mais une fonction cétonique.

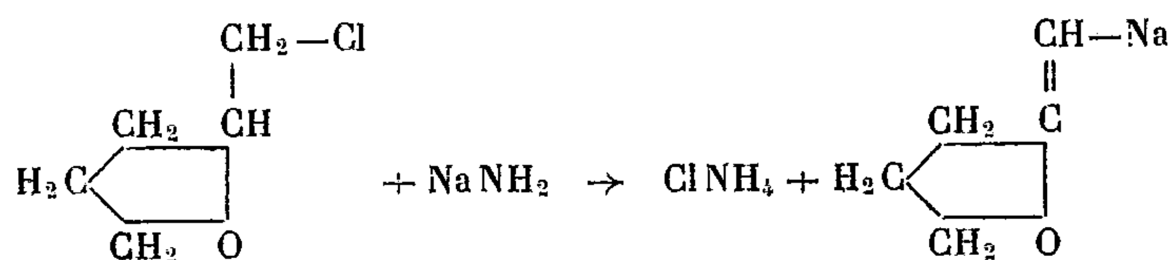
Tout ceci montre que, dans la réaction précédente, il se forme, à côté du dihydropyrannyl-3 sodium, une quantité importante de dihydropyrannyl-2 sodium [form. (II)] :



Au contraire, avec le méthylène-2 tétrahydrofuranne ([2]), on n'obtient qu'un seul dérivé sodé. Cet époxyde, traité par une quantité équimoléculaire d'amylsodium, conduit au pentyne-4 ol-1 avec un rendement de 42 %. En doublant la proportion d'amylsodium, le rendement en pentyne-4 ol-1 monte à 98 %, la totalité du méthylène-2 tétrahydrofuranne entrant en réaction :



Ces essais suggèrent une interprétation simple de la préparation du pentynol, récemment indiquée par E. R. H. Jones ([3]): lorsqu'on fait agir l'amidure de sodium sur le chlorure de tétrahydrofurfuryle, au sein de l'ammoniac liquide, il se formerait non seulement du méthylène-2 tétrahydrofuranne, mais encore le dérivé sodé de cet époxyde, qui se réarrangerait ensuite comme il vient d'être indiqué,

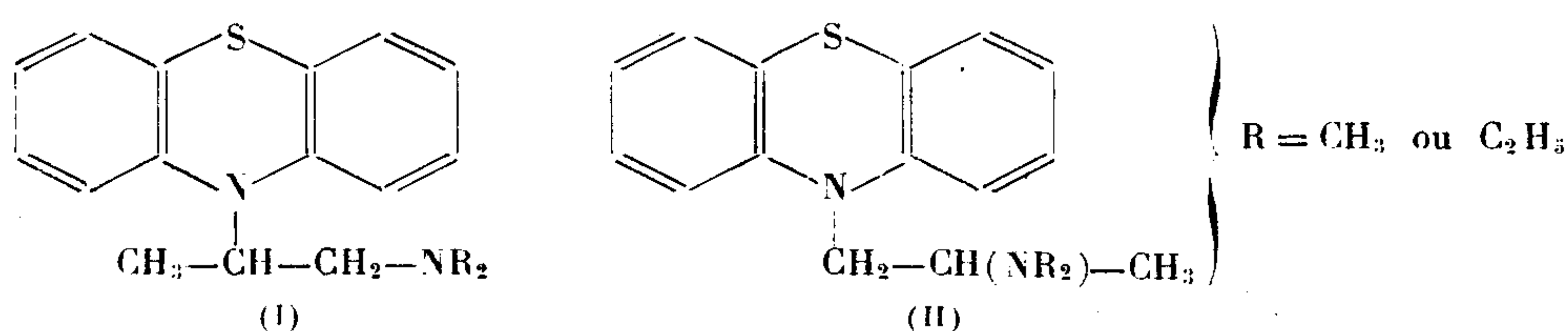


([2]) R. PAUL et S. TCHELITCHEFF, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **17**, 1950, p. 520.

([3]) *Chem. Soc.*, 1950, p. 757.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de deux diéthylaminopropyl-N phénothiazines isomères et de leurs homologues diméthylaminopropylés.* Note de MM. **Paul Charpentier**, **Paul Gailliot** et **Jacques Gaudechon**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la condensation des dialcoylamino-1 chloro-2 propanes avec la phénothiazine conduit à deux isomères correspondant aux formules (I) et (II), le second de ces isomères se formant d'ailleurs en quantité prépondérante ([1]), ([2]),




L'un de nous a déjà établi ([1]) la constitution de l'isomère (II) ($R = CH_3$). Poursuivant nos recherches dans ce domaine, nous avons élucidé, par la même méthode, la constitution de l'isomère (II) ($R = C_2H_5$) dont l'iodométhylate fond vers 238°.

Ayant ainsi établi les formules des corps du type (II), nous nous sommes proposé de résoudre le même problème pour ceux du type (I). La méthode qui avait fait ses preuves dans le premier cas s'est cependant révélée d'une application moins facile dans le deuxième cas, et c'est ce qui nous a incités à aborder le problème par une autre voie.

Il est bien connu que les amines aromatiques alcoylées à l'azote se scindent sous l'action des hydracides en halogénures d'alcoyles et en amines aromatiques primaires ou secondaires. Nous avons constaté que cette réaction s'appliquait aux dialcoylaminoalcoyl-N phénothiazines et, comme elle se fait en milieu acide, il est peu probable qu'elle s'accompagne d'une transposition.

En chauffant à reflux durant une demi-heure 0,014 mol des amines du type (I) avec 50 $cm^3$ d'une solution d'acide bromhydrique à 48 %, il se forme, d'une part, de la phénothiazine et, d'autre part, les bromhydrates de bromo-2 dialcoylamino-1 propanes (alcoyl $= CH_3$ ou $C_2H_5$ selon que $R = CH_3$ ou $C_2H_5$). Par dilution du produit de la réaction avec 250 $cm^3$ d'eau, la phénothiazine précipite : on la sépare par filtration et l'identifie par son point de fusion. Le filtrat est évaporé à sec sous vide : on obtient un bromhydrate d'amine; celui-ci, traité par 0,014 mol de picrate de lithium, donne le picrate corres-

---

([1]) P. Charpentier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 306.
([2]) P. Charpentier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 415.

pondant de dialcoylamino-1 bromo-2 propane, que l'on fait recristalliser dans l'alcool éthylique.

La (diméthylamino-1′ propyl-2′)-10 phénothiazine [formule (I), $R = CH_3$] nous a donné ainsi le picrate du diméthylamino-1 bromo-2 propane : ($C_6H_3O_7N_3$, $CH_3CHBrCH_2N(CH_3)_2$ (F 113-114°; trouvé %; N 14,05; Br 20,15).

La (diéthylamino-1′ propyl-2′)-10 phénothiazine [formule (I), $R = C_2H_5$) nous a donné, d'une façon analogue, le picrate du diéthylamino-1 bromo-2 propane $C_6H_3O_7N_3.CH_3CHBrCH_2N(C_2H_5)_2$ (F 129-130°; trouvé %, N 13,00; Br 18,75).

Ces deux picrates ont été identifiés par comparaison avec des échantillons de constitution certaine obtenus à partir de diméthylamino-1 propanol-2 et de diéthylamino-1 propanol-2 (bromuration par le bromure de thionyle).

Nous avons soumis également à la même dégradation par l'acide bromhydrique bouillant les dérivés correspondant à la formule (II). La (diméthylamino-2′ propyl-1′)-10 phénothiazine [formule (II), $R = CH_3$)] nous a donné le picrate du bromo-1 diméthylamino-2 propane $C_6H_3O_7N_3$, $CH_3.CH(CH_2Br).N(CH_3)_2$ (F 145-146°; trouvé % N 14,25).

Quant à la (diéthylamino-2′ propyl-1′)-10 phénothiazine [formule (II), $R = C_2H_5$)], elle nous a conduits au picrate du bromo-1 diéthylamino-2 propane $C_6H_3O_7N_3.CH_3.CH(CH_2Br).N(C_2H_5)_2$ (F 114-115°; trouvé %, N 13,15; Br 19,15).

Ce dernier picrate a été identifié avec un échantillon de constitution certaine obtenu à partir du diéthylamino-2 propanol-1.

Nous pouvons donc conclure de l'ensemble de ces résultats à l'exactitude des formules que nous avons attribuées précédemment aux produits de condensation de la phénothiazine avec les α-dialcoylamino-chloro-propanes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du noyau naphtacénique à partir du noyau anthracénique. Un triphénylnaphtacène portant l'un des phényles en benzo.* Note (*) de M. **Roger-Gilbert Douris**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On a préparé le diphényl-9.10 naphtacène et le triphényl-4.9.10 naphtacène en partant du mésodiphénylanthracène par addition directe d'un cycle hexagonal au noyau anthracène puis fixation d'un phényle sur ce cycle.

Les réactions d'annellation reposant sur la cyclisation d'un acide γ-arylbutyrique ont été souvent employées dans la chimie des corps polycycliques. Mais ces procédés conduisent fréquemment à des cyclisations angulaires. Ainsi, l'acide (2′ naphtyl) 4 butyrique permet de préparer des dérivés du

(*) Séance du 4 juin 1951.

phénanthrène [1] et l'acide (2' anthryl) 4 butyrique des dérivés du benzo-1.2 anthracène angulaire [2]. Il existe cependant des exemples où ce genre de réactions se montre sensible à l'empêchement stérique. On pouvait donc espérer que ce procédé appliqué au mésodiphénylanthracène était capable éventuellement de fournir par cyclisation linéaire, un produit naphtacénique, l'encombrement considérable créé par les phényles accrochés en méso, pouvant interdire la cyclisation 1.2.

C'est effectivement ce que nous avons observé : à l'aide de la chaîne de réactions décrite ci-après, nous avons pu préparer le diphényl-9.10 naphtacène, déjà obtenu auparavant par Ch. Dufraisse et R. Horclois [3] en employant une toute autre méthode. De plus, la présence d'un produit intermédiaire cétonique nous a permis d'obtenir le triphényl-4.9.10 naphtacène qui n'était pas encore décrit.

Cet ensemble de résultats peut être considéré comme un procédé supplémentaire d'obtention de l'enchaînement naphtacénique, pour la formation duquel on a utilisé des méthodes très différentes et des matières premières non anthracéniques.

On prépare d'abord l'acide mésodiphénylanthroylpropionique (I) par condensation à froid du mésodiphénylanthracène en solution dans le chlorobenzène avec l'anhydride succinique en présence de chlorure d'aluminium anhydre. Recristallisé dans l'acétate d'éthyle, le produit se présente en cristaux jaune clair ($C_{30}H_{22}O_3$, $F_{inst}$ 219°). Son ester éthylique, $C_{32}H_{26}O_3$, fond à 148° (inst.).

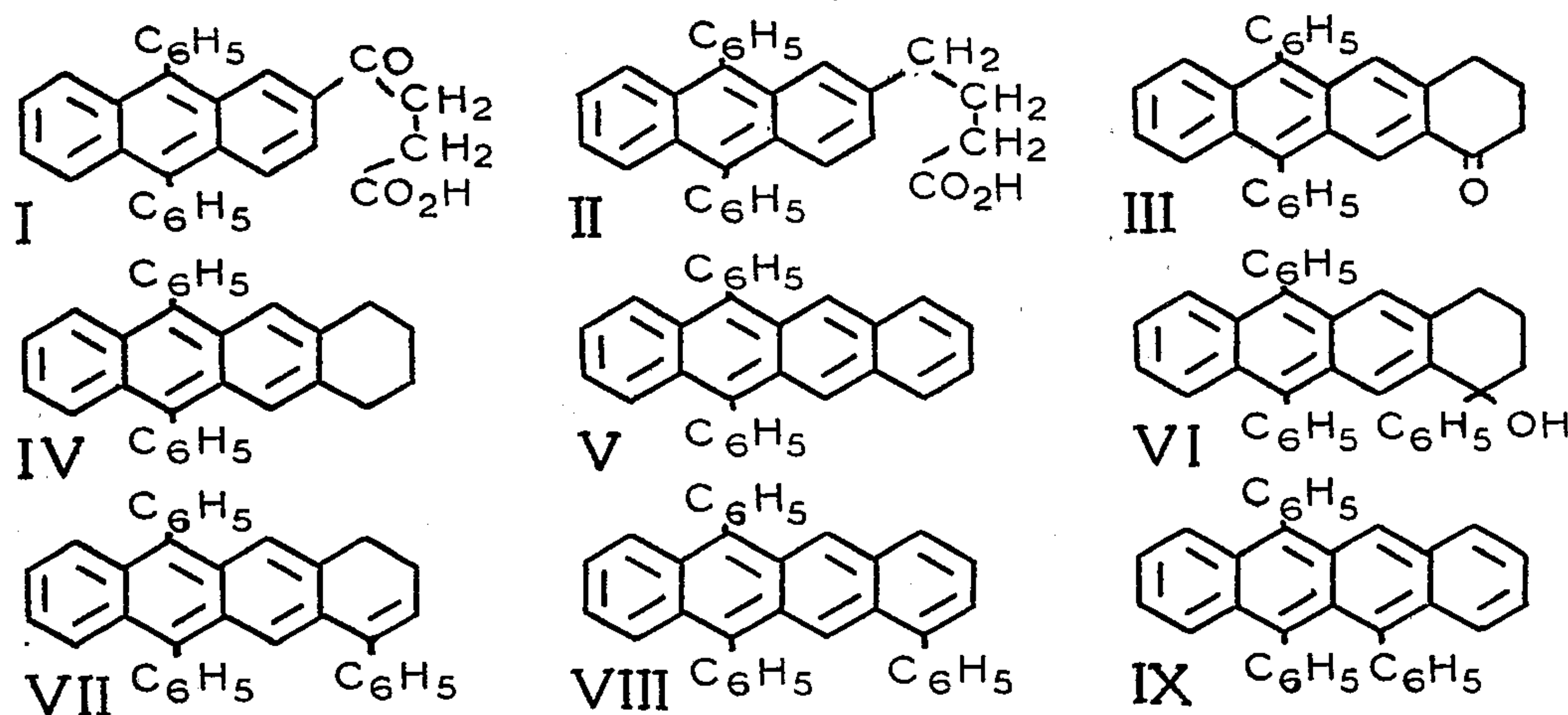
Le passage à l'acide mésodiphénylanthrylbutyrique (II) peut se faire par la réaction de Clemmensen, mais avec un médiocre rendement. Il est préférable d'utiliser la méthode de Kishner-Wolff modifiée par Huang Minlon [4] qui donne un rendement de 70-75 %. Le produit se présente en cristaux incolores qu'on recristallise dans l'acétate d'éthyle ($C_{30}H_{24}O_2$, $F_{inst}$ 138°).

La cyclisation de cet acide s'obtient en traitant son chlorure d'acide (qu'on n'isole pas) par le chlorure d'aluminium en présence de chlorobenzène. La cétone cyclique obtenue (III) est un corps jaune bien cristallisé, sublimable sous vide poussé ($C_{30}H_{22}O$, $F_{inst}$ 341°). Ce composé, hydrogéné par la méthode de Huang Minlon se transforme en tétrahydro-1.2.3.4 diphényl-9.10 naphtacène qu'on identifie par son point de fusion et l'épreuve du mélange (IV). De plus la déshydrogénation de ce dernier produit par la litharge [3] donne du diphényl-9.10 naphtacène identifié par son point de fusion et son spectre d'absorption dans le visible (V).

---

(1) W. E. Bachmann et R. O. Edgerton, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2219.
(2) J. W. Cook et A. M. Robinson, *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 505.
(3) *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 3, 1936, p. 1900.
(4) *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2487.

Ces réactions prouvent en même temps que la cyclisation s'est bien faite dans le sens d'un enchaînement linéaire, que le composé cétonique cyclique est le céto-4 diphényl-9.10 tétrahydro-1.2.3.4 naphtacène et que les acides mésodiphénylanthroylpropionique et mésodiphénylanthrylbutyrique ont leur chaîne latérale accrochée en position 2.




La cétone cyclique (III) peut être phénylée par le phényl-lithium, ce qui donne l'hydroxy-4 phényl-4 tétrahydro-1.2.3.4 diphényl-9.10 naphtacène (VI), cristaux jaune verdâtre ($C_{36}H_{28}O$, $F_{inst}$ 201°).

Ce carbinol se déshydrate par chauffage dans l'acide acétique à l'ébullition en donnant le dihydro-1.2 triphényl-4.9.10 naphtacène (VII) cristaux losangiques, jaunes, sublimables sous vide poussé ($C_{36}H_{26}$, $F_{inst}$ 217°).

Ce produit peut être transformé en carbure naphtacénique par déshydrogénation soit par la litharge, soit mieux par le charbon palladié. On obtient ainsi le triphényl-4.9.10 naphtacène (VIII) composé cristallisé jaune orangé ($C_{36}H_{24}$, $F_{inst}$ 219°) qui est un isomère du triphényl-9.10.11 naphtacène (IX) préparé par Ch. Dufraisse et M. Badoche ([5]) à partir du rubrène. A l'état cristallisé, les deux produits ont une couleur différente, le point de fusion du mélange est abaissé de 30° environ, mais leurs spectres d'absorption présentent des maxima très peu décalés. Enfin, comme cela était prévisible, ce produit (VIII) est très rapidement photooxydable en donnant un photooxyde cristallisé incolore dont nous continuons l'étude.

---

([5]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 242.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les thiényl-acétylènes.* Note de M. **Clément Troyanowsky**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le bromo-3 thiofène (1) peut être préparé avec un bon rendement à partir du tribromo-2.3.5 thiofène, par hydrolyse de son dimagnésien. Contrairement à ce qu'indiquent certains auteurs (2), on peut, par cette méthode, substituer en une seule opération deux atomes de brome. On obtient ainsi, en proportions égales, le bromo-3 thiofène et un mélange des dibromo-2.3 et dibromo-2-4 thiofène; ce mélange, traité comme le tribromothiofène, conduit également au bromo-3 thiofène (3). (I) É 156-158°; $n_D^{15}$ 1,596; $d_4^{20}$ 1,735.

Ce bromo-3 thiofène, par entraînement au bromure d'éthyle, donne un magnésien qui, condensé avec l'acétaldéhyde, fournit le méthyl-3-thiényl-carbinol. (II) $É_{14-15}$ 103-105°; $n_D^{14}$ 1,549; $d_4^{16}$ 1,188.

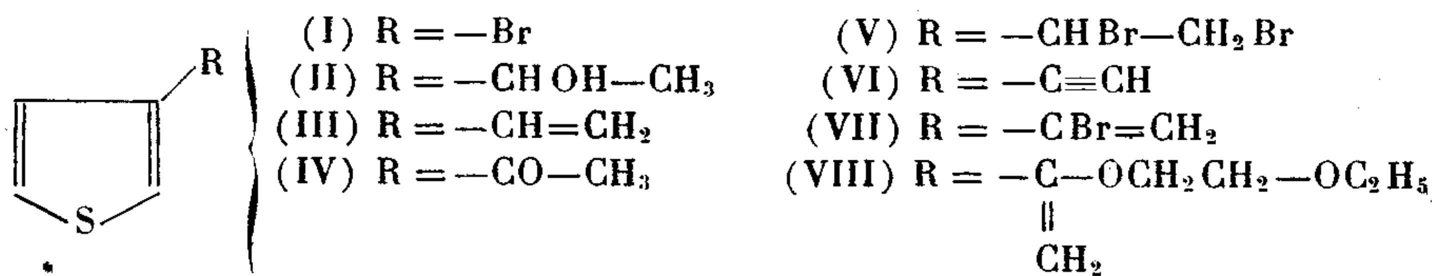
Quand on essaye de déshydrater cet alcool sur bisulfate de potassium, on obtient un mélange de vinyl-3 thiofène (III), É 150-151°; $n_D^{15}$ 1,569; $d_4^{15}$ 1,082, et d'acétyl-3 thiofène (IV), identique au produit décrit par Campaigne et Le Suer (4), F 57; $É_{15}$ 100-102°; phénylhydrazone F 114°. Ce dernier résultat est au moins inattendu.

Le vinyl-3 thiofène est beaucoup plus stable que son isomère en position α, qui se résinifie très facilement.

Il donne un dibromure (V), F 91, 5-92°, qui réagit très lentement sur l'éthylate de sodium, même à l'ébullition de l'alcool.

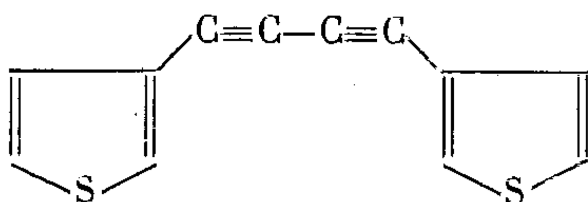
Quand on traite ce dibromure par la potasse alcoolique, on obtient un mélange de 3-thiénylacétylène (IV), $E_{60}$ 65-67°; $n_D^{15}$ 1,575 et d'un bromure éthylénique $E_{15}$ 76-80°, ce qui, étant donnée la proximité des points d'ébullition dans les séries thiofénique et benzénique, semble indiquer que le brome est fixé sur le carbone juxtanucléaire (VII).

Quand on traite ce mélange par une solution de potasse dans l'éthoxy-éthanol, on arrive à un produit unique, $E_{15}$ 145-150°, $n_D^{14}$ 1,532, qui ne présente plus la réaction des acétyléniques vrais, et doit provenir de la fixation de l'alcool sur la triple liaison, d'où sa formule probable (VIII)




(1) Steinkopf, Jacob et Penz, *Liebig's Annalen*, p. 512-36.
(2) Elderfield, *Heterocyclic compounds*, **1**, (J. Wiley, 1950), p. 223.
(3) Steinkopf et V. Petersdorff, *Liebig's Annalen*, p. 543-128.
(4) *Journal of the American Chemical Society*, **70**, 1948, p. 1555.

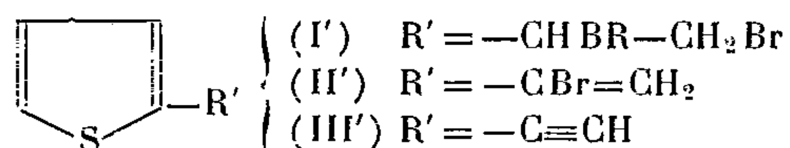
Le dérivé cuivreux du 3-thiénylacétylène, oxydé par le ferricyanure de potassium, conduit au di-(3-thiényl)-diacétylène, F 110°.




Tous ces dérivés 3-thiofèniques présentent une assez grande inertie chimique : formation laborieuse du bromure de 3-thiénylmagnésium, stabilité de l'éthylénique, action à peu près nulle de l'éthylate de sodium sur le dibromure de ce dernier, obtention toujours incomplète de l'acétylénique.

Ces phénomènes s'opposent nettement à la grande réactivité des dérivés $\alpha$, qui sont couramment instables : polymérisation du vinyl-2 thiofène, dont le dibromure (I') F 48°-49°, même soigneusement purifié, se décompose totalement en quelques jours.

De même, si ce bromure, traité à 0° par l'éthylate de sodium, donne un bromure éthylénique $E_{27}$ 71°-72°; $n_D^{16}$ 1,606; $d_4^{16}$ 1,531, de formule vraisemblable (II'), il a été impossible, après traitement de ce corps par la potasse alcoolique, d'isoler à l'état pur l'acétylénique correspondant (III'), dont il n'a été obtenu que des mélanges encore souillés d'un peu de monobromure, même par régénération du produit à partir de son dérivé cuivreux; dans ce cas, l'acétylénique est détruit, et l'on ne retrouve qu'un peu de dérivé bromé.




Les spectres Raman des deux vinylthiofènes isomères présentent les fréquences éthyléniques principales : 2-vinylthiofène : 1621 cm$^{-1}$; 3-vinyltiofène : 1629 cm$^{-1}$.

Si la fréquence éthylénique est moins fortement abaissée pour l'isomère 3, elle montre pourtant une dépression qui s'accorde mal avec les propriétés chimiques de ce corps.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'Arthrodires Brachythoraci (Dinichthydæ) dans le Dévonien supérieur du Tafilalet (Maroc méridional).* Note de M. **Jean-Pierre Lehman**, présentée par M. Charles Jacob.

Une riche faune d'Arthrodires est présente dans le Dévonien supérieur calcaire du Tafilalet. L'étude anatomique de quelques pièces montre déjà que cette faune renferme des Dinichthydæ.

Des restes de Vertébrés fossiles avaient été découverts, en 1937, par MM. Clariond, Marçais et Termier dans la région d'Erfoud; mais, par suite

de la guerre, ces premiers éléments étaient restés non étudiés. En novembre 1950, le Service géologique du Maroc m'ayant chargé d'une mission au Tafilalet, j'ai pu y collecter un riche matériel d'Arthrodires.

Des fragments d'os isolés, que M. l'abbé Lavocat m'avait appportés avant ce voyage, étudiés en plaques minces, m'avaient montré déjà que l'on avait affaire à des Arthrodires.

On pouvait en effet distinguer sur les coupes de ces ossements :

1° une couche basale lamellaire mince ;

2° une couche à canaux réguliers de sections ovales ou arrondies :

3° une couche réticulaire à vides larges de contours irréguliers.

La zone lamellaire superficielle n'était pas conservée.

Les lamelles osseuses sont disposées concentriquement par rapport aux canaux et aux vides. Je n'ai pas pu voir de cellules osseuses. Mais Heintz (1929) (1) a noté que celles-ci s'observent parfois difficilement. Cette structure histologique (1), (2) caractérise les Arthrodires (Euarthrodires et Antiarchés).

Sur le terrain, de nombreuses plaques d'Arthrodires bien conservées ont pu être trouvées; elles se rencontrent toujours dans le Dévonien supérieur calcaire ($D_3$ de la carte géologique provisoire des plateaux et chaînes du Sahro-Tafilelt et Maïder, par Clariond, Service géologique du Maroc, 1944), mais ce Dévonien supérieur calcaire du Tafilalet ne présente qu'en certains endroits des restes d'Arthrodires.

Les pièces proviennent principalement, aux environs d'Erfoud, de bandes de Dévonien supérieur orientées E.-W., le long des pentes Sud du Hamar Lahrdad d'une part, et d'autre part, au Nord de l'Ouidane Chebbi, à l'Est et à l'Ouest de l'Oued Chebbi. D'autres fossiles ont été trouvés aux environs de Taouz dans le Dévonien supérieur situé entre l'Erg Znigni et les vallées des Oueds Ziz et Refala. Les Arthrodires sont associés à des Invertébrés marins [Goniatites et Clyménies (3), Brachiopodes, Crinoïdes], la présence de Crinoïdes indiquant une faible profondeur.

Bien que le matériel récolté récemment n'ait pu encore être préparé, il permet déjà d'affirmer, parmi les Arthrodires récoltés, la présence de Dinichthydæ : les plaques crâniennes et thoraciques, en général lisses ou peu ornées, très massives (l'épaisseur dépasse parfois 3 cm), sont en effet très grandes; la longueur du toit crânien excède souvent 30 cm. Dans ce toit crânien, une longue plaque pinéale sépare complètement les deux plaques préorbitales; celles-ci ne viennent pas en contact médianement, ni en avant des plaques centrales, ni derrière la rostrale. La nuchale montre un procès

(1) *Norges Svalbard-og Ishav-undersökelser*, n° 22, 1929, p. 27.

(2) E. A. Stensiö, *On the Placodermi of the Upper Devonian of East Greenland. I. Phyllolepida and Arthrodires. Medd. om Grönland*, Vol. 97, 1934, n° 1, p. 22.

(3) L. Clariond, *Association pour l'étude géologique Méditerranée occidentale*, Vol. 5, 1935, Barcelone.

médian postérieur développé. L'articulation crâniothoracique est forte et en même position que chez *Dinichthys intermedius* Newberry. Il y a une petite plaque post-marginale. Les procès préorbitaires et post-orbitaires sont nets. La plaque médiodorsale du thorax a même forme que chez *Dinichthys intermedius* Nwb.; elle présente une quille postérieure massive, courte, à extrémité arrondie. On n'a pas observé de fossés sensoriels sur cette plaque. Les antéroventralatérales rappellent aussi beaucoup celles de *Dinichthys*. Tous ces caractères ne se présentent que chez les Dinichthydæ (4), (5) ou du moins ne sont pas présents en même temps chez d'autres Brachythoraci (6), (7), (8), (9).

C'est la première fois qu'une faune importante de Placodermes est signalée en Afrique; les gisements du Tafilalet sont très riches; le matériel récolté demandera probablement de longs mois de préparation et d'étude.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des granites de l'Armorique méridionale.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Charles Barrois attribuait un âge carbonifère à « l'immense majorité » des granites armoricains. L'existence de quelques massifs anciens a été démontrée dans le Cotentin par Mme E. Jérémine, admise par Mlle Faure-Muret pour le granite de Lanvaux et envisagée avec doute, pour le granite de Mareuil-sur-le-Lay, en Vendée, par M. Gilbert Mathieu, qui a publié en 1944 un exposé général sur les granites armoricains (1).

Tandis que dans l'Armorique septentrionale, y compris la zone axiale, l'âge carbonifère des granites, en dehors de petits massifs d'âge ancien ou incertain, peut être démontré de manière directe, en Armorique méridionale, l'âge des formations au contact des granites reste souvent incertain et, même lorsqu'il est connu, n'est pas plus jeune que le Cambrien ou l'Ordovicien.

Les massifs les plus méridionaux que l'on puisse dater ainsi sont : le massif granulitique d'Allaire, qui métamorphise l'Ordovicien, comme l'avait noté déjà Ch. Barrois, et à l'Ouest, la granulite de Locronan, au Nord de Quimper, d'un alignement plus septentrional, qui a métamor-

---

(4) A. Heintz, *Bashford Dean memorial Volume* (*Am. Mus. Nat., Hist.*, 1932, p. 211).
(5) B. Dean, *N. Y. Acad. of Sci. Memoirs*, Vol. 2, 3e partie, 1901, p. 122.
(6) W. Gross, *Geol. und Palaeont. Abhand.*, Vol. 19, fasc. 1, 1932, p. 55.
(7) A. Heintz, *Norsk. Geol. Tidskrift*, 1938, p. 5.
(8) E. A. Stensiö, *On the head of certain Arthrodires I. Kung. Vetenskapsakademiens Handlingar*, 3e série, vol. 13, no 5, 1934, p. 30.
(9) E. A. Stensiö, *On the head of certain Arthrodires II*, *id.*, 3e série, vol. 22, no 1, 1945, p. 52.

(1) *Rev. Sc.*, 1944, p. 15.

phisé et digéré des quartzites, parfois notés en Dévonien, mais dont l'attribution à l'Ordovicien inférieur me semble, d'après mes recherches récentes, bien plus probable.

Pour ces massifs et plus encore pour ceux situés plus au Sud, le seul argument en faveur d'un âge carbonifère reste donc leur liaison avec l'orogénèse hercynienne essentielle, liaison que Ch. Barrois évoquait déjà en 1930 et que j'ai examinée sur le terrain depuis 1946 de manière plus précise, en distinguant les granites syntectoniques au sens strict et les granites post-tectoniques.

Parmi ceux-ci je citerai en Vendée, *l'apophyse nettement post-tectonique du granite de Pouzauges*, que j'ai observée dans une carrière, au Sud de la gare de Cerizay et des dykes de granite post-tectonique, dans des couches verticales, au Sud de la granulite de Parthenay. Le granite de Pouzauges habituellement intact, mais parfois déformé, semble *syntectonique, mais avec une cristallisation finale et des apophyses tardives, post-tectoniques.*

De même dans le Morbihan, où les gneiss d'imprégnation granitique et les migmatites sont nettement syntectoniques, j'ai observé à l'Ile-aux-Moines, sur la côte sud, un petit massif de granite à biotite avec un peu de muscovite, de type intrusif (au sens A. Demay) et post-tectonique.

La granulite de Nantes, recoupée par la voie ferrée à l'ouest de la gare, est à peu près post-tectonique avec des dykes orientés par les schistes qu'elle a absorbés, dont le pendage est environ 70° vers le Nord. La granulite d'Allaire, avec ses variétés schisteuse et porphyroïde, l'est encore plus nettement, comme on peut le voir en particulier au Nord de Berric. Les dykes et filons-couches de la granulite du Croisic, à l'Ouest du Pouliguen, ont un caractère post-tectonique indiscutable. Au Sud de Muzillac, sur la Vilaine, les granulites sont post-tectoniques, dans une région où il existe des orthogneiss syntectoniques, un peu plus anciens. Dans le golfe du Morbihan où les granites et migmatites syntectoniques tiennent une grande place, les granulites de la côte d'Arradon et de l'Ile-aux-Moines, de même que le petit massif granitique déjà cité, sont nettement post-tectoniques, par exemple en face de Port-Blanc. La granulite non orientée de Port-Louis, au Sud de Lorient, est aussi post-tectonique.

*Parmi les massifs syntectoniques*, il faut distinguer ceux qui présentent un laminage caractéristique, accompagné d'une large recristallisation. J'ai observé ainsi en Vendée au Sud-Ouest de Chantonnay, dans l'anticlinal des Essarts, des orthogneiss granulitiques, laminés et recristallisés, tandis que, près de là, la granulite de Bournazeau semble post-tectonique, et bien plus à l'Ouest les orthogneiss ou gneiss d'injection granulitiques analogues de Pluvigner au nord d'Auray, plus à l'Ouest encore les orthogneiss granulitiques et granulites, en partie dans leur prolongement, que l'on peut suivre jusqu'à la baie d'Audierne, au sud de Pont-Croix, ceux plus méri-

dionaux de Pont-l'Abbé, tous nettement syntectoniques, mais dont l'évolution finale a abouti dans certaines zones à des faciès massifs post-tectoniques, comme l'a noté en termes différents M. P. R. Giot en 1948. Enfin, correspondant à des zones plus profondes, les orthogneiss granitiques à grands feldspaths laminés de la Roche-Bernard et les orthogneiss ou gneiss d'injection granitiques visibles au Sud de Quimperlé dans la forêt de Carnoët, par exemple au Sud-Ouest de Pors-Bihan, et au Nord sur la rive gauche de l'Isole.

*D'autres massifs montrent, dans l'ensemble, des cristaux non déformés ou même non orientés, mais des plis de détail avec une absorption granitique syntectonique*, aussi nette que celle que j'ai décrite dans mon Mémoire de 1942, pour le Massif Central, ou encore, dans leur bordure, des filonnets ou amas, en partie engagés dans le plissement, en partie postérieurs : migmatites et granite syntectoniques de la côte Nord de l'estuaire de la Loire, à l'Ouest du port de Saint-Nazaire, près du port de Donges, dans les rochers de la plage de Saint-Marc, migmatites de Vieux-Ruault, du Lageo et de beaucoup d'autres points de la côte du golfe du Morbihan, nettement syntectoniques, granite syntectonique profond de Brech, au nord de Vannes et d'Auray.

Près de Quimperlé, les deux types sont associés et l'on observe aussi de petits massifs ou dykes de granite, probablement post-tectoniques.

A l'ouest de Kerniec, sur la route de Kerlescouain, à 200 m de la route du Faouët, apparaissent sur une centaine de mètres, dans des paragneiss à biotite, des plis de détail, avec absorption syntectonique absolument caractéristique.

Comme les séries plissées, dans lesquelles ces granites ont été mis en place, ne présentent aucune discordance appréciable, les observations précédentes prouvent que *tous ces granites sont carbonifères, probablement dinantiens ou namuriens, les uns nettement syntectoniques, d'autres presque post-tectoniques, par leur faciès le plus commun et par certaines de leurs apophyses, d'autres enfin, mais presque uniquement parmi les granulites, franchement post-tectoniques*. Le granite de Lanvaux pose un problème particulier que j'examinerai ultérieurement.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge et la nature des minerais de fer de la région comprise entre Christian et le plateau des phosphates (Maroc central).* Note (*) de M. **William Van Leckwijck**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans cette région, la suite des terrains paléozoïques est la suivante : 1° schistes gris donnant un relief assez mou (Llanvirn ? Llandeilo inférieur ?);

(*) Séance du 4 juin 1951.

2° schistes gris clair, rubanés de vert et de violet, largement et abondamment micacés, enserrant des barres, formant reliefs, de schistes plus durs, bleu-vert, abondamment mais finement micacés, se débitant en baguettes et en dalles, et, rarement, un banc de grès, parfois quartzitique, de faible puissance (Llandeilo moyen); 3° schistes tendres de faciès Ouljet-bou-Khemis ([1]) occupant des fonds déprimés, et renfermant en abondance *Marrolithus ornatus* (Sternb.), ainsi que *Dalmania proeva*, *D.* sp., *Colpocoryphe Aragoi* Rou, *Calymene* sp., *Primitia* cf. *prunella* Barr., *Oxlosia* sp., *Ctenodonta* sp., *Modiolopsis draboviensis* Barr., *Leda bohemica* Barr., *Hyolithes* cf. *fortis* Barr., *Lingula* sp., *Spirorbis* ? sp., *Didymograptus* sp. (Llandeilo sup.); 4° quartzites en grosses barres, à *Brongniartia Brongniarti* (Salter), *B. bisculata* (Salter), *Strophomena* ? sp. (Caradoc); 5° un ensemble schisteux tendre, monotone, parfois à lentilles et nodules carbonatés, à Monograptidés (Gothlandien, où diverses zones du Llandovery, du Wenlock et du Ludlow ont été identifiées), puis, en discordance; 6° des quartzites à faune du Gedinnien inférieur ([2]).

*Des minerais de fer oolithiques* ont été observés au sein des sédiments des termes 2 et 6 ci-dessus. Dans les schistes 2 ils forment des lits lenticulaires (25 m à 0) mais qu'on peut suivre parfois sur plus de 2 km en affleurement. Ils sont activement exploités dans la mine des Aït-Ammar ([3]), et ont fait et font encore l'objet de travaux de recherche en divers endroits (8 km Ouest de Christian, Fil Rouge, Ouest de Sidi Abd en Nour, etc). Toujours subordonnés aux schistes à *M. ornatus* rangés dans le Llandeilo supérieur ([4]), ces sédiments ferrifères seraient de même âge (Llandeilo moyen) que les « grès à fer d'Alnif » et les minerais de fer oolithiques des J. Tachilla et Ouarzemine (Sud marocain) ([5]).

Les *minerais de fer oolithiques gedinniens* se distinguent des précédents par le fait qu'ils sont collés au toit immédiat d'un ou deux gros bancs de quartzite. Ils peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et se poursuivre aussi sur plus de 2 km en affleurement. Ils font l'objet de travaux de recherche en divers points (Est du J. ed Delaa, Sud d'Aïn Jenndouba, etc.). En certains endroits, notamment au Nord de Sidi Rahmoun, on observe des minerais oolithiques des deux âges et la discordance entre les deux y a été bien observée par G. Colo et le signataire de cette Note.

Rappelons qu'il existe à Tiflet et à l'Oued Satour, environ 100 km au

---

([1]) H. Termier, *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, n° **33**, **1**, 1936, p. 193.

([2]) W. van Leckwijck, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2117.

([3]) P. Despujols, *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, n° **46**, 1937, p. 111-113.

([4]) H. et G. Termier, *C. R. somm. S. G. F.*, 1947, p. 255.

([5]) G. Choubert, H. et G. Termier, *C. R. somm. S. G. F.*, 1947, p. 336.

Nord de la région étudiée ici, des minerais de fer oolithiques d'âge strunien, qui ont également fait l'objet de travaux de recherche.

Outre les minerais oolithiques, il y a, dans notre territoire, des *minerais de fer concrétionnés* d'âge quaternaire. Ceux-ci sont liés aux affleurements plats de schistes d'âge Llandeilo supérieur. H. Termier a déjà signalé la présence constante de conglomérats ferrugineux quaternaires là où les schistes de faciès Ouljet-bou-Khemis s'étalent en affleurement (6). Parfois ces « conglomérats » deviennent assez riches en fer pour être exploités. Ainsi à la mine de Sokhrat ed Djaja, on a la superposition suivante : conglomérat blanc, horizontal, à gros éléments d'origine crétacée ou paléozoïque (0 à 4 ou 5 m), hématite concrétionnée très riche et pure, horizontale (0,20 à 2 ou 3 m), schistes rouges du Llandeilo supérieur, redressés, avec fissures minéralisées en hématite. Nous supposons qu'il y a eu ici, à une époque climatique favorable, migration du fer *per ascensum* en provenance des schistes du Llandeilo supérieur, puis dépôt de fer à la surface du sol ou à faible profondeur donnant les encroûtements actuels, suivant un processus somme toute très analogue à celui qui a produit les nombreuses croûtes calcaires du Maroc. La grande plaine dans laquelle a été ouverte la mine d'ed Djaja est à l'altitude de 740 m ; d'autres gisements ont été explorés à diverses altitudes plus élevées et sur des plateaux parfois assez exigus (Dayat el Hamra, Raoudat Oulad Mbarek, 830 m, etc.).

GÉOLOGIE. — *Le littoral de Faraman*. Note (*) de Mme **Lucien Razavet**, née **Christiane Duboul**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La plage de Faraman s'étire en une longue bande de sable étroite et plane, depuis l'ancien grau de Piémanson à l'Est, jusqu'au grau de la Dent à l'Ouest, tous deux entièrement atterris.

Dans cette région, le rivage est en recul rapide depuis de nombreuses années. Les effets érosifs se manifestent surtout au Sud du Phare de Faraman : en cet endroit, une faible incurvation de la côte, désignée sous le nom de « coupure à la mer », est particulièrement attaquée par les vagues lors des tempêtes de Sud-Est (vent portant) qui ont détruit toute la plage et viennent actuellement déferler sur une digue de protection qu'elles affouillent, produisant parfois d'importantes brèches dans l'édifice. L'engloutissement par les eaux de l'ancienne tour de Faraman construite en 1930 à une distance de 420 m à l'intérieur des terres dans la partie la plus méridionale de la courbure et l'éloignement progressif de ses ruines montre l'ampleur du phénomène.

---

(6) *Op. cit.*, p. 198.

(*) Séance du 28 mai 1951.

Dans sa plus grande étendue, la plage est bordée au Nord par des tables saunantes. Ces salines ne sont séparées de la plage que par un étroit et frêle rideau, parfois discontinu, de dunes à ammophiles, cordon plus ou moins mouvant, peu élevé et en voie de disparition malgré des travaux de protection entrepris.

D'une façon générale, deux cordons littoraux longent la côte au large; ils demeurent toujours à une certaine distance de la terre, accompagnant un profil de pente peu accentué.

A l'Est de la courbure, par temps calme, la plage n'offre pas de marque manifeste d'érosion en dehors de l'existence, par endroits, de cusps à peu près permanents et peu profonds. Cette partie de la plage est bordée, vers l'intérieur, par un cordon de sable plus ou moins élevé, limitant une dépression qui retient de l'eau de mer, provenant d'infiltrations. A l'approche du grand Rhône, tout effet érosif cesse de se manifester en raison de l'importance des apports sédimentaires. A l'Ouest de la courbure, la plage possède un aspect un peu différent, du fait de la construction de travaux de défense (séries d'épis formés d'une double rangée de pieux, avec enrochement frontal). Établis en vue de protéger le littoral, ils réduisent l'effet destructeur de la mer.

Le recul général du littoral de Faraman dépend directement du manque d'apports sédimentaires dans cette région, provoqué par l'assèchement du grau de Passon (dans l'alignement sud de la localité de Salins de Giraud), et par le détournement du Vieux Rhône vers l'Est, le grau de la Dent atterri ne déversant presque plus de sédiments en mer.

Le mécanisme de l'érosion dans ces parages paraît se présenter de la façon suivante : par vent du Sud-Est, la mer envahit toute la basse plage, découvre localement des bancs d'argiles, restes de formations lagunaires aujourd'hui détruites par le recul du rivage, et vient battre le pied des dunes trop faiblement défendues par les travaux de protection; dunes et plages perdent ainsi d'énormes quantités de matériaux qui sont dispersés au large suivant un mécanisme classique sous l'influence des courants de fond compensateurs et peut-être sous l'influence des ripcurrents locaux. L'intense érosion de la côte dans ces conditions montre que les phénomènes d'érosion l'emportent beaucoup sur les apports par transfert littoral venant de l'Est et la réalité de ces phénomènes de dispersion vers le large est confirmée par le fait que la ceinture vaseuse en ce point s'écarte notablement de la côte (¹).

Au contraire, les vents du secteur Nord, surtout le mistral, en abaissant le plan d'eau, provoquent un remblaiement de la zone littorale par le mécanisme inverse (contre-courant de fond vers la côte) qui aboutit, en défi-

(¹) D. J. Doeglas, *C. R.* 18ᵉ *Intern. geol. Cong. Londres,* Pt. 8, 1948, p. 16-21.

nitive, à un faible engraissement de la plage, toutes choses égales d'ailleurs et compte tenu de l'apport par transfert littoral provoqué par l'obliquité des vagues et en provenance de l'Ouest.

Corrélativement, ce vent entraîne le sable de la grève et en chasse d'importantes fractions dans l'eau. Une partie de ce sable, retenue sur la basse plage par les obstacles, y forme des amoncellements plus ou moins élevés, dunes mouvantes, de vie éphémère, qui seront balayées par les vents de S-E.

L'évolution de la portion côtière, depuis le lieudit : « la courbure à la mer » jusqu'au grau de la Dent, est légèrement modifiée par la présence d'épis. Ceux-ci favorisent l'arrêt sur place des sédiments venus de l'Est et de l'Ouest par transfert littoral, et dont la masse reste réduite. Les dépôts s'effectuent au vent des épis, d'où un engraissement marqué sur leur face Ouest en temps de mistral. Par contre, les vents de secteur Sud, vents portants violents, provoquent un recul évident de la plage, au vent de l'épi, du fait de la dispersion au large, tandis que la côte située sous le vent de l'épi paraît souvent attaquée, mais moins activement. Compte tenu de l'action antagoniste des vents de N-W et S-E, la construction des épis ne fait que ralentir l'érosion de la côte sans l'arrêter complètement. Comme l'avait déjà signalé A. Rivière (²), il ne semble donc pas que l'on puisse espérer arrêter complètement l'érosion d'une côte par des épis transversaux lorsqu'elle résulte surtout de phénomènes de dispersion dans le profil, contrairement à ce qui se passe lorsque les actions érosives résultent essentiellement de phénomènes de transfert littoraux : on peut en prendre pour exemple les épis des Saintes-Maries de la Mer dont l'action, favorisée par l'importance des apports sédimentaires venant du grau de l'Orgon, sous l'influence du mistral, a arrêté l'érosion de la plage dès leur installation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure des noyaux du sac embryonnaire de* Linum usitatissimum *L.* Note de M. **Bernard Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Le sac embryonnaire de *Linum usitatissimum* L. contient, à maturité, deux synergides, une oosphère, un noyau secondaire, exceptionnellement trois antipodes. Le noyau des synergides et celui des antipodes, lorsque celles-ci sont présentes, ont une structure analogue à celle des noyaux somatiques. Celui de l'oosphère et le noyau secondaire, par contre, ont un aspect très particulier; en effet, ils sont achromatiques.

Peu de temps avant l'épanouissement de la fleur, le sac embryonnaire de Lin n'est pas encore différencié, tandis que, dans les étamines, on assiste aux deux divisions polliniques et que de nombreux grains de pollen sont déjà trinucléés. Ces derniers, plus ou moins sphériques, mesurent alors 40

(²) *Revue générale de l'hydraulique*, n° 48, 1948, p. 11-14.

à 45 μ de diamètre et possèdent deux petits noyaux sphériques (2,5 à 2,7 μ) contenant 14 à 15 chromocentres bien visibles uniformément répartis dans la cavité nucléaire et masquant son contenu. Ces deux noyaux ♂ sont placés de part et d'autre d'un noyau achromatique de forme arrondie (7 à 8 μ) qui occupe approximativement le centre du grain de pollen.

Au moment de l'anthèse, le sac embryonnaire est plus ou moins volumineux suivant les variétés et se présente, en coupe longitudinale, sous l'aspect d'une languette effilée dont l'extrémité se prolonge en un étroit et long canal. Nous l'avons étudié après coloration selon la technique de Feulgen; quelques coupes de contrôle ont été traitées à l'hématoxyline et au violet de gentiane.

Ce sac, presque totalement vide de cytoplasme, est entouré par une assise de cellules en voie de division dont les noyaux bien rangés, ovoïdes (4 × 5 μ) et uninucléolés sont relativement chromatiques. Au contact de cette assise, le sac est limité par une sorte de membrane apparente, colorable, qui s'affirme au cours de sa différenciation et s'estompe vers l'orifice micropylaire.

Au sommet, on note la présence de trois cellules seulement : deux synergides et l'oosphère, entourées chacune d'une membrane propre, et d'une masse cytoplasmique mal définie englobant le noyau secondaire. En coupe longitudinale les deux synergides accolées l'une à l'autre, en forme de poires allongées et très pointues à leur extrémité, apparaissent engagées dans le canal micropylaire. Elles contiennent, dans la partie basale, un noyau nettement ovoïde (7 × 4 μ). Une coupe transversale à ce niveau montre, sur un même plan, ces deux cellules arrondies, qu'entoure une fine membrane bien visible, avec, au centre de chacune, un noyau de section circulaire. La structure de ces noyaux se rapproche sensiblement de celle des noyaux somatiques. Cependant ils sont plus volumineux et moins chromatiques et sur un fond coloré se détachent 12 à 13 chromocentres périphériques tandis que le nucléole (3,1 μ) demeure incolore.

L'oosphère, cellule allongée, placée dans un plan perpendiculaire à celui des synergides, est entourée d'une membrane peu visible, souvent déchirée ou détériorée. Elle contient un noyau plus ou moins sphérique ou ovoïde (9 × 5,5 μ) limité par une membrane très apparente cette fois. Avant la fécondation, ce noyau est absolument achromatique. Parfois on y trouve deux à trois chromocentres petits et peu colorés plaqués contre la membrane. A un stade plus jeune, 11 à 12 chromocentres sont encore visibles; ils disparaissent au cours de la différenciation des noyaux du sac.

Néanmoins, ces noyaux ne sont pas parfaitement homogènes. Autour de l'unique nucléole sphérique (4 μ de diamètre), coloré en rose pâle, souvent creusé d'une vacuole excentrique, l'espace intranucléaire paraît entièrement occupé par une spumosité particulièrement visible au contraste de phase.

La future cellule-œuf est contiguë à une masse cytoplasmique difforme qui émet, en direction du micropyle et vers la région médiane du sac, des tractus cytoplasmiques plus ou moins effilés. Cette cellule ne semble pas limitée par une membrane propre. Elle renferme un volumineux noyau ($18 \times 13\ \mu$), le noyau secondaire, plus ou moins arrondi, parfois légèrement déformé, entouré d'une membrane épaisse. Celui-ci contient un seul nucléole rigoureusement sphérique, coloré en rouge orangé ou en rose vif par la technique de Feulgen. Cette coloration est accentuée aux stades jeunes et varie suivant les modalités de l'hydrolyse. Très vive lorsque les coupes sont placées pendant 10 mn dans HCl/N à 62 °C, elle va en s'atténuant lorsqu'on les y laisse 12 à 15 mn. A 20 mn, elle est très faible, quoique encore visible. Il ne semble pas que cette teinte soit due à la présence de chromatine car ce nucléole se colore en rose vif sans hydrolyse préalable. Traité par le violet de gentiane, il apparaît en jaune et par l'hématoxyline, en noir. Quelle que soit la technique employée, on trouve toujours à l'intérieur une grande vacuole sphérique ($3{,}5\ \mu$) incolore. Le noyau est vide de toute substance chromatique colorable par la technique habituelle de Feulgen. Le nucléoplasme est irrégulièrement réparti et forme une zone plus dense dans la partie périphérique. On y distingue des sortes de trabécules et des filaments plus réfringents, ces derniers colorables par l'hématoxyline.

Habituellement, les trois antipodes dégénèrent très tôt. Cependant il arrive, très rarement, qu'elles persistent à l'autre extrémité du sac, isolées au milieu des tissus du nucelle. Leur noyau est alors semblable à celui des synergides, quoique légèrement plus volumineux et chromatique.

Des structures analogues ont été rencontrées chez d'autres plantes à noyaux euchromocentriques et chromocentriques (*Phaseolus vulgaris* L., *Cymbalaria muralis*, *Zea Mays* L., etc.).

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Pénétration de l'urée et interaction de la turgescence expérimentale des cellules stomatiques et épidermiques.* Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

En comparant les largeurs des stomates isolés et des stomates en place l'auteur a reconnu que dans les solutions d'urée modérément concentrées l'évaluation de la pénétration de cette substance dans les cellules stomatiques par la méthode volumétrique conduirait à des résultats erronés pour les plantes dont les cellules épidermiques ordinaires absorbent l'urée. L'accroissement de la largeur des stomates en place se trouve, en effet, contrarié par la turgescence croissante des cellules épidermiques.

En étudiant comparativement les stomates en place et les stomates isolés ([1])

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1507.

nous avons montré que le degré d'hydratation de l'épiderme est, chez certaines plantes, un facteur important du comportement des stomates.

Nous nous sommes demandé si cette action des cellules épidermiques gonflées d'eau ne pourrait pas constituer une cause d'erreur dans les recherches sur la perméabilité des cellules stomatiques par la méthode volumétrique.

On sait que l'évaluation de la pénétration de l'urée se fait généralement par la mesure de l'accroissement du volume ou de la surface visible de l'appareil stomatique dans les coupes tangentielles, à des intervalles déterminés de temps (²). La mesure précise de la largeur du stomate a naturellement dans cette méthode une importance primordiale. Or cette largeur pourrait dépendre de la pression qu'exerceraient éventuellement les cellules épidermiques ayant également absorbé l'urée; il en résulterait une évaluation du volume de l'appareil stomatique inférieur au volume réel qu'occuperaient les stomates s'ils étaient isolés.

Afin de nous rendre compte dans quelle mesure et avec quelles plantes ces objections seraient valables, une série de recherches a été effectuée sur les stomates isolés et en place; les résultats en sont résumés dans le tableau.

*Variations de la largeur de l'appareil stomatique à partir du moment de l'immersion dans l'urée.*

| | | Comportement de l'appareil stomatique après 1 h de séjour dans la solution d'urée. | | | | Comportement de l'appareil stomatique après 5 mn de séjour dans l'eau après l'urée. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Concentration de la solution d'urée | Stomates *in situ*. — Variations du diamètre en | | Stomates isolés. — Variations du diamètre en | | Stomates *in situ*. — Variations du diamètre en | | Stomates isolés. — Variations du diamètre en | |
| Plante. | (%). | μ. | %. | μ. | %. | μ. | %. | μ. | %. |
| *Vicia Faba* L... | 10 | +3 | + 9 | +3 | + 9 | −10 | −32 | +8 | +22 |
| *Caltha palustris* L........ | 5 | −3 | − 7 | +1 | + 2 | − 6 | −14 | +1 | + 2 |
| *Ranunculus Flammula* L. | 5 | −6 | −17 | +5 | +15 | − 9 | −24 | +9 | +24 |

(²) Le calcul du volume des cellules stomatiques est rendu très difficile par suite de la forme spéciale des cellules stomatiques. Ursprung et Blum (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1924, p. 63) ont proposé une méthode et une formule :

$$\text{vol} = L^3 \frac{c}{12p^3}\left[6p(L+p^2)^2 - 8p - 3(L-p^2)^2 \arcsin \frac{2p}{L+p^2}\right] \quad \text{où} \quad p = \frac{\text{larg.}}{\text{long.}},$$

dont ils font eux-mêmes la critique. Aussi, plus tard, ont-ils proposé une autre méthode plus accessible (*Handb. d. biolog. Arbeitsmethod. Abderhalden,* 1938, Abt. 1, Teil 4, Heft 7). L. Reuter (*Protoplasma*, Bd. 37, 1934, p. 538-555) utilise une méthode simplifiée qui a l'avantage d'être rapide et qui consiste essentiellement dans la mesure de la largeur et de la longueur du stomate considéré comme une ellipse, en admettant que la hauteur du stomate ne varie pas.

Chez *Vicia Faba* L. les cellules épidermiques ne sont guère perméables à l'urée et restent plasmolysées pendant toute la durée de l'expérience (1 h). De ce fait elles n'opposent aucune résistance à l'élargissement des stomates en place qui se comportent comme les stomates isolés.

Il n'en est pas de même pour *Caltha palustris* L. ou *Ranunculus Flammula* L. dont les cellules épidermiques sont perméables à l'urée. Chez ces plantes les cellules épidermiques se déplasmolysent plus ou moins rapidement et exercent une pression sur l'appareil stomatique, qui se traduit par des différences de largeur entre les stomates isolés et ceux en place. Ainsi, chez *Caltha palustris* L. le diamètre du stomate isolé (moyenne de 30 mesures) au bout d'une heure de séjour dans la solution d'urée augmente de 2 %, tandis que le diamètre des stomates *in situ* accuse une diminution de 7 %. Il en est de même chez *Ranunculus Flammula* L., où les stomates en place montrent une diminution de la largeur de 17 % tandis que la largeur des stomates isolés augmente de 24 %. Comme on le voit dans ces derniers cas, l'évaluation du volume ou de la surface visible de l'appareil stomatique en place par la mesure de la largeur de celui-ci conduirait à des résultats tout différents de ceux obtenus avec les stomates isolés. Des résultats analogues ont d'ailleurs été notés par nous avec d'autres espèces.

Notons que ces objections ne sont valables que pour des concentrations qui permettent une déplasmolyse des cellules épidermiques au cours de l'expérience. Les concentrations fortes d'urée retardent considérablement la déplasmolyse, d'une part à cause de la plasmolyse poussée, et d'autre part à cause de la toxicité de l'urée elle-même pour les cellules épidermiques, à fortes doses; les stomates en place se comportent alors comme les stomates isolés.

Un autre fait intéressant apparaît également dans ces mesures. En plaçant les coupes dans l'eau, à la sortie de l'urée, les stomates en place ayant absorbé l'urée, au lieu d'augmenter de volume et d'écarter les cellules voisines, sont au contraire eux-mêmes fortement comprimés par celles-ci, même dans le cas de *Vicia Faba* L. dont les cellules épidermiques n'absorbent guère l'urée, comme il a été dit plus haut. On peut en chercher l'explication dans une exosmose rapide de l'urée préalablement absorbée par les cellules stomatiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques constituants nouveaux d'une Éricacée africaine, l'*Agauria salicifolia *Hook f. ex Oliv.* Note de MM. **Antoine Sosa** et **Jean Dussy**, présentée par M. Marcel Delépine.

De l'écorce d'*Agauria salicifolia* on a isolé 8 substances cristallisées : agaurols A ($C_{38}H_{62}O_2$, B ($C_{23}H_{34}O$), C ($C_{36}H_{56}O_3$), D ($C_{31}H_{52}O$), $\alpha$ et $\beta$ ($C_{21}H_{32}O$), agaurilol et acide agauriolique dont les deux derniers sont respectivement un alcool non saturé $C_{30}H_{45}O_2(OH)$ et un acide-alcool $C_{29}H_{46}(OH)COOH$ triterpéniques, l'acide agauriolique se trouvant chez la plante à l'état d'acétate.

Lorsqu'on traite les écorces d'*Agauria salicifolia* Hook fils ex-Oliver, par

l'alcool à 96° bouillant et que l'on concentre l'extrait alcoolique en ramenant son titre à environ 70° par addition d'eau, il se dépose un produit cireux ($R_1$) de composition complexe. Ce produit peut aussi être extrait plus rapidement et plus totalement par l'éther éthylique ou le benzène en épuisant le matériel sec au Soxhlet; dans ces cas l'extrait est repris par l'alcool à 85° bouillant. Les produits cireux précipitant par refroidissement sont séparés, puis des cristaux se forment lentement dans la solution abandonnée au frais. Ces derniers, constitués par des aiguilles, fondent vers 285° et le rendement est de 1 % ($R_2$).

En chromatographiant $R_2$ (17 fois) sur de l'alumine n<sup>os</sup> 1-2 (Brockmann et Schodder) suivant le procédé du chromatogramme liquide [1], nous avons eu 261 fractions fondant entre 200° et 360° environ. Celles-ci ont été groupées de la façon suivante (avec indication des corps issus de chacune) :

I. F 316-318° (agaurilol, F 321°);

II. 310-312° (acide acétyl-agauriolique, F 315-316°);

III. 280-305° [microsublimation fractionnée sous vide (10 mm Hg) : 225-255° (agaurol α, F 196°); 270-290° (agaurol β, F 216°)];

IV. 205-272° (agaurol A, F 228°; agaurol B, F 247°; agaurol C, F 268°; agaurol D, F 286°).

La fraction III n'a pu être séparée utilement par chromatographie, alors que par microsublimation dans le vide elle l'a été en agaurols α et β, le dernier étant le plus difficilement sublimable.

La purification de ces huit substances est terminée par cristallisations répétées dans l'alcool plus ou moins hydraté.

Tous ces corps sont incolores, généralement cristallisés en belles aiguilles et présentent les réactions des composés triterpénoïdiques. Les deux premiers (agaurilol et acide acétyl-agauriolique) sont les constituants prédominants du complexe cireux $R_2$; néanmoins le rendement obtenu à l'état pur est seulement d'environ 1/10 de $R_2$. Quant aux agaurols, ils ont été isolés en une proportion infime d'environ 25 fois inférieure à la précédente, de l'ordre d'une dizaine de milligrammes de substance pure.

Des deux composants principaux, l'agaurilol est le moins fortement adsorbé par l'alumine; il est celui qui fond le plus haut (321°) mais il est le moins dextrogyre ($\alpha_D + 6°,9$). Sa molécule contient 1 (OH) alcoolique et n'est pas saturée; elle fixe deux atomes d'iode (dérivé iodé, F 215°). Les deux autres atomes d'oxygène de l'agaurilol ne paraissent pas faire partie des groupes carboxyle ni carbonyle.

L'agaurilol, $C_{30}H_{45}O_2(OH)$, est un alcool triterpénique isomère des taraxol, sanguisorbigénine, vanguérigénine et acide β-élémonique.

Quant au constituant le plus difficilement détachable de la colonne de $O_3Al_2$, il s'agit en l'ocurrenee d'un nouvel acide hydroxy monocarboxylique, égale-

---

[1] Solvant = $C_6H_6$. Éluants : $C_6H_6$, $C_6H_6$ + éther, $C_6H_6$ + $CH_3OH$, éther, etc.

ment triterpénique, l'acide agauriolique $C_{29}H_{46}(OH)COOH$ lequel, chose rarement signalée, se trouve chez *A. salicifolia* à l'état d'acétate [acide acétyl-agauriolique, $C_{29}H_{46}(OC_2H_3O)COOH$]. Ce dernier ne fixe pas d'iode dans sa molécule, mais se laisse estérifier à l'aide du diazométhane donnant l'acétyl-agauriolate de méthyle correspondant $C_{29}H_{46}(OC_2H_3O)COOCH_3$ (F 268°, $\alpha_D$ + 38°,3).

Si le remplacement, chez l'acide agauriolique, d'un H du OH aloolique par un groupe acétyle provoque une exaltation dextrogyre sur le pouvoir rotatoire moléculaire (+ 146° → + 238°, acide acétyl-agauriolique), la substitution dans ce dernier de l'H du carboxyle par un méthyle ramène le $[M]_D$ vers la valeur de départ (+ 238° + 198°, acétyl-agauriolate de méthyle).

L'acide agauriolique est un isomère d'autres triterpènes naturels déjà connus : gratiolone, glédigénine, acides boswelliques α et β, et les acides α-élémolique, oléanolique, ursolique et morolique ([2]).

Quant aux agaurols A, B, C et D, disons seulement qu'ils sont adsorbés par $O_3Al_2$ n° 1 avec une force croissante dans l'ordre C < A < B < D, et que si A, B et C peuvent être entraînés par $C_6H_6$, par contre l'agaurol D ne l'est que par $C_6H_6$ + éther. Ces substances (comme également les agaurols α et β) ne fixent pas d'iode dans leurs molécules, mais donnent toutes des acétates.

| | F. | $[\alpha]_D$. | *Acétates.* | F. | $[\alpha]_D$. |
|---|---|---|---|---|---|
| Agaurilol ($C_{30}H_{46}O_3$) | 321° | +6°,9 | $C_{32}H_{48}O_4$ .... | 285° | |
| Acide agauriolique ($C_{30}H_{48}O_3$). | 309° | +32° | $C_{32}H_{50}O_4$ ..... | 315° | +47°,7 |
| Agaurol A ($C_{35}H_{62}O_2$) | 228° | | .... | 246° ([3]) | |
| » B ($C_{25}H_{34}O$) | 247° ([3]) | | .... | 246° ([3]) | |
| » C ($C_{36}H_{56}O_3$) | 268° | | .... | 241° | |
| » D ($C_{31(32)}H_{52(54)}O$) | 286° | | $C_{33(34)}H_{54(56)}O_2$. | 310°-311° | |
| » α (C = 81,15 %, H = 11,15 %) | 196° | | .... | 230° | |
| » β ($C_{21}H_{32}O$) | 216° | | .... | 249°-250° | |

(points de fusion déterminés au bloc; $[\alpha]_D$ dans le chloroforme).

Ces composés offrent parfois dans les réactions de Salkowski, Liebermann et Noller des nuances de coloration différentielles dont nous parlerons dans un prochain Mémoire.

---

([2]) Les constantes optiques de l'acide morolique (tout récemment isolé du saponoside de *Mora excelsa* Benth; *Cf.* Barton et Brooks, 1950) et de quelques-uns de ses dérivés ressemblent à celles de notre acide agauriolique. Néanmoins ne disposant pas d'échantillon de l'acide morolique nous ne pouvons nous prononcer actuellement sur l'identité possible avec l'acide agauriolique.

([3]) Ces composés ne sont pas identiques malgré l'analogie de leurs points de fusion.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Une grave affection nouvelle de la forêt française : la maladie de l'encre du Chêne*. Note de Mme **Mireille Moreau** et M. **Claude Moreau**, présentée par M. Roger Heim.

Nous étudions depuis bientôt deux ans une maladie chancreuse du Chêne rouge qui occasionne des pertes inquiétantes dans le Sud-Ouest de la France. Nous avons exposé l'an dernier les résultats de nos premières investigations ([1]). Nous pensions qu'un *Nectria* et un *Phoma*, obtenus dans tous nos isolements à partir de l'écorce du Chêne malade, pouvaient être en cause; toutefois, un sérieux doute subsistait du fait que nous n'avions isolé aucun agent pathogène à partir du cambium et du bois : c'est pourtant dans ces éléments profonds que vivent, en général, les authentiques parasites. Des essais d'infections de jeunes *Quercus borealis* ne nous donnèrent aucun résultat positif.

L'origine de l'affection demeurait donc inconnue quand nous avons reçu, au printemps dernier, un tronc de Chêne recueilli dans la forêt de Sare (Basses-Pyrénées). Il était, à son arrivée, couvert de périthèces de *Nectria* et nos multiples essais d'isolement donnèrent les mêmes résultats que l'année précédente. Seul, un ensemencement de cambium nous fournit un mycélium stérile très vésiculeux et à croissance intramatricielle.

Un voyage récent en Pays basque nous a permis de mesurer l'étendue des méfaits de cette maladie. Nous avons visité les plantations attaquées de la rive droite de la Bidassoa et, d'autre part, les foyers d'infection de Mixe, de Sare, d'Ainhoa et de Saint-Pée-sur-Nivelle; dans ces dernières localités, M. M. Barriéty, Inspecteur des Eaux et Forêts, qui nous a accompagnés, nous a montré qu'actuellement non seulement les Chênes rouges étaient atteints, mais aussi *Quercus pedunculata* et *Q. Tozza*. Sur ces divers chênes, nous avons récolté de nombreux périthèces de *Nectria*.

L'hypothèse d'un chancre à *Nectria* semblait se confirmer lorsque, de retour au laboratoire, nous observâmes trois espèces différentes de ce genre : l'une proche de *Nectria Rubi* Osterw., l'autre de *N. flavo-viridis* (Fuck.) Wr., et la troisième voisine de *Nectria galligena* Bres. Il devenait alors difficile d'admettre le rôle pathogène primaire du *Nectria* et la question du rôle éventuel du Siphomycète stérile isolé précédemment du Chêne se posait.

L'étude d'une affection des Agrumes due à un *Phytophthora* nous valut de rapprocher notre mycélium stérile de celui d'un représentant de ce genre. L'examen des symptômes externes de la maladie (exsudation de gomme noire, ressemblant à de l'encre, dans des lésions chancreuses verti-

---

([1]) *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 36, 1950, p. 255-256.

cales) compléta l'analogie avec une affection à *Phytophthora*. Après de nombreux essais infructueux, nous sommes parvenus à obtenir des fructifications du Champignon que nous avions isolé : un fragment de culture jeune sur *Maltea Moser* gélosé disposé dans l'eau de pluie courante a permis l'apparition des sporanges. Par les caractères du mycélium très riche en vésicules, par les chlamydospores, les sporanges dont la croissance est du type *Blepharospora*, ce champignon se rattache à *Phytophthora cinnamomi* Rands.

Or il est maintenant établi que la maladie dite « encre du Châtaignier » est essentiellement due à deux *Phytophthora* : l'un, *P. cinnamomi* Rands, est assez répandu et polyphage; l'autre, *P. cambivora* (Petri) Buism., qui avait jadis été accusé d'être le seul responsable de la maladie, est assez rare et propre seulement à certains Châtaigniers. Des confusions ont souvent été faites entre ces deux espèces et une grande partie des travaux sur *P. cambivora* se rapporte, en réalité, à *P. cinnamomi*.

Une curieuse conclusion s'imposait à nous : l'agent de l'encre du Chêne est le même que celui de l'encre du Châtaignier, maladie apparue en France en 1860, qui avait, dès 1882, ravagé les châtaigneraies du Pays basque et s'était ensuite étendue à tout le Sud-Ouest. Les foyers d'infection du Chêne correspondent donc aux premiers foyers de l'encre du Châtaignier. Ainsi, l'affection actuelle sur diverses essences de Chênes qui sévit dans le Sud-Ouest est causée par un agent pathogène grave qui s'est adapté à ces hôtes nouveaux. Des recherches bibliographiques permettent de savoir que *P. cinnamomi* est capable de s'attaquer à des essences diverses parmi lesquelles le Châtaignier, le Chêne-liège et les jeunes *Pinus resinosa* sont les plus importantes du point de vue économique. Ainsi en est-il en Amérique du Nord et aussi au Portugal. Sa découverte sur les Chênes rouge, pédonculé et tauzin permet de craindre que, durant les années chaudes et humides, ce redoutable parasite à extension épidémique n'accroisse ses méfaits dans nos forêts françaises.

CHIMIE AGRICOLE. — *Fixation de l'azote nitrique par les microorganismes décomposant les pailles de céréales dans le sol.* Note de M. **Pierre Boischot** et M^lle **Ginette Sylvestre**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié la fixation de l'azote ammoniacal par les microorganismes décomposant la paille de céréales dans le sol. Nous préciserons maintenant comment se comporte, dans les mêmes conditions, l'azote nitrique.

A. Nitrification de l'azote ammoniacal en présence de paille. — *Mode opératoire.* — La terre additionnée ou non de paille est arrosé avec 20 cm³ d'une solution

---

[1] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 436-438.

azotée (lorsqu'on fait varier les quantités de terre on maintient l'humidité à 20 %) et mise à l'étuve à 28° pendant des temps variables.

L'azote nitrique et ammoniacal est ensuite extrait par 500 $cm^3$ d'une solution normale de $CaCl_2$, $6H_2O$ pour 100 g de terre expérimentée.

1. *Influence de la quantité de terre* (terre + 2 g de paille + 100 g de N ammoniacal, 10 jours d'étuve) :

| Terre (g) | 100. | 200. | 300. | 400. | 500. |
|---|---|---|---|---|---|
| N nitrique extrait (mg) | 2,8 | 6,6 | 12,2 | 16,4 | 22,7 |
| N ammoniacal extrait (mg) | 61,2 | 51,8 | 46,5 | 41,3 | 35,7 |

Plus la masse de terre est grande, plus la formation de nitrate est importante.

2. *Influence des quantités de paille* (100 g de terre + paille + 100 mg N ammoniacal, 10 jours d'étuve) :

| Paille (g) | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| N nitrique extrait (mg) | 5,9 | 3,2 | 2,3 | 1,6 | 1,5 |

La quantité d'azote nitrique diminue avec la quantité de paille mise en expérience.

3. *Influence des quantités d'azote* (100 g de terre + 2 g de paille + N ammoniacal, 10 jours d'étuve) :

| Azote (mg) | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N nitrique extrait (mg) | 2,7 | 2,5 | 2 | 1,3 | 0,3 | 0,2 |

Plus la quantité d'azote est faible, plus on retrouve de nitrate dans l'extrait.

B. Fixation de l'azote nitrifié. — Une partie de l'azote ammoniacal nitrifié a été utilisée par les microorganismes au même titre que l'N ammoniacal, comme le prouve l'expérience suivante (100 g de terre, 100 mg N ammoniacal avec ou sans 2 g de paille, temps variable).

| Nombre de jours d'étuve | | 1. | 2. | 4. | 8. | 10. | 15. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N nitrique extrait. | 1. Sans paille | 0,7 | 1,5 | 1,7 | 5,6 | 9,1 | 16,4 |
| | 2. Avec paille | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 1,7 | 2,8 | 2,8 |
| N nitrique absorbé par les microorganismes | | 0 | 1,2 | 1,6 | 3,9 | 6,3 | 13,6 |
| N ammoniacal absorbé pendant le même temps | | 2,4 | 4,2 | 12,5 | 21,3 | 24,1 | 27,3 |

On constate que la quantité d'azote nitrique absorbée est toujours nettement inférieure à celle de l'azote ammoniacal. Ceci se trouve d'ailleurs à nouveau vérifié par l'expérience suivante.

C. Fixation de l'azote apporté sous forme d'engrais (100 g de terre, quantité de paille variable, 100 mg N ammoniacal ou nitrique, 10 jours d'étuve) :

| | Paille | 0,5. | 1. | 2. | 4. | 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (I) | N ammoniacal fixé (total) | 10,2 | 15,5 | 25,3 | 39,3 | 51,2 |
| | N ammoniacal fixé (% de paille) | 2,0 | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 0,8 |
| (II) | N nitrique fixé (total) | 2,0 | 3,7 | 10,0 | 22,6 | 29,0 |
| | N nitrique fixé (% de paille) | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

On voit que si la quantité d'azote ammoniacal fixé pour 100 de paille diminue lorsque le poids de celle-ci augmente, il n'en est pas de même avec l'azote nitrique, qui est absorbé dans la proportion de 0,5 de N pour 100 de paille, aux erreurs d'expérience près, quelle que soit la quantité de paille mise en expérience.

La présence d'azote ammoniacal diminue l'utilisation de l'azote nitrique, puisque nous déduisons des deux tableaux précédents (pour 100 g de paille, 100 mg d'azote, 2 g de paille, 10 jours d'étuve à 28°) :

| | |
|---|---|
| N nitrique fixé en l'absence d'N ammoniacal | 10 mg |
| N nitrique fixé en présence d'N ammoniacal | 6,3 |

Conclusions. — 1° L'azote nitrique peut, au même titre que l'azote ammoniacal, être absorbé par les microorganismes attaquant la paille; mais cette forme est moins bien utilisée que l'azote ammoniacal.

2° La quantité de nitrate formé est d'autant plus grande que les rapports terre/azote et terre/paille sont plus élevés. Dans la pratique, ces rapports étant très grands, une grande partie de l'azote absorbé par les microorganismes doit l'être à l'état nitrique.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la libération d'hormone corticotrope déterminée par la monosemicarbazone d'adrénochrome chez le Rat.* Note de MM. **Manfred Gabe** et **Jean-Louis Parrot**, présentée par M. Léon Binet.

Le chlorhydrate de semicarbazide, administré en solution neutre, détermine, chez le Rat, des modifications sanguines semblables à celles qui suivent l'injection de monosemicarbazone d'adrénochrome. L'activité de cette dernière combinaison doit être attribuée au reste semicarbazide qu'elle contient, car l'adrénochrome ne détermine pas ces modifications sanguines.

On sait, depuis les recherches de Long et collaborateurs ([1]), ([2]) que l'injection d'adrénaline détermine, chez le Rat, une hypersécrétion de 17- et 11-oxy-stéroïdes, qui se traduit, en particulier, par la diminution du nombre des granulocytes éosinophiles du sang circulant. Nos recherches

(1) C. N. H. Long et E. G. Fry, *Proc. Soc. exp. Biol. N. Y.*, 59, 1945, p. 67.
(2) C. N. H. Long, *Bull. N. Y. Acad. Med.*, 23, 1947, p. 260.

sur le rôle physiologique de l'adrénochrome nous ont amenés à examiner si une semblable action pouvait être exercée par ce produit d'oxydation biologique de l'adrénaline. Des expériences, poursuivies chez le Cobaye et chez le Rat, demeurées inédites, nous ont montré, dès 1948, que l'administration d'adrénochrome pur cristallisé ne déterminait pas d'éosinopénie; la recherche de modifications hypophysaires ou cortico-surrénales chez ces animaux est toujours restée négative. Cependant, des études cliniques, dues à M. Perrault, J. Vignalou et collaborateurs, ont montré que l'injection de monosemicarbazone d'adrénochrome était suivie d'une éosinopénie indiscutable ([3]); A. Gross et P. Plane signalent d'ailleurs ([4]) que ce produit détermine, chez le Chien, une lymphopénie comparable à celle qui suit l'injection d'adrénaline. Il nous a donc paru opportun de comparer les effets exercés par l'adrénochrome, par la monosemicarbazone d'adrénochrome et par le chlorhydrate de semicarbazide.

L'expérimentation a porté sur trois lots de quatre rats ♂ de race Wistar, pesant en moyenne 120 g; la stabilité de l'hémogramme a été vérifiée par des examens de sang répétés pendant 4 jours avant les injections. Les produits ont été administrés par la voie intrapéritonéale, à doses équimoléculaires [0,20 mg par 100 g de poids vif pour l'adrénochrome ([5]), 0,28 mg par 100 g pour la monosemicarbazone d'adrénochrome, 0,11 mg par 100 g pour le chlorhydrate de semicarbazide, la solution de ce dernier composé ayant été neutralisée par la soude avant l'injection].

Dans ces conditions expérimentales, l'hémogramme des animaux ayant reçu des injections d'adrénochrome ne présente aucune modification significative et reste comparable à celui des témoins. La monosemicarbazone d'adrénochrome et le chlorhydrate de semicarbazide déterminent, au contraire, des changements indiscutables de l'équilibre leucocytaire. La diminution du nombre des éosinophiles est nette 2 h après l'injection; c'est 4 h après l'administration des deux produits que l'on observe les taux les plus bas (350 à 400 éosinophiles par millimètre cube avant l'injection, 150 à la 4e heure). Le nombre des lymphocytes baisse parallèlement à celui des éosinophiles; le pourcentage des granulocytes neutrophiles est supérieur au chiffre de départ.

Le retour de la formule sanguine à la normale est complet au bout de 24 h.

L'examen histologique du cortex surrénal ne montre, à aucun moment, de modifications dans la répartition des lipides chez les animaux ayant

([3]) M. Perrault, J. Vignalou, G. Poinsard et A. Brieu, *Sem. Hôp. Paris*, n° 16, 1950, p. 705.

([4]) A. Gross et P. Plane, *C. R. Soc. Biol.* (séance du 18 janvier 1951 à Alger).

([5]) Fourni par M. A. Beauvillain.

reçu l'adrénochrome. Les colorations par le bleu BZL et par le noir Soudane B montrent, au contraire, chez les rats ayant reçu les deux autres produits, une diminution nette des lipides figurés. Cette diminution est nette 24 h après l'injection; elle persiste à la 48e heure et s'estompe à la 72e.

Le lobe antérieur de l'hypophyse ne présente, chez les rats ayant reçu l'adrénochrome, aucune anomalie; la numération des cellules acidophiles donne des résultats comparables chez ces animaux et chez un rat ♂ de même race et de même poids. La monosemicarbazone d'adrénochrome et le chlorhydrate de semicarbazide déterminent une diminution du pourcentage des cellules acidophiles, qui est très nette à la 24e heure et qui a disparu à la 72e.

En somme, l'administration de monosemicarbazone d'adrénochrome ou de chlorhydrate de semicarbazide déterminent, chez le Rat, une éosinopénie avec lymphopénie, une diminution du pourcentage des cellules acidophiles de l'hypophyse et un appauvrissement du cortex surrénal en lipides. Aucun de ces effets ne se produit après administration d'adrénochrome pur cristallisé. Il paraît donc légitime de conclure que les effets de la monosemicarbazone d'adrénochrome doivent être attribués non au reste adrénochrome, mais au groupement semicarbazone de cette combinaison, laquelle subit probablement d'ailleurs une hydrolyse *in vivo*.

PHYSIOLOGIE RADIOLOGIQUE. — *De l'enregistrement des mouvements de la langue pendant la parole par la ciné-densigraphie.* Note (*) de M. MAURICE MARCHAL, présentée par M. René Leriche.

En vue d'étudier le mécanisme de la parole, de nombreux chercheurs ont essayé, soit l'enregistrement phonétique, soit l'enregistrement laryngoscopique, pendant l'articulation, ou, dernière venue, l'exploration des organes phonateurs par la radiologie. On a employé successivement la radiographie simple, la radioscopie et la cinématographie radiologique. On a pu ainsi étudier l'articulation *séparée* des voyelles et des consonnes, mais toutes ces méthodes ne donnent, néanmoins, pas d'enregistrement *continu* des mouvements de la langue, qui, seul, permet de suivre la qualité et le progrès de l'articulation de mots ou même de phrases entières.

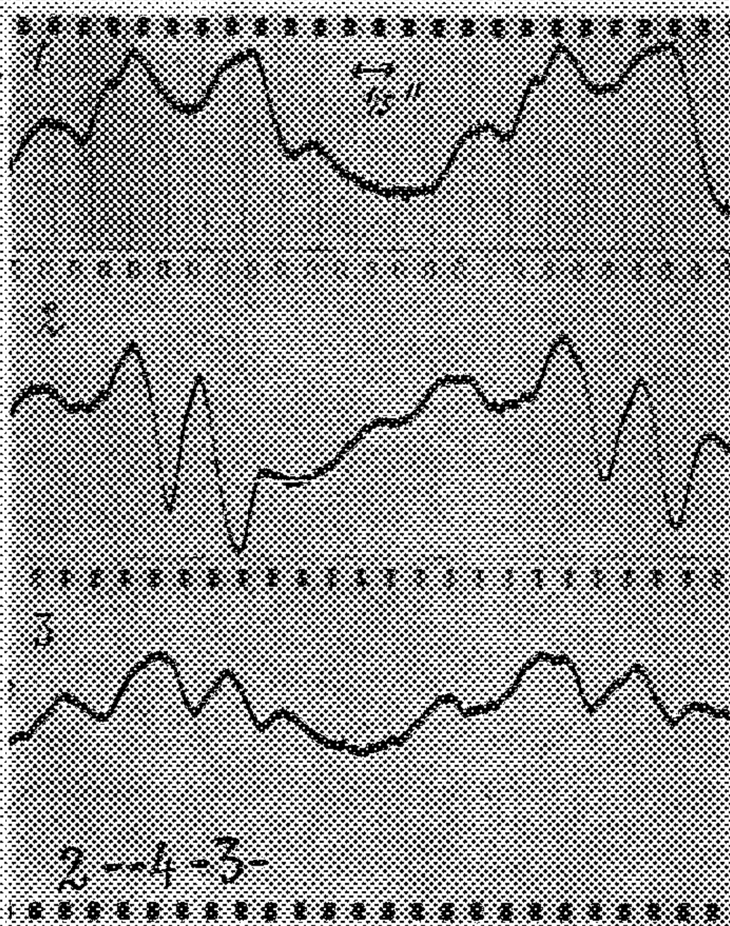
Aussi, avons-nous pensé appliquer notre méthode de ciné-densigraphie à l'étude de la parole.

La « ciné-densigraphie » est l'enregistrement des variations lumineuses de l'écran radioscopique, grâce à un groupe de cellules photoélectriques accouplées à des amplificateurs oscillographiques. Nous avons appelé cette

(*) Séance du 28 mai 1951.

méthode « ciné-densigraphie », car elle enregistre la cinétique et les variations de densité des organes pulsatiles internes (¹).

Jusqu'à présent, nous avons déjà obtenu, par ce procédé (²), l'enregistrement des différentes parties du cœur et des gros vaisseaux, puis l'enregistrement du pouls du parenchyme pulmonaire, et enfin, l'enregistrement des contractions de l'estomac et des intestins, et ceci, sans aucune liaison matérielle entre les organes et les appareils enregistreurs, la transmission de la pulsation ne se faisant que par les rayons X.




Dans le cas de l'enregistrement des mouvements de la langue, la technique est la suivante : le sujet est placé derrière l'écran radioscopique, sa tête est en position *de profil* et située entre l'ampoule à rayons X et l'écran. Devant l'écran sont placées des cellules photoélectriques spéciales centrées grâce à une fente, sur la région de la langue dont on veut obtenir l'enregistrement. On peut enregistrer simultanément plusieurs points de la langue, par exemple sa base et sa pointe, il suffit d'avoir plusieurs cellules branchées simultanément. Du fait du mouvement de la langue, dû à l'articulation des mots, le flux de rayons X est modulé et les amplificateurs oscillographiques enregistrent, sur un film chronographique, les densigrammes corres-

(¹) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 973 et 1314.

(²) *Congrès cardiol. Royat.*, 1946; *Congrès de radiol.*, Paris, 1947; *Congrès interaméric. de Chicago*, juin 1948; *Soc. de Cardiologie*, 1946, 1947, 1948; *Soc. médicale Hôpitaux*, mai 1947; *Arch. de Cardiologie*, septembre 1947; *Congrès intern. de Genève*, juillet 1948; *Congrès mondial de Cardiologie*, Paris, 1950; *Journées de Radiol.* (Hôpital Necker 1950, Hôpital Saint-Antoine 1951).

pondants. Ce film se déroule à la vitesse de 2,5 cm à la seconde et est gradué au fur et à mesure de son développement en 1/10 et 1/25 de seconde.

Dans nos enregistrements, nous avons demandé à plusieurs sujets de prononcer le même mot, par exemple le nombre 243, et nous avons enregistré successivement l'articulation à voix haute et l'articulation à voix chuchotée, à peine audible. La cellule étant centrée sur la base de la langue, on remarque suivant le sujet, soit trois ondulations principales, soit quatre. Le premier tracé (n° 1) correspond à l'articulation de « 243 » par une jeune fille de 19 ans; le deuxième tracé représente l'articulation du même nombre par un homme de 40 ans (n° 2). On voit que dans ce dernier cas le densigramme montre une onde nettement plus ample et plus profonde que dans le premier cas. Puis, en demandant à ce sujet de 40 ans de prononcer à voix chuchotée, on a une analogie de mouvements avec l'articulation à voix haute par le jeune sujet (tracé n° 3). On constate que ces ciné-densigrammes représentent le mouvement d'un point précis de l'organe d'articulation choisi à volonté et que, par conséquent, ils peuvent être très utiles dans l'étude théorique et pratique de la rééducation de la voix parlée, et dans la correction de ses défauts.

Il est évident que la même méthode de ciné-densigraphie peut être utilisée pour enregistrer, non seulement les mouvements des différents points de la langue, mais aussi les mouvements du voile du palais, de l'épiglotte, des bandes ventriculaires et surtout des cordes vocales. Il suffit, dans ce dernier cas, de placer le sujet en position *de face* de sorte que les rayons X traversent le larynx dans le sens postéro-antérieur. On place alors devant les cordes vocales qui sont invisibles en radioscopie, une cellule photoélectrique reliée à des amplificateurs spéciaux laissant passer des fréquences élevées, jusqu'à 10 000 p : s par exemple, et l'on peut obtenir ainsi l'enregistrement simultané des cordes vocales et des mouvements des autres organes phonateurs.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'hétéromorphose polaire chez l'Annélide Sabellide* Myxicola æsthetica (*Clap.*). Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

*Myxicola æsthetica* (Clap.), dont Caullery et Mesnil (1) ont signalé la reproduction par scissiparité, possède de remarquables facultés de régénération qui ont été étudiées par Okada (2). Cet auteur a obtenu, par section de la chaîne nerveuse, l'induction de têtes supplémentaires dans la région

(1) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 683.
(2) *Bull. Biol. France-Belgique*, 68, 1934.

postérieure du corps. Mais l'hétéromorphose polaire n'a pas été signalée jusqu'à présent dans cette espèce.

1° Des fragments *courts*, comprenant de un à quatre et même cinq segments, limités par deux sections transversales ou légèrement obliques prélevés dans la région *antérieure* du corps (jusqu'au 25e sétigère environ), régénèrent régulièrement une tête à chaque extrémité. Dans la moitié postérieure du corps, des fragments de même longueur fournissent au contraire des régénérations polaires normales. Il s'agit bien d'une véritable hétéromorphose polaire, c'est-à-dire d'une entorse à la règle de conservation de la polarité dans les fragments, et non d'une « pseudo-hétéromorphose » ([3]) due à la spécialisation d'un « territoire de régénération » antérieur. En effet, dans toutes les régions du corps, les fragments longs sont le siège de régénérations antérieures et postérieures normales. Les tissus qui fournissent des têtes hétéromorphiques inverses dans les fragments courts possèdent donc bien la double *compétence* céphalique et caudale.

2° La régénération des têtes antérieures normales s'effectue à peu près simultanément dans tous les fragments, quelle que soit leur longueur et quelle que soit la région du corps dont ils proviennent. Par contre, les têtes hétéromorphiques inverses se différencient toujours tardivement. Ce retard de la tête hétéromorphique sur la tête directe du même fragment rend difficilement acceptable l'interprétation de l'hétéromorphose polaire donnée par C. M. Child, selon laquelle les tissus de la section antérieure ne pourraient établir leur « dominance » sur ceux de la section postérieure.

En fait, la section postérieure d'un fragment régénère une tête ou une queue suivant que la longueur du fragment est inférieure ou supérieure à une certaine valeur limite. La valeur de ce *seuil* varie selon les régions du corps : elle est plus élevée antérieurement et s'abaisse vers l'extrémité postérieure constituée par des tissus plus jeunes.

3° L'influence de la *jeunesse des tissus* sur la production de l'hétéromorphose est d'ailleurs mise en évidence par l'observation suivante Le corps d'un individu provenant d'une scissiparité récente comprend deux régions nettement délimitées : la partie antérieure est fortement pigmentée, la partie postérieure régénérée incolore. Débitée en fragments courts, la région antérieure ne fournit que des hétéromorphoses, tandis que la région postérieure ne donne que des régénérations polaires. Un tronçon court chevauchant sur les deux régions régénère une queue à partir de la section postérieure intéressant les tissus jeunes.

4° J'ai répété sur *Myxicola* l'expérience réalisée déjà sur une Planaire ([4])

---

([3]) ABELOOS, *La Régénération*, Paris, Gauthier-Villars, 1932.

([4]) ABELOOS, *Bull. Biol. France-Belgique*, 64, 1930, p. 1.

et par Brien ([5]) sur la régénération d'un thorax hétéromorphique par des fragments œsophagiens de l'Ascidie *Clavelina*. Un ver étant sectionné transversalement dans la région antérieure, on pratique, 3 jours après, une nouvelle section, deux à quatre segments devant la première. Le fragment court ainsi détaché, limité par deux sections *non simultanées*, ne donne pas d'hétéromorphose, mais une régénération polaire. Les relations des tissus du fragment avec la partie antérieure du ver durant les trois premiers jours ont modifié la destinée du régénérat postérieur.

Ainsi, la destinée d'un régénérat postérieur est déjà irrévocablement *déterminée* 3 jours après l'amputation. Les phénomènes qui décident de la régénération d'une tête ou d'une queue sont donc antérieurs à la constitution d'un blastème; ils concernent l'activation et la migration des éléments néoblastiques, phénomènes vraisemblablement dirigés, d'après les expériences d'Okada, par la chaîne nerveuse sectionnée.

5° Une section antérieure régénérant toujours une tête, quelle que soit la longueur du fragment, il faut admettre que les conditions de détermination ne sont pas les mêmes pour les régénérats antérieur et postérieur. L'influence activatrice de la chaîne nerveuse serait-elle polarisée ? Les expériences de L. P. Sayles ([6]) sur le Maldanide *Clymenella torquata* autorisent une telle hypothèse : des implantats de fragments de chaîne nerveuse induisent le développement d'organes (têtes ou queues) dont la nature dépend à la fois du lieu d'implantation (compétence des tissus), de l'origine et de l'*orientation* de l'implantat.

Quant à la détermination des régénérats postérieurs chez *Myxicola*, il est possible qu'un régénérat de queue exige une mobilisation de néoblastes dans un nombre plus grand de segments qu'un régénérat de tête. Les tissus jeunes bénéficieraient de leur richesse en néoblastes.

BIOLOGIE CELLULAIRE. — *Spécificité de constitution des lipides libres et des lipides liés aux structures cellulaires du foie de rat.* Note (*) de MM. **Jean Chauveau, Guy Clément**, M^mes **Jacqueline Clément** et **Éliane Le Breton**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Ayant isolé à partir des foies normaux de rat les structures cellulaires, quantitativement et à l'état pur, par la méthode de J. Chauveau et G. Clément ([1]), nous avons étudié la répartition des divers lipides sur ces structures et établi la constitution de certains d'entre eux en fonction de leur localisation. Réservant pour un Mémoire les bilans complets ainsi

---

([5]) *Acad. Roy. Belgique, Bull. Cl. Sciences*, 18, 1932, p. 975.

([6]) *Biol. Bull. Wood's Hole*, 82, 1942, p. 154.

(*) Séance du 4 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2144.

obtenus, et les teneurs rapportées à l'azote total des diverses structures et fractions, nous exposerons ceux de nos résultats qui nous semblent particulièrement intéressants. Ils prendront toute leur signification lors de la comparaison, que nous publierons ici même prochainement, entre foies normaux et pathologiques (foies gras, foies cirrhotiques et hépatomes). C'est d'ailleurs en vue de mettre en évidence les troubles du métabolisme des lipides qui caractérisent l'apparition des processus de cancérisation dans le cas des hépatomes expérimentaux du Rat, que ces recherches ont été entreprises. Les chiffres que nous donnons ci-dessous sont des moyennes obtenues sur quatre séries d'expériences portant chacune sur 60 g de foie; les rats ont été soumis à un jeûne préalable de 24 h.

1° *Lipides libres du cytoplasme.* — La méthode utilisée (1) permet d'obtenir la totalité des lipides non liés aux protéines et nucléoprotéines. Ils font 20 % des lipides totaux, d'où l'importance des erreurs faites par l'emploi des méthodes de fractionnement cellulaire où, au lieu d'être séparés ils viennent souiller inégalement et irrégulièrement les diverses structures. La constitution de ces lipides libres est la suivante : 91 % des acides gras totaux appartiennent aux graisses neutres (indice d'iode = 70), 7 % aux phosphatides (indice d'iode = 115) et 1,5 % aux esters du cholesterol. Fait remarquable *les esters du cholesterol de cette fraction représentent* 70 % *de ceux du foie total.*

2° *Mitochondries.* — Les lipides de cette structure, surtout les phosphatides, ont souvent été étudiés, notamment par Artom (2); cependant nos recherches apportent deux données nouvelles :

*a.* Le pourcentage de chaque type de lipides que l'on trouve localisé sur les mitochondries : les acides gras totaux représentent 12 % de ceux de l'ensemble du foie, dont 21 % sous forme de glycérides et 79 % sous forme de phosphatides. Le cholestérol, entièrement à l'état libre, fait 9 % du cholestérol de l'organe et l'insaponifiable X (3), 12 % de celui présent dans ce tissu.

*b. Les acides gras des phosphatides sont nettement moins désaturés que ceux des glycérides,* leurs indices d'iode respectifs sont 96 et 122. C'est là une caractéristique intéressante des lipides de cette structure dans le foie normal de Rat.

3° *Microsomes.* — Il s'agit de ceux sédimentés en 2 h sous une accélération de 50 000 g. On constate que 20 % des acides gras totaux du foie appartiennent à cette fraction; ici le pourcentage de phosphatides est légèrement plus faible que dans les mitochondries. Les acides gras totaux comprennent 70 % d'acides gras de phosphatides, 30 % d'acides gras de

---

(2) A. Swanson, et C. Artom, *J. Biol. Chem.*, 187, 1950, p. 1.

(3) Nous appelons insaponifiable X la différence entre l'insaponifiable total et le cholestérol total.

glycérides. Le cholestérol, à l'état libre, fait 21 % et l'insaponifiable X 22 % des quantités présentes dans le tissu. Le rapport Chol. total/ins. X est un peu plus élevé que dans les mitochondries, 0,4 au lieu de 0,35; par contre le rapport acides gras totaux/ins. total est sensiblement plus faible, 4 au lieu de 6. Enfin il est intéressant de constater que *les indices d'iode des acides gras phosphatidiques et des acides gras des graisses neutres sont sensiblement égaux* (116 et 111 respectivement).

4° *Noyaux.* — Nous signalerons uniquement que si leurs lipides représentent une faible part des lipides totaux du foie, ils contiennent une très forte proportion d'insaponifiable X, le rapport chol. total/ins. X est de 0,10.

5° *Phase cytoplasmique homogène.* — Nous indiquerons seulement ici :

*a.* que les acides gras des phosphatides de cette fraction sont nettement plus désaturés que les acides gras phosphatidiques des structures examinées (indice d'iode = 130);

*b.* que par contre les acides gras des glycérides ont un indice d'iode peu élevé, égal à 76,5.

*Conclusion.* — Dans la cellule hépatique du Rat normal il existe une importante quantité de glycérides et d'esters de cholestérol à l'état libre; le noyau contient une proportion élevée d'insaponifiable X, les mitochondries se caractérisent par la présence de phosphatides à acides gras peu désaturés par rapport à ceux des glycérides les accompagnant. Le chondriome s'oppose ainsi aux microsomes d'une part, à la phase cytoplasmique dispersée de l'autre. L'indice d'iode des acides gras phosphatidiques va en effet croissant des mitochondries (96) aux microsomes (116) et à la phase homogène (130), durant que l'indice d'iode des acides gras de glycérides varie en sens inverse, 122; 111; 76,5 respectivement. Dans une prochaine publication nous montrerons quelle est, dans les phosphatides et les graisses neutres de chaque structure, la proportion des acides gras possédant 2, 3, 4 doubles liaisons et nous verrons quelle doit en être la signification.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'excrétion d'un pigment par la levure de boulangerie et les facteurs vitaminiques qui la conditionnent.* Note (*) de MM. **Piotr P. Slonimski** et **Jean Tavlitzki**, présentée par M. Maurice Javillier.

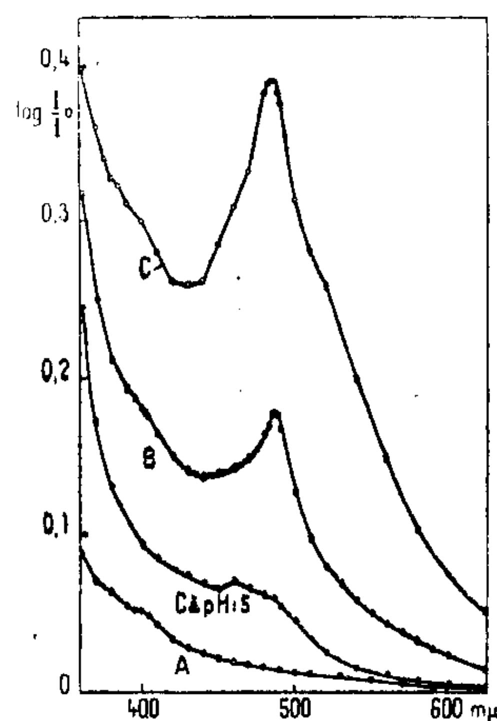
Mise en évidence d'un nouveau pigment excrété par la levure en milieu synthétique et dont le maximum d'absorption est situé à 486 mμ. Étude des vitamines qui stimulent ou inhibent cette excrétion.

Il a été montré que la souche de levure de boulangerie (*Saccharomyces*

(*) Séance du 4 juin 1951.

*cerevisiæ*) 59 R, d'origine monosporique, peut être entretenue indéfiniment dans un milieu contenant, outre des sels et du sucre, de la β-alanine et de la biotine ([1]). Lorsqu'on cultive cette levure dans le milieu B ([2]), on constate à la fin de la croissance que le milieu de culture, devenu acide (pH 2,2) est coloré en rose saumon. Par contre, quand la prolifération a eu lieu dans le milieu A ([3]) qui diffère du précédent par la présence de plusieurs vitamines, le milieu de culture (qui a le même pH) ne présente pas cette coloration. Ce phénomène est intéressant du double point de vue des caractéristiques du ou des pigments formés et des divers facteurs de croissance agissant sur sa production.

Le pigment est rouge en milieu acide, jaune en milieu neutre, et ne se développe complètement qu'à la lumière. La figure ci-dessous montre les spectres d'absorption des filtrats de culture de 72 h dans les milieux A, B et C ([4]), ainsi que celui d'une culture en milieu C à pH 5. Le pigment dialyse, et est insoluble dans l'éther de pétrole, le benzène et l'éther. Il n'est précipité ni par l'acétone à 50 %, ni par l'éthanol à 50 %, ni par l'ébullition; il peut être extrait quantitativement par l'alcool isoamylique.




Afin de déterminer la ou les vitamines du milieu A responsables de l'inhibition de la production du pigment, nous avons cultivé la même levure dans différents milieux. Nous avons constaté que la production du pigment :

([1]) J. Tavlitzki, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 497.

([2]) Milieu B : $SO_4Mg$ crist. : 0,7 g; $PO_4KH_2$ : 1 g; $CaCl_2$ : 0,4 g; NaCl : 0,5 g; $SO_4(NH_4)_2$ : 1,2 g; $FeCl_3$ : 5 mg; β-alanine : 6 mg; biotine : 0,6 γ; glucose : 30 g; $H_2O$ : q. s. 1 l.

([3]) Milieu A : mêmes concentrations en sels et en glucose que le milieu B; pantothénate de Ca : 1 mg; biotine : 2,5 γ; pyridoxine : 1 mg; acide nicotinique : 1 mg; thiamine : 1 mg; inositol : 5 mg; riboflavine : 1 mg; acide *p*-aminobenzoïque : 0,5 mg; $H_2O$ : q. s. 1 l.

([4]) Milieu C : Milieu B + thiamine : 1 mg + inositol : 5 mg : l.

1° n'est pas inhibée par l'acide nicotinique, l'acide *p*-aminobenzoïque, et la pyridoxine, ajoutés un par un ou ensemble au milieu B; 2° n'est pas affectée par le remplacement de la β-alanine par le pantothénate; 3° est fortement stimulée par la thiamine et l'inositol ainsi que par leur mélange.

L'inhibition de la pigmentogénèse est due à l'action simultanée de quatre vitamines : pyridoxine, thiamine, inositol et biotine, la première ayant une action prépondérante. Comme le montre le tableau, l'inhibition par la pyridoxine est totale lorsque le milieu contenant de la thiamine et de l'inositol a une teneur de 2,5 γ de biotine par litre. Quand la concentration en biotine est de 0,6 γ : l, la pigmentogénèse est inhibée d'environ 50 %. Enfin, en absence de thiamine et d'inositol, la pyridoxine n'inhibe pas de façon significative la production de pigment. Aucun des facteurs du milieu A ne peut remplacer la pyridoxine dans son action inhibitrice lorsque la levure est cultivée dans le milieu D ([5]). En outre, le tableau montre que la production de pigment et son inhibition ne sont pas en corrélation avec le rendement final de la croissance.

| | Au bout de 48 heures. | | | | Au bout de 72 heures. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Croissance. | | Extinction. | | Croissance. | | Extinction. | |
| Milieux. | M. | $S_m$. | M. | $S_m$. | M. | $S_m$. | M. | $S_m$. |
| A | 4204 | 139 | 0,021 | 0,002 | 4575 | 166 | 0,036 | 0,008 |
| B | 1713 | 81 | 0,106 | 0,014 | 2018 | 89 | 0,132 | 0,021 |
| B + pyridoxine | 1632 | 79 | 0,074 | 0,014 | 1985 | 106 | 0,114 | 0,024 |
| C | 2779 | 101 | 0,272 | 0,025 | 2610 | 102 | 0,335 | 0,015 |
| C + pyridoxine | 2822 | 142 | 0,143 | 0,028 | 2847 | 77 | 0,166 | 0,039 |
| D | 3451 | 158 | 0,208 | 0,012 | 3448 | 224 | 0,312 | 0,019 |
| D + pyridoxine | 3098 | 328 | 0,016 | 0,003 | 3323 | 315 | 0,017 | 0,004 |

Croissance : Exprimée en divisions du tambour de l'électrophotomètre de Meunier; écran jaune; cuve de 1 cm.
Extinction : $\log_{10}(I_0/I)$ à 486 mμ, cuve de 1 cm, filtrats de cultures.
M : Moyenne. $S_m$ : Erreur standard de la moyenne.

Le même phénomène a été retrouvé avec d'autres souches haploïdes et diploïdes de *S. cerevisiæ* et *S. carlsbergensis*, ainsi qu'avec des mutants à déficience respiratoire. Les caractéristiques du pigment ne permettent de le rapprocher d'aucun pigment rouge décrit chez la levure, ni de la riboflavine. Il n'est cependant pas exclu qu'il s'agisse d'un dérivé flavinique. A la lumière de travaux récents ([6]), portant sur le rôle de la pyridoxine chez les microorga-

([5]) Milieu D : mêmes concentrations en sels et glucose que le milieu B; pantothénate de Ca : 1 mg; biotine : 2,5 γ; thiamine : 1 mg; inositol : 5 mg : l.

([6]) *Cf.* GALE, *Adv. in Enzym.*, 6, 1946, p. 1-31.

nismes, on peut penser que le pigment décrit représente un dérivé excrété du métabolisme des acides aminés, dû à une déviation des décarboxylations ou des transaminations.

TOXICOLOGIE. — *Dosage simultané de l'alcool éthylique et de l'oxyde d'éthyle dans les atmosphères et les milieux biologiques*. Note (*) de MM. **René Fabre**, **René Truhaut** et **Paul Chéramy**, présentée par M. Paul Lebeau.

La séparation est réalisée grâce à l'action successive de deux réactifs : 1° le réactif nitro-chromique de Cordebard dilué de son volume d'eau distillée qui retient et oxyde sélectivement l'alcool; 2° un mélange nitrosulfochromique permettant la captation et l'oxydation totales à froid de l'oxyde d'éthyle. La méthode est applicable aux produits biologiques après entraînement par un courant d'air chaud.

Le problème du dosage simultané de l'alcool éthylique et de l'oxyde d'éthyle dans une atmosphère ou un produit biologique se pose fréquemment en toxicologie et en hygiène industrielle. Or, ces deux composés possèdent des réactions analytiques voisines et sont en particulier oxydés simultanément en acide acétique par le réactif sulfo-chromique préconisé par Nicloux ([1]).

La plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question se sont en réalité surtout attachés à l'élimination de l'alcool éthylique, n'ayant en vue que le dosage de l'oxyde d'éthyle. C'est ainsi que Lalande ([2]) oxyde l'alcool par l'action d'une solution très fortement alcaline et concentrée de manganate de potassium qui ne retient pas l'oxyde d'éthyle, celui-ci pouvant être ensuite dosé par chromométrie.

Nicloux ([3]) a proposé une technique basée sur des différences de volatilité. L'alcool est retenu intégralement, selon cet auteur, par barbotage dans de l'eau distillée chauffée à 40°; l'oxyde d'éthyle est capté ensuite par une solution sulfurique de bichromate de potassium. Toutefois, cette méthode, par ailleurs extrêmement délicate à mettre en œuvre, ne donne des résultats précis que dans des limites relativement étroites de dilution.

Nous avons réussi à obtenir une séparation quantitative de l'alcool éthylique et de l'oxyde d'éthyle pour toutes les dilutions et proportions couramment rencontrées, en nous basant sur les observations suivantes :

1° le réactif nitrochromique de Cordebard ([4]) (bichromate de potas-

---

(*) Séance du 4 juin 1951.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 48, 1896, p. 841 et 1126; 60, 1906, p. 1034; 61, 1906, p. 492 et 577.

([2]) *Mémorial des Poudres*, 25, 1932, p. 104.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 61, 1906, p. 665.

([4]) *J. Pharm. Chim.*, 8e série, 30, 1939, p. 263 et *Thèse Pharmacien Supérieur*, Nancy, 1941.

sium : 4,90 g, acide nitrique pur $d = 1{,}33$ q. s. p. 1000 cm³), dilué de son volume d'eau distillée (réactif A), retient l'alcool éthylique qu'il oxyde en acide acétique à la température du laboratoire. Il est, dans ces conditions, sans action sur l'oxyde d'éthyle ;

2° un mélange nitrosulfochromique renfermant des volumes égaux de réactif nitrochromique non dilué et d'acide sulfurique pur ($d = 1{,}84$) (réactif B) retient en totalité l'oxyde d'éthyle qu'il transforme quantitativement en acide acétique à la température du laboratoire.

Ces données ont été appliquées au dosage dans les atmosphères en opérant avec la technique ci-dessous :

L'appareillage est essentiellement constitué par deux barboteurs montés en série reliés à un compteur et à un dispositif d'aspiration. Ces barboteurs sont pourvus d'une plaque de verre poreux assurant une diffusion aussi parfaite que possible de l'atmosphère dans les réactifs qu'ils contiennent, à savoir : le premier, le réactif A et le deuxième, le réactif B. La quantité de réactifs à employer a été fixée par un essai préalable de façon qu'il en reste en excès à la fin de l'opération. La vitesse du courant gazeux ne doit pas dépasser 100 cm³ : mn, et le passage de ce courant doit être arrêté avant qu'il y ait une modification sensible de teinte d'un des deux ou des deux réactifs.

On abandonne alors 30 minutes pour que l'oxydation soit complète, puis le contenu de chacun des deux barboteurs, transvasé dans des fioles de capacité convenable, est dilué d'environ 10 fois son volume d'eau distillée. Après addition d'iodure de potassium, on procède, dans les deux cas, à un titrage iodométrique de l'excès de réactif oxydant par l'hyposulfite de sodium N/10.

1 cm³ d'hyposulfite N/10 correspond à 1,15 mg d'alcool éthylique (premier barboteur contenant le réactif A) et à 0,9256 mg d'oxyde d'éthyle (deuxième barboteur contenant le réactif B).

Dans le cas de très faibles doses d'alcool ou d'oxyde d'éthyle, on peut pratiquer un microdosage en utilisant des solutions oxydantes N/50 ou N/100 et en effectuant le titrage de l'iode par l'hyposulfite N/100 en présence d'empois d'amidon, sous atmosphère d'anhydride carbonique, selon les indications de Postic, Courtois et Rabate [5].

Cette méthode est applicable aux produits biologiques recueillis, dès leur prélèvement, dans un volume convenable de solution aqueuse saturée d'acide picrique refroidie à la température de la glace fondante. S'il s'agit d'organes on les divise ensuite finement en ayant soin de maintenir une température voisine de 0°. Les mélanges obtenus sont alors placés dans un barboteur à plaque poreuse, chauffé dans un bain-marie bouillant, dans lequel on fait passer pendant 2 heures un courant d'air qui entraîne les vapeurs de solvants vers les réactifs absorbants utilisés dans les mêmes conditions que pour l'analyse des atmosphères.

Voici, à titre d'exemples, quelques chiffres obtenus à l'aide de cette technique :

---

([5]) *J. Pharm. Chim.*, 9e série, 1, 1940-1941, p. 526.

| | Alcool (mg). | | Oxyde d'éthyle (mg). | |
|---|---|---|---|---|
| | Introduit. | Retrouvé. | Introduit. | Retrouvé. |
| I. Atmosphères 1......... | 2,80 | 2,85 | 7,20 | 7,17 |
| » 2......... | 3 | 2,99 | 2,30 | 2,31 |
| » 3......... | 6,90 | 6,95 | 7,20 | 7,13 |
| II. Sang 4......... | 5 | 5,12 | 11 | 10,32 |
| III. Foie 5......... | 5 | 5,175 | 11 | 10,27 |

*Conclusions.* — La méthode que nous proposons permet ainsi de déterminer avec une grande exactitude les taux d'alcool éthylique et d'oxyde d'éthyle dans les atmosphères et d'apprécier le degré d'imprégnation des sujets soumis à l'action simultanée de ces deux toxiques.

BACTÉRIOLOGIE. — *Mise en évidence par les bactériophages spécifiques du passage de l'antigène Vi dans le milieu sous l'influence du chauffage.* Note (*) de MM. **Geo Rita** et **Pierre Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les diverses espèces bactériennes qui possèdent l'antigène *Vi* adsorbent spécifiquement les bactériophages typhiques *Vi*, même lorsqu'elles sont réfractaires à l'action lytique de ceux-ci. Le pouvoir adsorbant des corps bactériens est diminué par le chauffage. Parallèlement, le milieu de suspension acquiert, du fait du passage de l'antigène *Vi* en solution, un pouvoir d'inactiver les phages *Vi* d'autant plus intense que les suspensions bactériennes ont été chauffées davantage et plus longtemps.

L'adsorption des corpuscules bactériophages par les bactéries, du moins dans le cas des *Salmonella* et de quelques genres voisins, est un phénomène spécifique : seuls les germes vivants ou tués qui possèdent un certain « antigène récepteur », variable avec le phage considéré, sont capables de fixer celui-ci.

L'union du corpuscule et de l'antigène se fait également lorsque le bactériophage est mis en contact avec des extraits bactériens qui contiennent l'antigène récepteur : le principe lytique subit, du fait de cette réaction, une inactivation qui peut être totale.

Plusieurs espèces sont pourvues d'antigène *Vi* : des *Salmonella* : *S. typhi*, *S. paratyphi* C., et des germes de classification incertaine, comme *S. ballerup* et *S. coli* 1 *de Kauffmann*, qui s'apparentent plutôt au groupe *Paracolobactrum* [1]. Cette communauté antigénique confère à toutes ces bactéries une

(*) Séance du 4 juin 1951.

(1) D. W. Bruner, P. R. Edwards et A. S. Hopson, *J. infest. Dis.*, 85, 1949, p. 290.

sensibilité générale ou partielle aux bactériophages typhiques *Vi* ([2]). Il n'est pas surprenant, par conséquent, de constater que les suspensions bactériennes de ces espèces adsorbent les phages *Vi*.

Scholtens ([3]), pour qui *S. paratyphi* C. est insensible à l'action lytique des phages *Vi*, avait signalé que ceux-ci se fixaient sur les cellules de l'espèce en question.

Pour notre part, nous avons constaté que les supensions, vivantes ou tuées par le formol, des quatre espèces mentionnées, adsorbaient de la même manière les phages *Vi* I, II, III et IV de Craigie, même lorsqu'elles paraissaient réfractaires à l'un ou à l'autre de ceux-ci.

*Exemple :* le phage II se fixe avec une égale intensité sur *S. paratyphi* C. (souche Dur. 8) qui résiste à son action et sur *S. ballerup* qui est sensible.

Les variantes dépourvues d'antigène *Vi* des mêmes espèces n'adsorbent pas les phages V*i*.

Le chauffage à 60° C pendant 1 h, ainsi que le traitement par le formol laissent à peu près intact leur pouvoir d'adsorption. Si l'on chauffe les bactéries davantage (100° C) et plus longtemps (2 h 30 mn) avant de les mettre en contact avec les phages *Vi*, le pourcentage des corpuscules fixés diminue. Il ne s'agit pas, comme on l'avait pensé, d'une destruction de l'antigène *Vi*. Sous l'influence du chauffage, celui-ci abandonne les corps bactériens et passe en solution dans le milieu liquide qui acquiert de ce fait le pouvoir d'inhiber l'agglutination des bactéries par un sérum anti *Vi* et des propriétés antigéniques détenues, avant le traitement par la chaleur, presque exclusivement par les corps bactériens ([4]).

Nous avons constaté que le milieu liquide débarrassé des germes (*S. paratyphi* C) par centrifugation, inactivait également les phages *Vi* d'une manière d'autant plus intense que le chauffage avait été plus fort et plus durable (tableau).

TABLEAU.

| Espèce bactérienne et phage utilisés. | Chauffage des suspensions bactériennes. Température (°C). | Durée (mn). | Agglutination des bactéries par sérum anti-*Vi* avant chauffage. | après chauffage. | Numérations de plages avant la fixation. — Témoin. | après le contact avec : Bactéries. | Surnageant. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *S. paratyphi* C (Dur. 8) et phage II. | 60 | 30 | + + | + | 890 | 200 | 300 |
| | 100 | 15 | + + | — | 890 | 460 | 250 |
| | 100 | 30 | + + | — | 660 | 180 | 10 |
| | 100 | 150 | + + | — | 660 | 550 | 30 |
| *S. paratyphi* C et phaSe I. | 100 | 30 | + + | — | 1250 | 2 | 0 |
| | 100 | 150 | + + | — | 1250 | 470 | 0 |

([2]) P. NICOLLE, G. RITA et M. HUET, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2152.

([3]) *J. Hyg.*, 37, 1937, p. 315.

([4]) C. A. STUART et E. R. KENNEDY, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 68, 1948, p. 455; E. CARLINFANTI, *Ann. Inst. Past.*, 72, 1946, p. 766.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité du Furet* (Putorius furo. *L.*) *au virus de l'hépatite contagieuse* (Fox encephalitis). Note de MM. **Pierre Goret** et **Félix Lucam**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

On sait que le virus de l'hépatite contagieuse du Chien (*Rubarth*) ([1]) s'identifie à celui de l'encéphalite du Renard ou *Fox Encephalitis* de Green ([2]) (Siedentrof et Carlson) ([3]).

Les symptômes de la maladie naturelle ou expérimentale, chez le Chien, sont très proches de ceux de la maladie de Carré. Mais, en dehors des réactions d'immunité croisée, la présence, dans l'hépatite contagieuse, d' « inclusions intranucléaires » ([4]) caractéristiques, permet de faire, sur le cadavre, une distinction formelle entre les deux maladies.

Or, selon Green et d'autres expérimentateurs, une autre distinction entre les deux virus serait basée sur le fait que, contrairement au virus de Carré, le virus de l'hépatite contagieuse n'est pas pathogène pour le Furet.

Cependant, l'un de nous ([5]) avait déjà réussi, en partant de diverses souches, à conférer au Furet une maladie régulièrement mortelle et régulièrement transmissible en série.

Ces expériences ont été reprises et complétées et nous sommes en mesure d'affirmer, aujourd'hui, que le virus de l'hépatite contagieuse du Chien est bien pathogène pour le Furet.

Deux ordres de faits le démontrent :

1° Des furets insensibles à une première inoculation de virus issu du Renard ou du Chien, éprouvés ultérieurement avec le même virus, adapté au Furet, résistent, alors que les témoins succombent, mais ils ne résistent pas au virus de Carré.

Parallèlement, des furets hyperimunisés contre la maladie de Carré, ne résistent pas à l'inoculation du virus de l'hépatite contagieuse adapté au Furet.

2° Le virus de l'hépatite contagieuse adapté au Furet est encore pathogène pour le Chien même après plusieurs passages sur le Furet.

Au cours des passages sur furet, nous n'avons pu retrouver les inclusions intranucléaires dans les cellules hépatiques de cet animal. En revanche, si

---

([1]) Rubarth, *Thèse*, Stockholm 1947.

([2]) Green et Coll, *C. R. Soc. Biol.*, **100**, 1929, p. 317 et *Am. J. Hyg.*, **12**, 1930, p. 109; **13**, 1930, p. 201; **14**, 1931, p. 353; **18**, 1933, p. 462; **19**, 1934, p. 343 et 362.

([3]) *J. Am. Vet. Med. Ass.*, **115**, 1949, p. 109.

([4]) Vocable incorrect à notre sens, car les formations observées ne sont pas homologables à celles qui caractérisent les véritables inclusions.

([5]) P. Goret, L. Joubert et A. Buffet, *Bull. Ac. Vet. Fr.*, **23**, 1950, p. 305.

l'on revient au Chien, celles-ci apparaissent de nouveau soit dès la première inoculation « de retour », soit après un ou deux passages ultérieurs.

Par conséquent, les épreuves d'immunité croisée et la mise en évidence des lésions caractéristiques montrent bien que le virus de l'hépatite contagieuse du Chien est pathogène pour le Furet.

Dès à présent, les données qui se dégagent des 29, 22 et 11 passages sur furet réalisés jusqu'ici respectivement avec les souches Florent-Leunen, Rubarth, Fromm, sont les suivantes :

1° *A la première inoculation* tentée à partir de tissus de chiens infectés, la réceptivité du Furet varie dans d'assez larges limites en fonction de la souche de virus, du tissu virulent, de la dose d'inoculation, du mode d'inoculation et de la sensibilité individuelle.

C'est pourquoi dans certains lots un nombre plus ou moins important de furets résistent, alors que, dans d'autres, tous succombent à la simple inoculation sous-cutanée.

2° *A la première inoculation* les furets sensibles succombent dans un délai de 5 à 23 jours.

3° *Aux passages suivants*, l'adaptation se réalise, le virus exalte peu à peu son activité et la durée de la maladie diminue. Celle-ci est actuellement en moyenne de 11 à 13 jours avec des extrêmes de 5 et 19 jours, les plus faibles durées étant notées surtout lors d'inoculation intrapéritonéale ou cérébrale.

4° Actuellement les trois souches tuent régulièrement le Furet par la voie sous-cutanée à la dose de 0,0001 milligramme de rate virulente de furet.

5° L'évolution de la maladie expérimentale, les symptômes et les lésions (sensiblement identiques pour les trois souches) rappellent ceux que l'un de nous a déjà constatés lors d'inoculation au Furet de tissus virulents de chiens atteints soit de maladie de Carré naturelle typique ou atypique (6), soit du syndrôme connu sous le nom de Hard Pad Disease (7). Ils rappellent parfois aussi ceux de la maladie de Carré à virus fixe du Furet (8).

*Conclusion.* — Le virus de l'hépatite contagieuse du Chien (Rubarth) identique à celui de l'encéphalite du Renard (Green) est pathogène pour le Furet. La preuve en est apportée par le test de l'immunité croisée et la transmission au Chien, à partir du Furet, de l'hépatite contagieuse typique, signée par la présence d'inclusions intranucléaires spécifiques.

Nous émettons l'hypothèse que notre réussite, opposée aux échecs enregistrés jusqu'ici par les expérimentateurs anglo-saxons tient à une sensibilité particulière des furets « français ».

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

---

(6) GORET, MÉRY, BRUNET et Mlle YVORÉ, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 425; GORET, *Bull. Soc. Path. Comp.*, 49, 1949, p. 396.

(7) GORET, BRION et JOUBERT, *Bull. Ac. Vet. Fr.*, 23, 1950, p. 313.

(8) GORET et Mlle YVORÉ, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 423.

## COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Lucien Cuénot*, présente la liste suivante :

*En première ligne* ........... M. **Emile Guyénot**, à Genève.

*En seconde ligne*, ex æquo, *et par ordre alphabétique* ..... M. **Alexandre Dauvillier**, à Bagnères-de-Bigorre.
M. **Georges Reboul**, à Montpellier.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 20 mn.

L. B.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 28 mai 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Auguste Chevalier*, Sur l'existence ancienne en Afrique équatoriale, au Sud de la cuvette centrale du Congo, d'un désert intégral dont il subsiste des reliques appartenant au règne végétal :

Page 1982, 17e ligne, *au lieu de* au Nord, *lire* au Sud.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUIN 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Dérivés organiques arsenico-sulfamidés à action antiamibienne.* Note de M. **Jacques Tréfouël**, M^me^ **Thérèse Tréfouël** et M. **Marcel Perret**.

Étant donné : 1° l'activité de certains dérivés arsenicaux, non seulement sur l'amibe mais aussi sur les kystes amibiens ; 2° l'action désintoxicante de l'introduction d'une fonction sulfamide dans un noyau aromatique ; les auteurs préparent et recherchent l'action thérapeutique, sur l'amibiase, des acides amino-sulfamidophénylarsiniques.

Après Ravaut, qui mit en lumière les propriétés amœbicides de l'arsénobenzol, Marchoux démontrait, en 1923, à l'Institut Pasteur [1], l'intérêt de l'emploi, par voie buccale, du stovarsol (acide *p*-hydroxy *m*-acétylaminophénylarsinique) pour traiter les dysenteries amibiennes à *Entamœba coli* et *E. dysenteriæ*. Alors que le chlorhydrate d'émétine laissait subsister, dans les selles, des kystes d'amibes, le stovarsol les faisait disparaître régulièrement et rapidement. Marchoux indiquait comme posologie de choix, dans les cas chroniques, la faible dose de 0,25 g donnée tous les deux jours pendant deux mois. D'autres dérivés arsenicaux furent également utilisés avec succès, en particulier le carbarsone (acide *p*-carbamidophénylarsinique) [2], et l'on put conclure que les dérivés arsenicaux benzéniques ont une action directe aussi bien sur l'amibe que sur les kystes amibiens.

Par ailleurs, Carraud [3] rappelle que l'amibiase est fréquemment entretenue par un processus infectieux associé, rebelle aux traitements émétino-arsenicaux : au moment des rechutes, en particulier, il y a exaltation de la

(1) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 16, 1923, p. 79.
(2) David, Anderson, Koch et Leake, *Proc. Soc. exp. Biol.*, 29, 1931, p. 125.
(3) *Soc. Nat. Med. et des Sciences méd. de Lyon*, séance 3 déc. 1947.

flore microbienne; de plus, on constate de fréquentes entéro-colites bactériennes consécutives aux dysenteries amibiennes : elles sont causées par les bactéries pathogènes de l'intestin qui trouvent un terrain favorable dans les tissus touchés par le pouvoir nécrosant de l'amibe dysentérique [Mathis ([4])]. Ceci a incité Hargreaves ([5]) [travaux confirmés par Blanc et Siguier ([6])] à associer à l'émétine, agent amœbicide *in vitro*, la pénicilline et le sulfathiazol ou la sulfaguanidine qui, bien que sans action sur l'amibe, la rendent moins réfractaire aux traitements spécifiques, par l'attaque des bactéries d'infections secondaires qui constituent la base alimentaire de l'amibe; les sulfamidés, en particulier, agissent sur la flore colibacillaire, insensible à la pénicilline. C'est d'ailleurs à son action sur la flore intestinale associée que l'auréomycine a dû ses succès dans le traitement des dysenteries amibiennes : la modification du milieu intestinal joue probablement, ici, le rôle principal dans la disparition de l'amibe et la fréquence des rechutes renforce la conviction du danger d'un traitement par l'auréomycine (ou la terramycine) employée seule.

Un troisième ordre de considérations est à la base des recherches que nous présentons ici.

L'étude des dérivés arsenicaux aromatiques, que nous avons entreprise avec notre Maître Ernest Fourneau, dès 1921, nous a révélé un fait intéressant : l'introduction d'une deuxième fonction acide arsinique $—AsO_3H_2$ abaisse la toxicité d'un acide phénylarsinique tout autant que le fait l'introduction d'une fonction aminée ([7]). Enfin, l'addition d'un groupement sulfamide, $—SO_2NH_2$, lui aussi, abaisse considérablement la toxicité des dérivés benzéniques (l'aniline, par exemple, est incomparablement plus toxique que le *p*-aminophénylsulfamide).

Tout ceci nous a incités à essayer, sur l'amibiase expérimentale du Rat, test mis au point dans notre Laboratoire par MM. Schneider et Montézin ([8]), l'action des dérivés benzéniques possédant *à la fois* une fonction sulfamide et une fonction acide arsinique.

Il existe dix acides sulfamido-amino-phénylarsiniques isomères et il sera fort intéressant de poursuivre avec eux, sur l'amibiase expérimentale, des essais permettant d'établir quelques rapports entre constitution chimique et activité thérapeutique, ainsi que nous l'avons fait, sur la

---

([4]) *Bull. Ac. Nat. Med.*, n° **29** et **30**, 1949, p. 577.

([5]) *Lancet*, **2**, 1945, p. 68.

([6]) *Arch. Med. Génér. et Coloniale*, n° **4**, août-septembre 1946.

([7]) E. Fourneau, J. et T. Tréfouël, Bovet et Kœtschet, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1173.

([8]) *Bull. Soc. Path. Exot.*, **42**, 1949, p. 94.

trypanosomiase expérimentale, pour les dix acides hydroxy-amino-phénylarsiniques isomères ([9]).

C'est la préparation et l'expérimentation de ces corps qui font l'objet de nos recherches actuelles. Nous avons déjà pu constater l'intérêt tout particulier que présente l'acide *p*-sulfamido *o*-amino-phénylarsinique obtenu de la façon suivante :

L'*o*-nitro-chloro-benzène est traité par la chlorhydrine sulfurique; le chlorure d'acide sulfonique ainsi obtenu, sous l'influence d'un excès d'ammoniaque à froid, se transforme en sulfamide; un chauffage en tube scellé avec un nouvel excès d'ammoniaque, donne la *p*-sulfamido *o*-nitraniline qui, par une réaction de Bart, conduit à l'acide *p*-sulfamido *o*-nitro-phénylarsinique que l'on réduit par le sulfate de fer et la soude.

Cet acide, non seulement agit avec rapidité et intensité sur l'amibiase expérimentale du Rat, mais il est remarquablement bien toléré par cet animal, ainsi que l'indique la Note de MM. Schneider et Montézin ([10]).

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur la construction graphique dans le plan cartésien des courbes dites imaginaires, adjointes aux réelles.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Démonstration de la proposition qu'aux nombres complexes, dont l'origine, c'est-à-dire l'ensemble des lois opératoires auxquelles ces nombres sont soumis, est définie par le symbole $x+\sqrt{-1}\,y$, on peut assigner, dans des constructions graphiques, la valeur numérique $x+y$. Quelques exemples de pareilles constructions graphiques.

Le déchiffrement de tablettes cunéiformes, effectué par M. O. Neugebauer ([1]), a projeté une vive lumière sur les connaissances mathématiques des Babyloniens. Parmi les faits remarquables qu'il a mis ainsi en évidence figure la constatation que les astronomes babyloniens du IIIe siècle avant J.-C., c'est-à-dire environ six siècles avant que Diophante d'Alexandrie en ait parlé dans son *Arithmétique*, appliquaient déjà explicitement la règle des signes dans la multiplication, telle qu'elle continue à être exposée de nos jours, d'une façon dogmatique, dans *toutes* les écoles où l'on enseigne les éléments d'Algèbre.

Les nombreuses tentatives faites pour démontrer que cette règle est obligatoire, c'est-à-dire la seule admissible, sont restées vaines, et, en adoptant la convention que tout nombre positif est égal à sa valeur absolue, on n'a pu que

([9]) E. Fourneau, J. et T. Tréfouël et de Lestrange-Trévise, *Ann. Inst. Past.*, **40**, 1926, p. 933.

([10]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2370.

([1]) R. C. Archibald, *The Am. Math. Monthly*, **56**, 1949, p. 11.

constater *a posteriori* que cette règle et cette convention ne conduisent à aucune contradiction.

L'irréussite de ces tentatives de démonstration est due au fait que cette règle des signes n'est qu'une conséquence de la convention susdite et que tous les signes figurant dans cette règle devraient être échangés si l'on avait admis la convention contraire : tout nombre négatif est égal à sa valeur absolue ([2]). L'emploi exclusif de la première de ces règles des signes n'est qu'une question d'habitude, plus que bimillénaire.

L'une des conséquences importantes de l'existence de deux règles des signes également admissibles est la suivante. Selon qu'on adopte la première ou la seconde règle, on a comme unités réelle ou imaginaire respectivement : $1 = \sqrt{+1}$, $i = \sqrt{-1}$ ou $1 = \sqrt{-1}$, $i' = \sqrt{+1}$. Dès lors, en posant $i' = 1 = \sqrt{+1}$, $i = 1 = \sqrt{-1}$, on peut dire, que si l'on convient de considérer l'unité $i'$ comme *réelle*, l'unité $i$ sera *imaginaire*, et *vice versa*. Les deux nombres $i'$ et $i$ ont comme valeur numérique l'unité, mais leur origine, c'est-à-dire les lois opératoires auxquelles ces unités sont soumises, définies par les symboles $\sqrt{+1}$ et $\sqrt{-1}$, sont différentes.

Les nombres complexes de la forme $i'x + iy$, ou $x + iy$ si l'on omet $i'$, considéré comme unité réelle, représentent, en quelque sorte, un *amalgame* des deux règles de signes, avec prépondérance de la première.

Cette justification logique de la proposition, que la *valeur numérique* de tout nombre complexe $x + \sqrt{-1}y$, peut être considérée comme égale à $x + y$, autorise une construction graphique très simple des courbes dites imaginaires, que Poncelet, Chasles et Maximilien Marie avaient déjà pressentie. Nous en avons parlé succinctement précédemment ([3]) et nous y apportons actuellement de nouvelles précisions.

Dans les figures ci-contre les courbes considérées comme réelles sont tracées en lignes continues, et les courbes complémentaires *imaginaires* en pointillé. Les équations définissant l'ensemble des courbes réelles et imaginaires sont données sous une forme paramétrique.

On obtient tous les points des paraboles réelle et imaginaire de la figure 1, en faisant varier le paramètre $h$ de $-\infty$ à $+\infty$. Dans la figure 2 ces mêmes paraboles sont rapportées à un autre système d'axes; en prenant sur cette figure les coordonnées $(a_1, b_1)$ et $(a_2, b_2)$ des points $P_1$ et $P_2$, on obtient comme solutions de l'équation

$$y_1 \cos\theta + x_1 \sin\theta = (x_1 \cos\theta - y_1 \sin\theta)^2, \qquad \theta = 30^\circ,$$

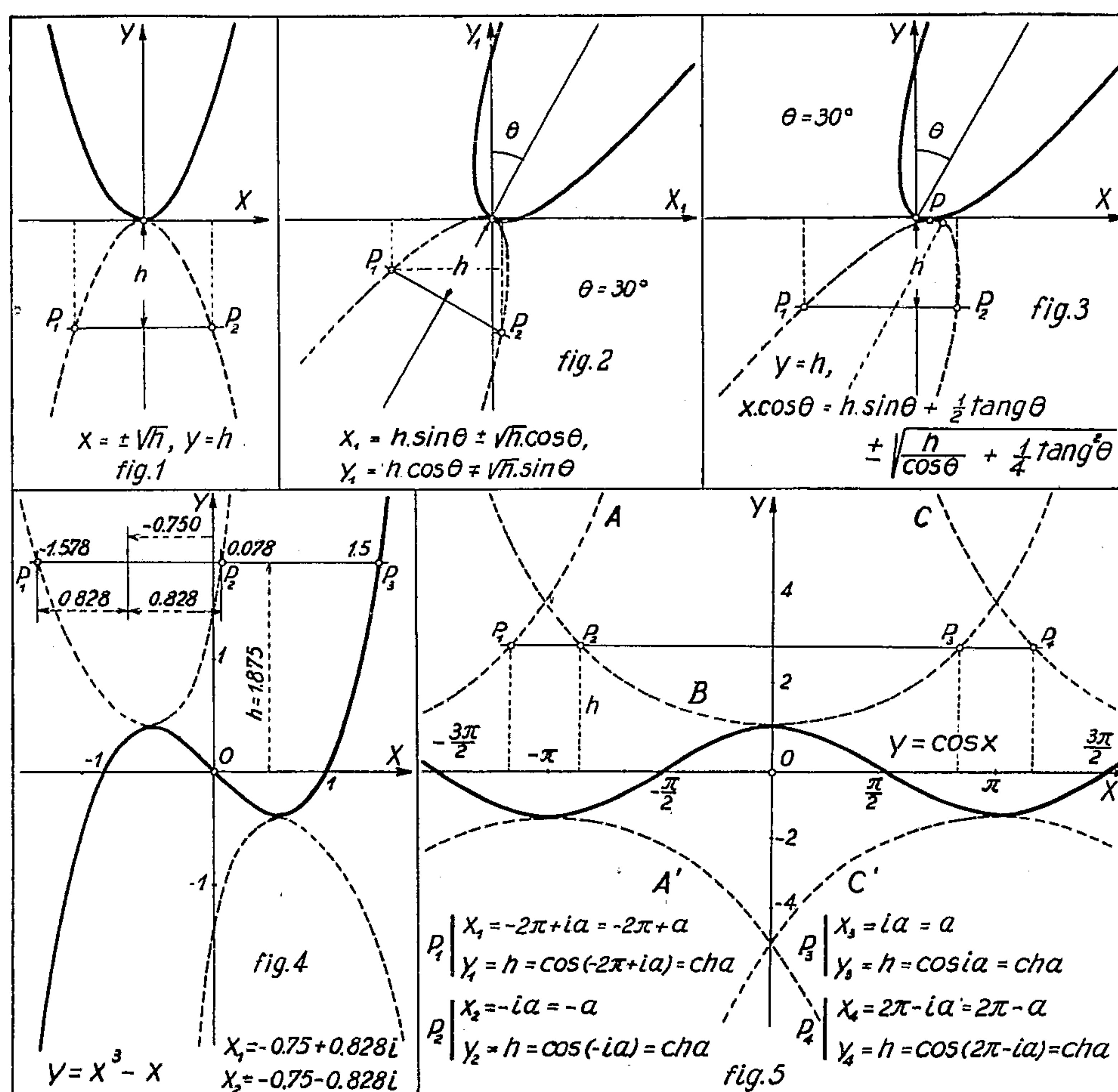
([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 535.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 424.

les nombres complexes

$$x_1,\ \bar{x}_1 = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) \pm i\frac{1}{2}(a_1 - a_2), \qquad y_1,\ \bar{y}_1 = \frac{1}{2}(b_1 + b_2) \pm i\frac{1}{2}(b_1 - b_2).$$

Dans la figure 3 ce n'est que la parabole réelle de la figure 1 qui est rapportée à un nouveau système d'axes, et la courbe imaginaire représente, dans ce cas, le lieu des points d'intersection imaginaire de cette parabole avec




la droite $y = -h < -b$. En désignant par $a$, $-b$, les coordonnées du point de conctact P des courbes réelle et imaginaire, par $x_1$, $y_1$ et $x_2$, $y_2$ les coordonnées des points $P_1$ et $P_2$ de l'intersection de la courbe imaginaire avec la droite $y = -h$, posons $-h + b = -H$, $x_1 - a = l_1$, $x_2 - a = l_2$ et, pour les coordonnées des points d'intersection de la courbe réelle avec la droite $h' + b = +H$, $x'_1 - a = l'_1$, $x'_2 - a = l'_2$. Il vient avec ces notations, en raison de l'équation de la figure 3,

$$l_1,\ l_2 = -\mathrm{H}\ \mathrm{tg}\,\theta \pm i\sqrt{\mathrm{H}\sec^3\theta}, \qquad l'_1,\ l'_2 = \mathrm{H}\ \mathrm{tg}\,\theta \pm \sqrt{\mathrm{H}\sec^3\theta}$$

et, par conséquent, $l_1 = -l'_2$, $l_2 = -l'_1$. La courbe imaginaire est une parabole symétrique à la parabole réelle, par rapport au point de contact P des deux courbes

En posant dans l'équation $y = x^3 - x$, définissant la courbe réelle tracée dans la figure 4, $x = a + ib$, on obtient, $y$ étant considéré comme réel,

$$y = a(a^2 - 3b^2 - 1), \qquad b(3a^2 - b^2 - 1) = 0.$$

La valeur zéro du paramètre $b$ correspond à la courbe réelle et les courbes imaginaires de la figure 4 sont définies par les équations

$$x_1 = a + i\sqrt{3a^2 - 1}, \qquad x_2 = a - i\sqrt{3a^2 - 1}, \qquad y = -2a(4a^2 - 1).$$

La figure 5 donne le lieu des points d'intersection imaginaires d'une cosinusoïde avec les droites $y = h$, $|h| > 1$.

Je rappellerai, en terminant, que les opérations fondamentales *sui generis* du passage à la valeur absolue, du retour à la valeur relative, du passage à la limite et du retour de la limite, conduisent à considérer de nouveaux nombres complexes, irréductibles à $\sqrt{-1}$, mais pouvant figurer simultanément avec ce nombre et être également interprétés géométriquement ([1]).

M. **Louis Hackspill** présente à l'Académie le premier volume d'un traité de *Chimie physique*, de M. Guy Emschwiller, dont il a écrit la *Préface*. Ce traité est le cours professé, depuis plusieurs années, par l'auteur, à l'École supérieure de Physique et de Chimie. Il fera partie d'une nouvelle collection intitulée : « *Euclide* », *Introduction aux Études scientifiques*.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie de la nouvelle édition de son livre : *Organisme et sexualité*, dans laquelle il s'est efforcé d'incorporer et de coordonner les nombreuses données nouvelles acquises au cours des récentes années.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant en remplacement de M. *Lucien Cuénot*, décédé.

Le nombre des votants étant 60,

| | | | |
|---|---|---|---|
| M. Émile Guyénot | obtient | ......... | 50 suffrages, |
| M. Alexandre Dauvillier | » | ......... | 6 » |
| M. Georges Reboul | » | ......... | 4 » |

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1104; **229**, 1949, p. 405.

M. **Émile Guyénot**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

## NOMINATIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Auguste Chevalier** et **Raoul Combes** sont désignés pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'*Institut National Agronomique*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la *Chaire d'Entomologie vacante au Muséum National d'Histoire Naturelle*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

L'Académie est informée de la réunion à Paris, du 22 novembre au 2 décembre 1951, du **XXIVe Congrès international de Chimie industrielle**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° International Union of Geodesy and Geophysics. Ninth general Assembly, Brussels, 21 st August.-1 st September 1951. *General Secretary's Report for the period* 1948-1950.

2° *Recherches géologiques et minières aux Iles Saint-Pierre et Miquelon*, par Edgar Aubert de La Rüe.

3° Ray Society. *British Spiders*, Vol. I, by G. H. Locket and A. F. Millidge.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des polynomes orthogonaux.* Note de M. **Jacques Touchard**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On sait qu'une forme binaire de degré impair, $2n-1$, admet comme expression canonique une somme de $n$ puissances $(2n-1)^{\text{ièmes}}$ de fonctions linéaires,

$$(1) \qquad f_{2n-1}(x, y) = \sum_{i=0}^{2n-1} (-1)^i \binom{2n-1}{i} c_i x^{2n-1-i} y^i = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i (x - \alpha_i y)^{2n-1}.$$

Les fonctions $x - \alpha_i y$ sont les facteurs d'un covariant de $f_{2n-1}$, de poids $n(n-1)$, qu'on appelle son covariant canonique.

D'autre part, une forme binaire de degré pair, $2n$, peut s'exprimer d'une infinité de manières comme somme de $n+1$ puissances $2n^{\text{ièmes}}$ de fonctions linéaires, mais on obtient une expression unique si l'on convient que l'une de ces fonctions linéaires ne contient que la variable $y$ et nous avons démontré que

$$(2)\qquad f_{2n}(x, y) = \sum_{i=0}^{2n} (-1)^i \binom{2n}{i} c_i x^{2n-i} y^i = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i (x - \alpha_i y)^{2n} + \frac{\Gamma_{n+1}}{\Gamma_n} y^{2n},$$

où $\Gamma_n$ est le déterminant représenté par ses lignes successives $[c_i, c_{i+1}, c_{i+2} \ldots c_{i+n-1}]$, $i = 0, 1, 2 \ldots n-1$.

Supposons que les coefficients $c_i$ soient les moments d'une distribution $d\alpha(z)$ dans l'intervalle d'intégration $(a, b)$. Les formes

$$(3)\qquad f_\mu(x, y) = \int^b (x - zy)^\mu \, d\alpha(z)$$

forment alors une suite de polynomes d'Appell et l'on peut leur donner la fonction génératrice suivante

$$(4)\qquad \sum_{n=0}^{\infty} f_n(x, y) \frac{u^n}{n!} = e^{xu} \int_a^b e^{-yuz} \, d\alpha(z) = e^{xu} \varphi(uy).$$

La propriété que nous avons en vue et qui paraît nouvelle est celle-ci : le polynome orthogonal $p_n(x)$, ou, en le rendant homogène, $p_n(x, y)$, attaché à la distribution $d\alpha(x)$, est, à un facteur constant près, le covariant canonique de $f_{2n-1}(x, y)$. On peut dire brièvement que la suite des polynomes d'Appell engendre la suite des polynomes orthogonaux.

Les égalités (1) et (2) se démontrent alors immédiatement en appliquant à l'intégrale (3) la formule habituelle de quadrature mécanique, pour $\mu = 2n - 1$, et cette même formule légèrement modifiée, pour $\mu = 2n$. Les nombres $\lambda_i$ sont les nombres de Cotes-Christoffel et les nombres $\alpha_i$ sont les racines de $p_n(x)$.

La proposition énoncée plus haut entraîne diverses conséquences dont nous n'indiquerons succinctement que les suivantes :

1° Le déterminant $\Gamma_n$, qui est un invariant de la forme $f_{2n-2}$ et un semi-invariant de la forme $f_{2n-1}$, détermine complètement le covariant canonique et l'on a l'expression générale suivante des polynomes orthogonaux :

$$p_n(x) = \Gamma_n x^n - \frac{1}{1} \frac{d\Gamma_n}{d\zeta} x^{n-1} + \frac{1}{2!} \frac{d^2\Gamma_n}{d\zeta^2} x^{n-2} - \ldots + (-1)^n \frac{d^n\Gamma_n}{d\zeta^n},$$

où $d/d\zeta$ représente l'opérateur

$$\frac{d}{d\zeta} = (2n-1) c_1 \frac{\partial}{\partial c_0} + \ldots + (2n-i) c_i \frac{\partial}{\partial c_{i-1}} + \ldots + c_{2n-1} \frac{\partial}{\partial c_{2n-2}}.$$

2° En effectuant l'opération d'Appell sur deux suites de polynomes $f_n$ et $g_n$, correspondant respectivement, d'après (4), à deux distributions $d\alpha(z)$ et $d\beta(z)$, on obtient des polynomes $(fg)_n = (gf)_n$ et les covariants canoniques de $(fg)_{2n-1}$, $n = 1, 2, 3, \ldots$, sont les polynomes orthogonaux attachés à la distribution $d\gamma(z)$, où $\gamma(z)$ est le résultant de Stieltjes de $\alpha(z)$ et $\beta(z)$.

3° Soient $T_n(x) = \cos(n \arccos x)$ les polynomes de Tchebichef de première espèce et $P_n(x)$ les polynomes de Legendre : les polynomes

$$f_n(x) = (x^2 - 1)^{\frac{n}{2}} P_n\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 - 1}}\right)$$

sont des polynomes d'Appell dont la fonction génératrice, conforme à (4), est $J_0(ui)e^{xu}$. Le polynome $T_n(x)$ est, à un facteur constant près, le covariant canonique de $f_{2n-1}(x)$. Le déterminant $\Gamma_n$ est égal à $1/2^{(n-1)^2}$ et l'application des égalités (1) et (2) conduit aux formules

$$P_{2n-1}(x) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} \left[ x - \sqrt{x^2 - 1} \cos \frac{(2k-1)\pi}{2n} \right]^{2n-1},$$

$$P_{2n}(x) = \frac{(x^2 - 1)^n}{2^{2n-1}} + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} \left[ x - \sqrt{x^2 - 1} \cos \frac{(2k-1)\pi}{2n} \right]^{2n},$$

qui peuvent aussi se tirer directement de l'intégrale qu'a donnée Laplace pour exprimer $P_n(x)$.

TOPOLOGIE. — *Difficultés d'une théorie de la catégorie dans les espaces topologiques quelconques.* Note (*) de M. **Gustave Choquet**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

On montre par quelques théorèmes et constructions d'exemples que diverses voies dans lesquelles on pouvait espérer prolonger la théorie classique de la catégorie aboutissent à des impasses.

La théorie classique de la catégorie créée par Baire a pour champ naturel les espaces métriques complets, mais peut s'étendre formellement aux espaces localement compacts. On peut se proposer de chercher des extensions de cette théorie dans diverses voies :

1° Conserver la définition des ensembles de 1<sup>re</sup> catégorie (1) et chercher des espaces généraux où la théorie soit valable. On peut songer par exemple aux espaces uniformes complets et plus particulièrement à ceux qui possèdent une base totalement ordonnée d'entourages.

---

(*) Séance du 28 mai 1951.

(1) « gerbés » suivant M. Denjoy, « maigres » suivant Bourbaki.

2° Prendre comme cadre de la théorie de « bons espaces », par exemple compacts, mais élargir la classe des ensembles qu'on appellera de 1re catégorie.

3° Partant du fait que la théorie classique pourrait se bâtir à partir des propriétés des $G_\delta$, essayer de donner une définition très générale des $G_\delta$ dans les espaces compacts et voir si ces $G_\delta$ généraux conservent des propriétés intéressantes : Par exemple, on pourrait appeler $G_\delta$ généralisé l'ensemble des points de continuité d'une application quelconque d'un espace compact dans un autre espace compact.

*Nous allons montrer par quelques énoncés que l'on échoue dans chacune de ces directions.*

I. *a*. On sait [2] que tout espace métrique est homéomorphe à un espace uniforme complet. Donc la théorie de la catégorie n'est pas valable dans les espaces uniformes complets.

*b*. Si E est un espace uniforme séparé possédant une base d'entourages totalement ordonnée par inclusion [3], ou bien E est métrisable, ou bien E est tératologique en ce sens que tout sous-ensemble dénombrable de E est fermé et a tous ses points isolés (pour E localement compact ceci entraîne que E ait tous ses points isolés).

Donc, parmi ces espaces, les seuls intéressants sont métrisables.

II. Dans E compact métrique, la réunion A de toute famille totalement ordonnée (par inclusion) d'ensembles fermés $F_i$ est un $F_\sigma$ égal à la réunion d'une sous-famille dénombrable de ces $F_i$; donc si chacun des $F_i$ est non dense sur E, cette réunion A est de première catégorie. Ceci conduit à poser :

*Définition.* — Dans E compact on appelle $F_s$ toute réunion A d'une famille $\mathcal{F}$ totalement ordonnée par inclusion d'ensembles fermés $F_i$ de E. Un $F_s$ sera dit de première catégorie au sens large si tout ensemble $F_i$ de la famille $\mathcal{F}$ est non dense sur E.

*Or, si l'on admet l'hypothèse du continu, on peut construire un espace compact* E *qui soit sur lui-même de première catégorie au sens large.*

*Construction.* — Il suffit de prendre pour E un espace compact de puissance $2^{\aleph_0}$ tel que tout sous-ensemble dénombrable de E soit non dense sur E. On range alors les points de E dans une suite transfinie $x_1, x_2, \ldots, x_\alpha, \ldots (\alpha < \Omega)$, et l'on pose $F_\alpha =$ adhérence de l'ensemble des $x$ d'indice $\leqq \alpha$. Tout $F_\alpha$ est non dense; on a $F_\alpha \subset F_\beta$ si $\alpha < \beta$, et $E = \bigcup F_\alpha$.

*Exemple d'un tel espace.* — E est l'ensemble totalement ordonné, lexicographiquement, des suites $(u_1, u_2, \ldots, u_n, \ldots)$, où $0 \leqq u_n \leqq 1$, la topologie sur E étant celle de l'ordre $\mathcal{C}_0(E)$.

---

[2] D'après M. Dieudonné : *Ann. Écol. Norm. Sup.*, 56, 1939, p. 283.

[3] Ces espaces ont été étudiés par M. Colmez dans sa thèse : *Portugaliae Math.*, 6, 1947, p. 119-244.

*Remarque.* — Il serait intéressant de rechercher si tout ensemble $F_s$ d'un espace E compact est mesurable pour toute mesure de Radon sur E.

III. Si E est un espace topologique quelconque, et $f$ une application de E dans un espace métrique, l'ensemble des points de continuité de $f$ est un $G_\delta$ de E, c'est-à-dire une intersection dénombrable d'ensembles ouverts. On est donc amené à poser :

*Définition.* — Dans un espace topologique E, on appellera $G_\delta$ généralisé tout ensemble qu'on peut identifier à l'ensemble des points de continuité d'une application de E dans un autre espace topologique.

Or, on va voir que le fait d'être un $G_\delta$ généralisé n'implique aucune propriété. Plus précisément :

THÉORÈME. — *Pour tout espace topologique séparé* E *et tout sous-ensemble* A *de* E *contenant les points isolés de* E, *il existe une application* $f$ *de* E *dans un espace compact* K *telle que* A *soit identique à l'ensemble des points de continuité de* $f$.

*Construction.* — Posons $K = [0, 1]^I$, l'ensemble I étant en correspondance biunivoque avec les points $x$ de $E(x \to i(x))$.

L'application $y = f(x)$ de E dans K sera déterminée par la donnée des coordonnées $f_i(x)$ de $f(x)$, pour tout $x$.

On prendra

$$f_{i(u)}(x) = 0 \quad \text{pour tout } x \qquad \text{si} \quad u \in A$$

et

$$\left.\begin{aligned} f_{i(u)}(x) &= 0 \quad \text{pour tout } x \neq u \\ &= 1 \quad \text{pour} \quad x = u \end{aligned}\right\} \quad \text{si} \quad u \notin A.$$

*Remarque* 1. — Le succès de cette construction tient à ce que l'on peut prendre pour K un compact arbitraire. On voit nettement sur cet exemple que la validité de la théorie classique avait pour raison profonde une similitude et une adaptation mutuelle des structures des divers espaces considérés.

*Remarque* 2. — On pourrait penser qu'en prenant des applications $f$ d'un type très régulier, les ensembles $G_\delta$ généralisés correspondants vont devenir également plus réguliers. Il n'en est rien. En effet, on peut montrer que si E est un espace métrique et A un sous-ensemble de E contenant les points isolés de E, il existe une application $f$ de E dans l'espace ordonné $2^K$ des ensembles fermés d'un espace compact K, qui est semi-continue supérieurement et admet A pour ensemble de points de continuité.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'intégrabilité des structures presque complexes.* Note (*) de MM. **Beno Eckmann** et **Alfred Frölicher**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Une *structure presque complexe* [1] $\pi$ (de classe $C^h$) dans l'espace cartésien réel $E_{2m}$ des coordonnées $x^1, \ldots, x^{2m}$ est définie par la donnée d'un champ tensoriel $a^j_k$ (de classe $C^h$ par rapport aux $x^k$) vérifiant $a^j_k a^k_l = -\delta^j_l$. Elle est dite *intégrable* si elle est *induite par un système de coordonnées complexes dans* $E_{2m}$. De façon plus précise : Soit $(z^\mu)$ un tel système de coordonnées (de classe $C^{h+1}$), c'est-à-dire un système de $m$ fonctions complexes $z^\mu(x^1, \ldots, x^{2m})$, $\mu = 1, \ldots, m$ (de classe $C^{h+1}$) tel qu'en tout point la matrice $\partial z^\mu/\partial x^k$ soit de rang $m$. Par rapport à $(z^\mu)$, un vecteur contravariant $dx^k$ a les « composantes complexes » $dz^\mu = (\partial z^\mu/\partial x^k)\,dx^k$; le passage de $dz^\mu$ à $i\,dz^\mu$ $(i = \sqrt{-1})$ donne en tout point une transformation linéaire des vecteurs contravariants, de carré $-E$ ($E =$ identité), donc un tenseur $a^j_k$ définissant une structure presque complexe $\pi$ « induite par $(z^\mu)$ ». On a dans ce cas $a^j_k\,dx^k(\partial z^\mu/\partial x^j) = i\,dz^\mu$, donc $a^j_k(\partial z^\mu/\partial x^j) = i(\partial z^\mu/\partial x^k)$, $\mu = 1, \ldots, m$.

Deux systèmes de coordonnées complexes $(z^\mu)$ et $(w^\mu)$ appartenant à la même *structure analytique complexe* $\sigma$ dans $E_{2m}$, c'est-à-dire tels que les $w^\mu$ soient des fonctions analytiques complexes des $z^\nu$, induisent la même structure $\pi$; on dira que $\pi$ est induite par $\sigma$. Réciproquement, si $(z^\mu)$ et $(w^\mu)$ induisent la même structure $\pi$, on a, en posant $dw^\mu = A^\mu_\nu dz^\nu + B^\mu_\nu d\bar{z}^\nu$, $i\,dw^\mu = i(A^\mu_\nu dz^\nu + B^\mu_\nu d\bar{z}^\nu) = A^\mu_\nu(i\,dz^\nu) + B^\mu_\nu(-i\,d\bar{z}^\nu)$, d'où $B^\mu_\nu = 0$; il en résulte aisément (équations de Cauchy-Riemann) que les $w^\mu$ sont des fonctions analytiques complexes des $z^\nu$. *Une structure presque complexe $\pi$ qui est intégrable est donc induite par une structure analytique complexe $\sigma$ bien déterminée.*

2. Une structure presque complexe $\pi$ (de classe $C^1$) étant donnée par $a^j_k$, posons $a^j_{kl} = \partial a^j_k/\partial x^l - \partial a^j_l/\partial x^k$. *Alors* $t^j_{kl} = a^j_{pk}a^p_l - a^j_{pl}a^p_k$ *est un tenseur.* La démonstration se fait par le calcul direct, en utilisant $a^j_k a^k_l = -\delta^j_l$. Si une structure $\pi$ est induite par des coordonnées complexes $(z^\mu)$, le tenseur $a^j_k$ aura, dans le système de coordonnées réelles donné par les parties réelles et imaginaires des $z^\mu$, des composantes constantes. D'où le

Théorème 1. — *Si la structure presque complexe $\pi$ (de classe $C^1$) est intégrable, alors* $t^j_{kl} = a^j_{pk}a^p_l - a^j_{pl}a^p_k = 0$.

Il est facile de donner des exemples de structures $\pi$ dans $E_{2m}$ $(m \geq 2)$ pour lesquels cette condition nécessaire n'est pas satisfaite (dans $E_2$, $t^j_{kl}$ est toujours $= 0$).

---

(*) Séance du 11 juin 1951.

(1) *Cf.* C. Ehresmann, *Colloque de Top. alg.*, C. N. R. S., Paris, 1947, p. 3-15.

3. Considérons sur la sphère $S_6$ donnée dans $E_7$ par $\Sigma(X^k)^2=1$ ($X^k$, $k=0,\ldots,6$, étant des coordonnées dans $E_7$) la structure presque complexe définie à l'aide des octaves de Cayley ([2]). Faisons correspondre à tout vecteur $Y^k$ tangent à $S_6$ en $X^k$ le produit de $X^k$ et de $Y^k$ au sens des octaves purement imaginaires; on obtient ainsi une transfo rmation linéaire de carré — E dans l'espace tangen en $X^k$, $Y'^k=A^k_l Y^l$, où les $A^k_l$ sont des formes linéaires en $X^0, \ldots, X^6$ (ne contenant qu'un seul terme $\pm X^j$, ou $=0$). On a donc sur $S_6$ une structure $\pi$; son tenseur s'exprime dans le voisinage du point $P:X^0=1$, dans le système de coordonnées locales $x^k=X^k (k=1, \ldots, 6)$, par

$$a^j_k=A^j_k-A^k_0\frac{x^j}{X^0}\qquad (j, k=1, \ldots, 6).$$

En P, le tenseur $t^j_{kl}$ est donné par $t^j_{kl}=A^j_{pk}A^k_l-A^j_{pl}A^p_k$ ($A^j_{pk}$ étant défini comme $a^j_{pk}$). Un calcul élémentaire montre qu'on a en ce point

$$t^4_{15}=A^4_{61}A^6_5-A^4_{25}A^2_1\neq 0.$$

D'où : *la structure presque complexe donnée sur* $S_6$ *à l'aide des octaves de Cayley n'est pas intégrable* ([3]).

4. Soit $\pi$ une structure presque complexe (de classe $C^1$) dans $E_{2m}$, et supposons que $t^j_{kl}=0$. Alors on a pour toutes les valeurs de $j$, $p$ et $q$

$$(1)\qquad a^j_{kl}(a^k_p-i\delta^k_p)(a^l_q-i\delta^l_q)=(a^l_q-i\delta^l_q)t^j_{lp}=0.$$

Pour chaque valeur $p=1, \ldots, 2m$, $dx^k_{(p)}=a^k_p-i\delta^k_p$ est une solution du système

$$(2)\qquad (a^j_k+i\delta^j_k)\,dx^k=0\qquad (j=1, \ldots, 2m).$$

Le rang de (2) ainsi que celui des $2m$ solutions $dx^k_{(p)}$ est $m$; toute solution de (2) est donc une combinaison linéaire des $dx^k_{(p)}$, $p=1, \ldots, 2m$. Ainsi les équations (1) signifient que $a^j_{kl}\,dx^k\,dy^l=0$ pour toute solution $dx^k$ et toute solution $dy^k$ de (2). En tenant compte de la définition des $a^j_{kl}$, on constate que ce sont les conditions de complète intégrabilité du système (2). Si $a^j_k$ est de *classe* $C^\omega$, c'est-à-dire *donné par des séries de puissances en* $x^1, \ldots, x^{2m}$, (2) admet donc $m$ intégrales premières indépendantes $z^\mu(x^1, \ldots, x^{2m}), \mu=1, \ldots, m$ de classe $C^\omega$; on peut les utiliser comme coordonnées complexes dans $E_{2m}$ ([4]). Notons que si $z$ est une intégrale première de (2), on a $(\partial z/\partial x^k)\,dx^k=0$ pour

---

([2]) *Cf.* A. Kirchhoff, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1258, et Thèse (à paraître).

([3]) Ce résultat a également été établi par C. Ehresmann et P. Libermann (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1283), d'une façon différente; notons toutefois qu'il existe certaines relations entre les méthodes des nos 2 et 4 de notre Note et celles des divers travaux de ces deux auteurs sur les structures presque complexes.

([4]) Un procédé semblable a déjà été appliqué par G. de Rham (non publié).

les solutions $dx^k$ de (2), donc en particulier pour les $dx^k_{(p)}$; d'où

$$(3) \qquad a^k_p \frac{\partial z}{\partial x^k} - i \frac{\partial z}{\partial x^p} = 0 \qquad (p = 1, \ldots, 2m).$$

Soit $dx^k$ un vecteur arbitraire; alors $a^j_k dx^k$ s'exprime dans le système de coordonnées complexes $(z^\mu)$ d'après (3) par $a^j_k\, dx^k (\partial z^\mu/\partial x^j) = i(\partial z^\mu/\partial x^k)\, dx^k = i\, dz^\mu$, ce qui signifie que la structure presque complexe induite par $(z^\mu)$ est la structure donnée $\pi$. En résumé :

THÉORÈME 2. — *Toute structure presque complexe de classe* $C^\omega$ *dans* $E_{2m}$ *avec* $t^j_{kl} = 0$ *est intégrable.*

5. Soient $V_{2m}$ une variété analytique réelle, $\pi$ une structure presque complexe de classe $C^\omega$ dans $V_{2m}$ avec $t^j_{kl} = 0$ en tout point de $V_{2m}$. Alors $\pi$ est induite localement, dans tout voisinage euclidien U de $V_{2m}$, par une structure analytique complexe $\sigma(U)$ de classe $C^\omega$; d'après 1, les structures $\sigma(U)$ et $\sigma(U')$ sont identiques dans l'intersection de U et U'. On a donc le résultat global :

THÉORÈME 3. — *Toute structure presque complexe de classe* $C^\omega$ *dans* $V_{2m}$ *avec* $t^j_{kl} = 0$ *est intégrable, c'est-à-dire induite par une structure analytique complexe de classe* $C^\omega$ *dans* $V_{2m}$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Répartition des délais d'attente quantifiés des avions arrivant à un aéroport* (*suite*). Note de M. **FÉLIX POLLACZEK**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note antérieure (¹) dont nous conservons ici les notations, nous avons déterminé les délais d'attente (d. a.) des avions arrivant à un aéroport en ne supposant aléatoires que les instants d'arrivée $X_1, \ldots, X_n$ des $n$ avions de notre schéma.

Désignant par $\varphi(x; \mu)$ la fonction

$$\varphi(x; \mu) = [x] + 1 + \mu \quad (x > 0), \qquad = 0 \quad (x < 0),$$

nous modifions maintenant les hypothèses 1° et 2° de $N_1$ comme suit :

1 *bis*. Les avions arrivent au hasard, chaque avion étant dirigé sur la piste du $s^{\text{ième}}$ avion précédent et subissant le d. a. $\tau = \varphi(\tau'; M)$, les entiers non négatifs $M_1, \ldots, M_n$ (erreurs d'appréciation du poste de commandement de l'aéroport) étant répartis selon la loi

$$\text{Prob}\,\{M_m = \mu\} = \pi_\mu \quad (\mu = 0, 1, \ldots, b;\ m = 1, \ldots, n); \qquad \sum_{\mu=0}^{b} \pi_\mu = 1.$$

2 *bis*. Les durées d'atterrissage $T_1, \ldots, T_n$ sont aléatoires de telle sorte

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1901. Cette Note sera désignée ici par $N_1$.

que, $f(t)$ désignant une fonction de répartition, donnée de manière arbitraire, on a

$$\text{Prob}\{t < T_m < t + dt\} = df(t) \qquad (m = 1, \ldots, n).$$

Par conséquent, nous obtenons respectivement pour $\mathfrak{M}(\xi^{\tau_m})$ et pour $\Psi$ :

$$\mathfrak{M}(\xi^{\tau_m}) = \sum_{\mu_1=0}^{b} \cdots \sum_{\mu_m=0}^{b} \pi_{\mu_1} \cdots \pi_{\mu_m} \int_0^\infty df(t_1) \cdots \int_0^\infty df(t_{m-1}) \int_0^{\varpi} dx_1 \cdots \int_{x_{n-1}}^{\varpi} \xi^{\tau_m}\, dx_n,$$

$$\Psi(\xi, p, z) = \sum_{m=1}^{\infty} z^{m-1} \sum_{\mu_1=0}^{b} \cdots \sum_{\mu_m=0}^{b} \pi_{\mu_1} \cdots \pi_{\mu_m} \times \int_0^\infty df(t_1) \cdots \int_0^\infty df(t_{m-1}) \int_0^\infty dx_1 \cdots \int_{x_{m-1}}^{\infty} e^{-px_m} \xi^{\tau_m}\, dx_m.$$

A l'aide de la formule

$$\xi^{\varphi(x;\mu)} = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty+\delta}^{i\infty+\delta} e^{-x\zeta} \left[ \frac{\xi^{\mu+1}(e^{\zeta}-1)}{1-\xi e^{\zeta}} + 1 \right] \frac{d\zeta}{\zeta} \qquad (|\xi e^{\zeta}| < 1,\ \delta > 0,\ x \neq 0, 1, \ldots)$$

on déduit pour $\Psi$ l'équation intégrale

$$\Psi(\xi, p, z) = \frac{p^s - z^s}{p^s(p-z)} + \frac{z^s}{2\pi i} \int_{-i\infty+\delta}^{i\infty+\delta} \Psi(e^{-\zeta}, p, z)\, \varepsilon(-\zeta) \left[ \frac{\xi^{\mu+1}(e^{\zeta}-1)}{1-\xi e^{\zeta}} + 1 \right] \frac{d\zeta}{\zeta(p-\zeta)^s}$$

et de là, la relation

$$(1) \qquad \Psi(\xi, p, z) f(\xi, p, z) = \frac{p^s - z^s}{p^s(p-z)} - \frac{(-z)^s}{(s-1)!} \left[ \frac{\partial^{s-1}}{\partial \zeta^{s-1}} \frac{a(\xi, \zeta)}{\zeta} \Psi(e^{-\zeta}, p, z) \right]_{\zeta=p};$$

nous avons posé ici

$$\varepsilon(z) = \int_0^\infty e^{zt}\, df(t), \qquad [\mathrm{R}(z) \leqq 0],$$

$$\pi(\xi) = \sum_{\mu=0}^{b} \pi_\mu \xi^\mu, \qquad a(\xi, \zeta) = \varepsilon(-\zeta) \left[ \frac{\xi \pi(\xi)(e^{\zeta}-1)}{1-\xi e^{\zeta}} + 1 \right],$$

$$f(\xi, p, z) = 1 - \left( \frac{z}{p} \right)^s \pi(\xi) \int_0^\infty df(t)\, \xi^{[t]+1} \left[ 1 + (1-\xi) \frac{(-p)^s}{(s-1)!} \frac{\partial^{s-1}}{\partial p^{s-1}} \frac{e^{p([t]+1-t)}}{p(1-\xi e^p)} \right].$$

De l'équation (1) dont le deuxième membre s'annule pour les $s$ zéros $\xi_0(p, z), \ldots, \xi_{s-1}(p, z)$ de $f(\xi, p, z)$ qui tendent vers $e^{-p}$ pour $z \to 0$, on tire les formules

$$(2) \qquad \Psi(\xi, p, z) = f^{-1}(\xi, p, z) \frac{p^s - z^s}{p^s(p-z)} \begin{vmatrix} 1 & a_0(\xi, p) & \ldots & a_{s-1}(\xi, p) \\ 1 & a_0(\xi_0, p) & \ldots & a_{s-1}(\xi_0, p) \\ \cdot & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ 1 & a_0(\xi_{s-1}, p) & \ldots & a_{s-1}(\xi_{s-1}, p) \end{vmatrix} \times \| a_i(\xi_k, p) \|_{i, k=0, \ldots, s-1}^{-1}$$

où nous avons écrit

$$a_i(\xi, p) = \frac{\partial^i a(\xi, p)}{\partial p^i} \qquad (i = 0, \ldots, s-1),$$

et

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} &\lim_{p\to z}(p-z)\,\Psi(\xi, p, z) \\ &\quad = \psi(\xi, z) = -f^{-1}(\xi, z, z)\,f'(1, z, z) \\ &\qquad \times \begin{vmatrix} a_0(\xi, z) & \ldots & a_{s-1}(\xi, z) \\ a_0(\xi_1, z) & \ldots & a_{s-1}(\xi_1, z) \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ a_0(\xi_{s-1}, z) & \ldots & a_{s-1}(\xi_{s-1}, z) \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \alpha_0(z) & \ldots & \alpha_{s-1}(z) \\ a_0(\xi_1, z) & \ldots & a_{s-1}(\xi_1, z) \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ a_0(\xi_{s-1}, z) & \ldots & a_{s-1}(\xi_{s-1}, z) \end{vmatrix}^{-1} \\ &\left[\alpha_i(z) = \frac{d^i}{dz^i}\varepsilon(-z)\left(\frac{1}{1-e^z} + \pi'(1)\right);\ \xi_1 = \xi_1(z, z),\ \ldots,\ \xi_{s-1} = \xi_{s-1}(z, z);\ z < z_0\right]; \end{aligned}\right.$$

ici, $z_0$ est toujours l'unique racine positive de $f'(1, z, z) \equiv [\partial f(x, z, z)/\partial x]_{x=1} = 0$. Ces expressions se simplifient considérablement lorsqu'on remplace l'hypothèse 2 *bis* par 2°.

Comme précédemment, on a ensuite

$$(4)\quad \sum_{\nu=0}^{\infty} P_\nu \zeta^\nu = \psi\left(\zeta, \frac{s\eta}{\varepsilon'(0)}\right) \quad \left[\eta \leqq \eta_{\max} = \frac{z_0\,\varepsilon'(0)}{s}\right]; \qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} P_\nu \zeta^\nu \equiv 0 \quad [\eta > \eta_{\max}],$$

$\varepsilon'(0) = \int_0^{\infty} t\,df(t)$ et $\eta = [n\varepsilon'(0)/s\mathfrak{T}]$ étant respectivement l'espérance mathématique de durée d'atterrissage et l'intensité du trafic aérien.

Enfin on trouve pour $s = 1$ (une seule piste)

$$(5)\quad \sum_{\nu=0}^{\infty} \tilde{P}_\nu x^\nu = \varepsilon[-c(1-x)]\,\psi(e^{-c(1-x)}, c) \qquad \left[c = \frac{\eta}{\varepsilon'(0)},\ \eta \leqq \eta_{\max};\ |x| < 1\right],$$

où $\tilde{P}_\nu$ est la probabilité pour que, à un instant donné, exactement $\nu$ avions soient en attente.

Notons que c'est grâce à la règle admise pour l'ordre d'atterrissages des avions (hypothèses 1° et 1 *bis*) qu'on parvient à établir des formules relativement simples. Par contre, la théorie, accessible elle aussi à nos méthodes, qu'on obtient en supposant, *cæteris paribus*, que pour $s \geqq 2$, les avions sont dirigés selon leur ordre d'arrivée sur des pistes libres, s'avère plus compliquée.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une vérification en soufflerie des équations des écoulements plans transsoniques.* Note (*) de MM. **André Martinot-Lagarde** et **Gérard Gontier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit l'équation du mouvement plan permanent irrotationnel d'un fluide compressible non visqueux :

$$(1)\qquad [(1+u)^2 - c^2]\frac{\partial u}{\partial x} + 2(1+u)v\frac{\partial u}{\partial y} + (v^2 - c^2)\frac{\partial v}{\partial y} = 0,$$

(*) Séance du 28 mai 1951.

où $c$ est la célérité du son rapportée à la célérité critique $a_c$, $u=(V_x/a_c)-1$ et $v=(V_y/a_c)$, $V_x$ et $V_y$ étant les composantes de la vitesse. Nous étudions l'écoulement au voisinage du nombre de Mach $M=1$ en nous donnant sur l'axe $Ox$ la distribution linéaire

$$(2)\qquad u=\frac{x}{k}\qquad v=0.$$

En supposant pour $u$ et $v$ un développement en polynome (¹), en identifiant dans (1) et en supposant le gaz parfait et non conducteur, on obtient pour les lignes à nombre de Mach constant :

$$(3)\qquad \frac{y^2}{k^2}=\frac{1}{\gamma+1}\left[\alpha-2\beta\frac{x}{k}-\frac{1-4\gamma\beta+2\left(\gamma+\frac{2}{3}\right)\beta^2}{1+\left(\gamma+\frac{2}{3}\right)\alpha}\frac{x^2}{k^2}+\ldots\right],$$

avec

$$\alpha=\left[1-\left(\gamma+\frac{2}{3}\right)\frac{A}{2}\right]A+\ldots,\qquad \beta=\frac{1+\gamma\alpha}{1+\left(\gamma+\frac{2}{3}\right)\alpha},\qquad A=\frac{M^2-1}{\frac{\gamma-1}{2}M^2+1}.$$

Nous avons arrêté les développements aux termes du second degré en nous limitant à $x/k$ et A inférieurs à 0,1. En particulier l'équation de la ligne sonique $M=1$ est

$$(4)\qquad \frac{y^2}{k^2}=-\frac{2}{\gamma+1}\frac{x}{k}\left[1-\left(\gamma-\frac{7}{6}\right)\frac{x}{k}\right].$$

Nous avons cherché à vérifier ces résultats en réalisant un écoulement sensiblement plan et symétrique dans une soufflerie sonique de veine rectangulaire (²) dont les parois inférieure et supérieure sont déformables en cours d'essais. On peut penser à donner à ces parois le profil de paraboles osculatrices à des lignes calculées (³), mais ce serait négliger la couche limite. P. Germain a suggéré de nous imposer directement la distribution de vitesse (2) sur l'axe : nous avons calculé la pression statique correspondante, disposé des prises de pression dans une paroi latérale à hauteur de l'axe et agi sur les vérins jusqu'à obtenir aussi exactement que possible les pressions désirées. Nous l'avons fait avec les données suivantes : largeur de la veine à l'entrée 40 mm, demi-hauteur de la tuyère au col $h=105$ mm, $k=500$ mm.

La figure 1 donne la loi de variation de $u$ réalisée sur l'axe, le profil des parois de la tuyère et le profil parabolique calculé (³). La vérification a consisté à déterminer le nombre de Mach dans la tuyère à partir de la pression mesurée à la paroi (64 prises de pression en dessous de l'axe et 18 au-dessus)

---

(¹) Oswatitsch-Rothstein, *Jahrbuch der Deutschen Luftfartforschung*, I, 1942, p. 91.
(²) G. Gontier, *La recherche Aéronautique*, 10, 1949, p. 3.
(³) P. Harrop et P. J. Bright, *Aér.* 2293. *R. A. E.*, Octobre 1948.

et à tracer par interpolation les lignes à M constant. La figure 2 donne les lignes expérimentales et les lignes calculées de $M = 0,95$ à $M = 1,05$; les valeurs extrêmes de M sont telles que A et $x/k$ soient assez petits, au plus 0,1. La compa-

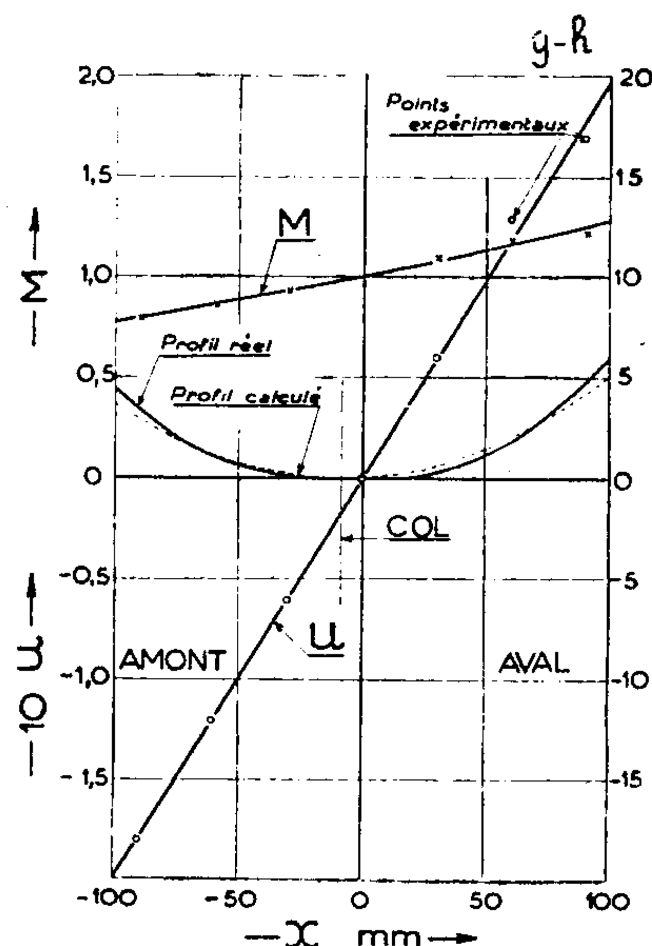



Fig. 1.

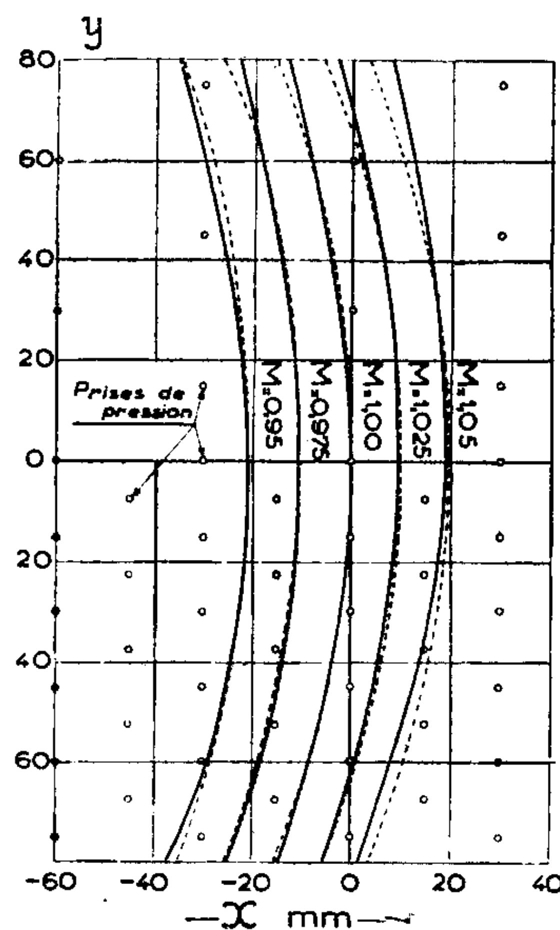



Fig. 2.

Fig. 1. — La position du col a été calculée à partir de (³).

Fig. 2. — Lignes expérimentales ———; lignes calculées - - - - - -.

raison entre les courbes calculées et les courbes expérimentales est à faire dans la moitié inférieure, mieux connue. Pour $M = 1$, les courbes sont confondues à $0,005\,h$ *près jusqu'à la distance* $0,6\,h$ de l'axe; ensuite la courbe calculée s'écarte de la courbe expérimentale vers le côté subsonique. On voit que l'écoulement réalisé n'est pas tout à fait symétrique. Pour toutes les courbes tracées, les écarts restent inférieurs à $0,04\,h$.

RELATIONS ENTRE LES PHÉNOMÈNES SOLAIRES ET TERRESTRES. — *Contrôle de l'activité géomagnétique par les centres d'activité solaires distingués par leurs propriétés radioélectriques*. Note (*) de MM. **Jean-François Denisse**, **Jean Louis Steinberg** et **Siegfried Zisler**, présentée par M. André Danjon.

Nous nous proposons de montrer qu'on peut mettre en évidence un double contrôle de l'activité géomagnétique par les *centres d'activité solaires* quand on prend soin de considérer séparément les centres qui sont accompagnés d'une émission radioélectrique et ceux qui ne le sont pas.

(*) Séance du 11 juin 1951.

Ces centres d'activité solaires sont constitués par un ensemble : facules, plage faculaire, taches; nous n'avons retenu dans cette étude que les centres considérés comme les plus importants par l'Observatoire de Meudon (importance 2 et 3 dans l'échelle des Ursigrammes).

Certains de ces groupes actifs se manifestent également par une forte émission radioélectrique que nous enregistrons journellement depuis 1948 sur la fréquence de 158 Mc : s.

Cette émission se caractérise par le niveau moyen de son intensité au cours de la journée et par son degré d'agitation. Comme l'importance relative de ces deux caractères est encore inconnue, nous avons défini l'activité radioélectrique par un indice mixte S, somme des deux indices journaliers d'intensité et d'agitation définis suivant le tableau.

| Intensité. | Agitation. | Indices. |
|---|---|---|
| $p < 10$ | nulle ou très faible | 0 |
| $10 < p < 20$ | moyenne | 1 |
| $20 < p < 50$ | forte | 2 |
| $p > 50$ | très forte | 3 |

$p$ = puissance moyenne reçue en $10^{-22}$ W.$m^{-2}$ (c : s)$^{-1}$.

Nous considérons qu'un centre est radioélectriquement actif si l'indice journalier S prend au moins une fois la valeur 4 pendant la période de 5 jours centrée sur la date de passage du groupe actif au méridien central du Soleil.

On peut ainsi distinguer au cours de la période 1948-1949-1950, 74 centres radioélectriquement actifs : *centre de type* A et 65 centres inactifs : *centre de type* B.

Nous avons enfin appliqué la méthode des époques superposées [1] à l'indice S d'activité solaire et au caractère magnétique C international en prenant pour origine des temps, le jour du passage au méridien central des centres de l'une des catégories A ou B.

Les moyennes des indices S ainsi disposés conduisent aux courbes *a* et *b* qui illustrent la nette différence entre les deux types de centres, et la directivité notable (courbe *a*) des émissions radioélectriques; cette directivité également reconnue sur d'autres fréquences [2], justifie *a posteriori* la méthode utilisée pour reconnaître l'activité radioélectrique des centres.

Les moyennes des caractères magnétiques mettent en évidence :

Courbe A : *un maximum accentué* de l'activité magnétique 1 *ou* 2 *jours* après le passage d'un centre A au méridien central du Soleil.

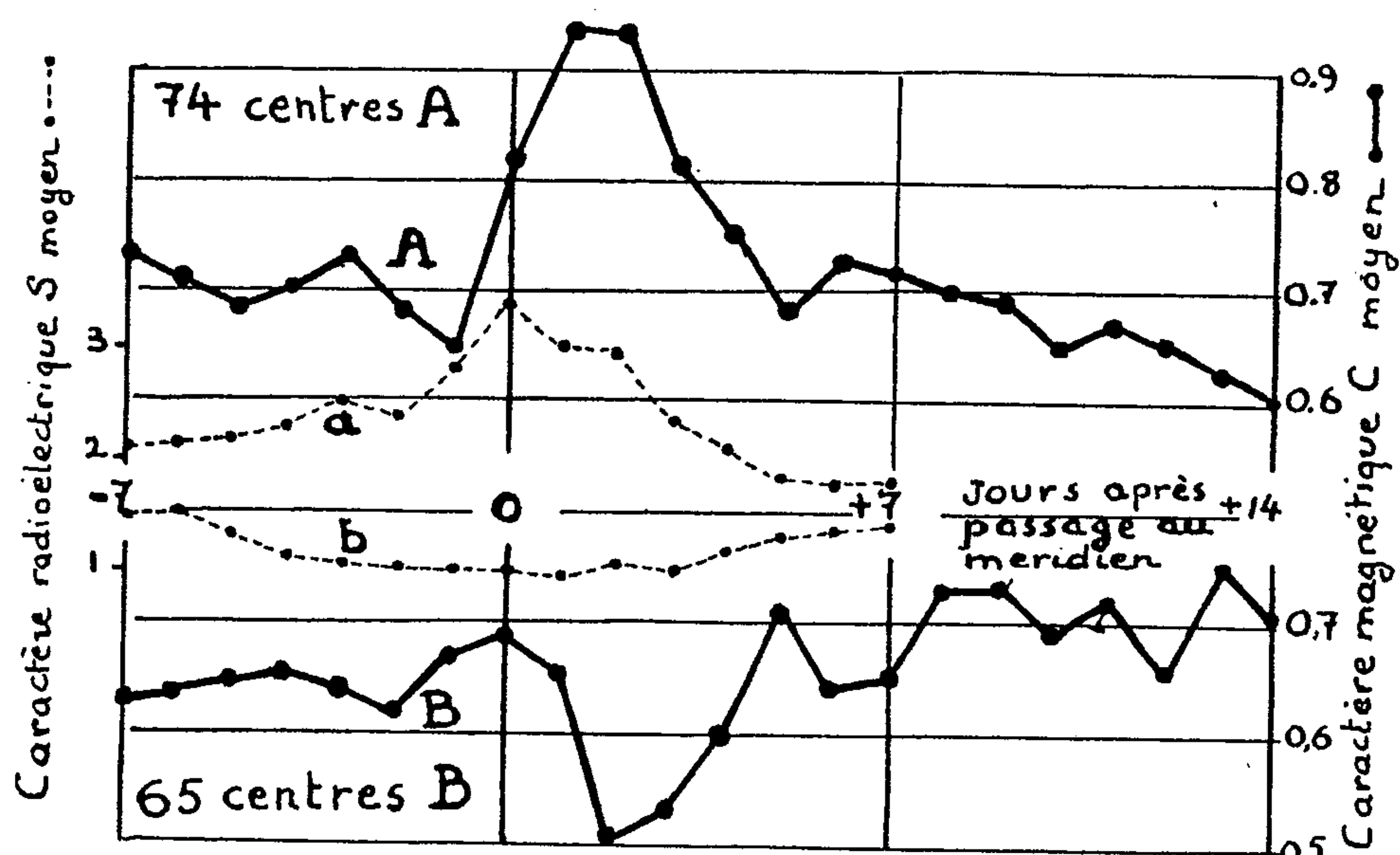
Courbe B : *un minimum très régulier* de l'activité magnétique 2 *ou* 3 *jours* après le passage d'un centre B.

---

(1) S. Chapman et J. Bartels, *Geomagnetism*, Oxford University Press, 1940.

(2) M. Ryle, *Report on Progress in Physic.*, 13, 1950, p. 184.

La régularité des courbes A et B ainsi que la persistance des phénomènes principaux au cours de *chaque année considérée individuellement* apporte un poids considérable à la valeur statistique de ces résultats.




L'examen détaillé de l'activité magnétique qui accompagne le passage des centres individuels, montre que l'activité accrue qui suit le passage des centres A, est d'un type *non récurrent* parfois associé à des orages à début brusque.

Les orages récurrents à début progressifs ([3]) ne sont pas accompagnés d'activité radioélectrique. Si leur contribution est déduite des moyennes A et B, le maximum de la courbe A se dégage plus nettement, alors que la courbe B n'est pas sensiblement modifiée.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Contribution à l'étude graphique des régimes thermiques variables.* Note (*) de M. **Jean Jacq**, présentée par M. Georges Darrieus.

Nous complétons notre précédente Note ([1]), en l'étendant au cas où sont en présence deux types de parois, ainsi qu'éventuellement des masses contenues dans le local considéré.

Nous utiliserons la conjugaison de deux épures de Binder et Schmidt simultanées avec axe commun de température du local, comme l'ont fait

---

([3]) E. Thellier et O. Thellier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1044.

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1292.

M. M. Véron ([2]) et M. René Dupuy ([3]). Cet artifice et l'emploi d'échelles d'épaisseurs réduites inversement proportionnelles aux surfaces en présence leur ont respectivement permis de tracer simultanément la double distribution des températures dans les deux murs, connaissant la température du fluide, et de déterminer la répartition instantanée, entre deux parois, d'un flux constant donné.

A l'aide d'un pôle auxiliaire ([1]) nous étendons cette construction au cas d'un flux variable en fonction de $T_i(t)$.

1° Lors de l'étude de la mise en température d'une enceinte, il est très désirable de ramener les parois de cette enceinte à deux types principaux (parois intérieures et parois extérieures), définis par leurs conditions limites propres. On peut ainsi mieux préciser le rôle que joue chaque type de paroi, et étudier les répercussions dues à la modification de la structure des deux types de parois principales considérées.

Soient alors $T_{p_e}$ et $T_{p_i}$ les températures de paroi sur les faces internes des parois intérieures et extérieures, et $S_{p_i}$ la surface de paroi intérieure pour 1 m² de paroi extérieure opaque. Avec les notations déjà employées dans notre Note antérieure, le bilan calorifique instantané rapporté à 1 m² de paroi extérieure opaque devient

$$\varphi(t) = K_R S_R[T_R(t) - T_i(t)] = 1\, h_{i_1}[T_i(t) - T_{p_e}(t)] + S_{p_i} h_{i_2}[T_i(t) - T_{p_i}(t)] + [K_v S_v + c_a V_a][T_i(t) - T_e(t)].$$

Or, à la limite interne des parois extérieure et intérieure d'épaisseur réduite $\xi = (x/\lambda)$, on a respectivement

$$h_{i_1}[T_i(t) - T_{p_e}(t)] = -\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi_e=0}, \qquad S_{p_i} h_{i_2}[T_i(t) - T_{p_i}(t)] = -\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi_i=0}.$$

En combinant il vient

$$-\left[\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi_e=0} + \left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)^1_{\xi_i=0}\right] = \frac{T_i(t) - T_{p_e}(t)}{\dfrac{1}{h_{i_1}}} + \frac{T_i(t) - T_{p_i}(t)}{\dfrac{1}{h_{i_2} S_{p_i}}} = K_R S_R[T_R(t) - T_i(t)] - [K_v S_v + c_a V_a][T_i(t) - T_e(t)].$$

On obtient

$$\text{(3)} \qquad \boxed{\operatorname{tg}\alpha_i + \operatorname{tg}\alpha_e = \frac{T_i(t) - T_{p_e}(t)}{\dfrac{1}{h_{i_1}}} + \frac{T_i(t) - T_{p_i}(t)}{\dfrac{1}{h_{i_2} S_{p_i}}} = \frac{\tau'_R(t) - T_i(t)}{K_R S_R + K_v S_v + c_a V_a}}.$$

La figure 3 traduit :

$$\frac{T_i(t) - T_{p_e}(t)}{\dfrac{1}{h_{i_1}}} = \operatorname{tg}\alpha_e = \frac{BD}{C_e D} = \frac{C_e F}{FB}, \qquad \frac{T_i(t) - T_{p_i}(t)}{\dfrac{1}{h_{i_1} S_{p_i}}} = \operatorname{tg}\alpha_i = \frac{BE}{EC_i} = \frac{FA_e}{FB}$$

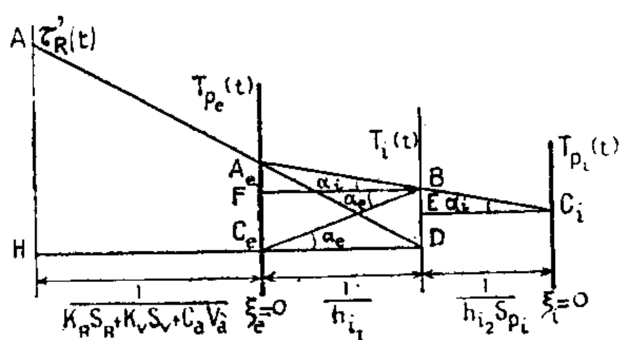
([2]) *Technique moderne*, 1-15 avril et 1-15 juin 1950.

([3]) Rapport inédit au Centre scientifique et technique du Bâtiment.

et (3) devient

$$\frac{\tau'_R(t) - T_i(t)}{\dfrac{1}{K_R S_R + K_V S_V + c_a V_a}} = \frac{C_e A_e}{C_e D}.$$

Ce qui signifie que $DA_e$ passe par un pôle A à l'abscisse $1/(K_R S_R + K_V S_V + c_a V_a)$ d'ordonnée $\tau'_R(t)$.




D'où la construction : Connaissant $T_i(t-\Delta t)$, $T_{p_e}(t-\Delta t)$ et $T_{p_i}(t-\Delta t)$, il est possible de situer les points $C_e$, B, $C_i$ donc D à l'instant antérieur $t-\Delta t$. Joignons D (au temps $t-\Delta t$) à A (au temps $t$), ce qui donne $A'_e$ (au temps $t$) qui, joint à $C_i$ (au temps $t-\Delta t$) donne B′ (au temps $t$), d'où les deux nouvelles constructions de Binder et Schmidt, donnant $C'_i$ et $C'_e$ à l'instant $t$. Par son ordonnée, le point B′ fournit la nouvelle température $T_i$ à cet instant $t$, en même temps que la répartition du flux entre les deux murs, etc.

2° Si l'enceinte contient des masses prenant instantanément la température intérieure $T_i(t)$, il faut à $\varphi(t)$ ajouter $\Sigma mc_m \Delta T_i(t)$, $\Sigma mc_m$ étant la somme de leurs masses calorifiques rapportées au mètre carré de surface extérieure opaque, $c_m$ leur chaleur spécifique et $\Delta T_i(t)$ l'élévation de la température intérieure pendant un intervalle de temps $\Delta t$.

Le bilan calorifique instantané s'écrira

$$\varphi(t) = [T_i(t) - T_e(t)][K_V S_V + c_a V_a] + h_i[T_i(t) - T_p(t)] + \Sigma mc_m \Delta T_i(t),$$

avec

$$h_i[T_i(t) - T_p(t)] = -\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0}$$

et où le terme

$$\Sigma mc_m \Delta T_i(t) = [T_i(t) - T_i(t-\Delta t)][\Sigma mc_m]$$

est assimilable à $-(\partial T/\partial \xi)_{\xi_m=0}$. Il vient alors

$$-\left[\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0} + \left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi_m=0}\right] = \frac{T_i(t) - T_p(t)}{\dfrac{1}{h_i}} + \frac{T_i(t) - T_i(t-\Delta t)}{\dfrac{1}{\Sigma mc_m}} = \frac{\tau'_R(t) - T_i(t)}{\dfrac{1}{K_V S_V + c_a V_a}},$$

ce qui ramène au cas des deux parois opaques de types différents avec $T_{p_i}(t)$ remplacé par $T_{p_m}(t)$.

Nous avons donc la même construction graphique en prenant, à chaque instant $t$, pour $T_{p_m}(t)$, la valeur de $T_i(t-\Delta t)$ à l'instant antérieur $t-\Delta t$.

3° Il est possible d'étendre cette construction au cas mixte où interviennent à la fois deux types de parois et des masses prenant instantanément la température intérieure.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude des pertes par brouillard dans les lignes de transport d'énergie électrique à haute tension continue.* Note de M. **Robert Cochet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le brouillard est une cause de perte de puissance dans les lignes de transport d'énergie électrique. Il est intéressant de prévoir au bout de combien de temps après l'apparition du brouillard, une ligne HT émet des ions. Dans ce but, nous avons étudié, en fonction de la vitesse d'écoulement de l'air brumeux, la captation de gouttelettes de brouillard par un conducteur cylindrique.

Dans une note précédente (1) nous avons supposé la vitesse de l'air négligeable. Lorsque la vitesse d'écoulement de l'air, loin d'un conducteur HT est faible, les forces d'inertie modifient peu les trajectoires des gouttelettes et le mouvement d'une gouttelette de brouillard en un point M est déterminé par la composition de la vitesse de la gouttelette par rapport à l'air et la vitesse d'écoulement de l'air en ce point.

Dans un plan perpendiculaire aux génératrices du cylindre, prenons comme origine le centre de la section droite du conducteur et comme vecteur origine $\overrightarrow{Ox}$ dirigé dans le sens de l'écoulement supposé horizontal. En désignant par $\overrightarrow{V'_0}$ la vitesse de l'air au loin, dans l'hypothèse d'un écoulement potentiel, la vitesse de l'air au point $M(\rho, \theta)$ est donnée par ses composantes radiale $V'_r$ et circulaire $V'_c$ :

$$V'_r = V'_0\left(1 - \frac{D^2}{4\rho^2}\right)\cos\theta, \qquad V'_c = -V'_0\left(1 + \frac{D^2}{4\rho^2}\right)\sin\theta.$$

En posant $\alpha = \lambda(3E_0^2D^2/16\pi\,\delta g)$ et $\beta = (\delta g d^2/18\,\delta'\nu)$ la vitesse relative de la gouttelette est donnée par ses composantes radiale $v_r$ et circulaire $v_c$,

$$v_r = -\frac{\alpha\beta}{\rho^3} - \beta\sin\theta, \qquad v_c = -\beta\cos\theta$$

déduites de l'équation vectorielle (2),

$$(1) \qquad -\frac{18\,\delta'\nu}{d^2}\vec{v} - \delta\vec{g} - \lambda\frac{3}{16\pi}\frac{E_0^2D^2}{\rho^4}\vec{\rho} = 0.$$

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1045-1047.

(2) M. Pauthenier et R. Cochet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 213.

La composition des vitesses et l'élimination du temps donne l'équation différentielle des trajectoires :

$$(2) \qquad d\rho\left[(\beta\cos\theta + V'_0\sin\theta) + \frac{V'_0 D^2 \sin\theta}{4\rho^2}\right] + d\theta\left[\rho(-\beta\sin\theta + V'_0\cos\theta) - \frac{V'_0 D^2\cos\theta}{4\rho} - \frac{\alpha\beta}{\rho^2}\right] = 0.$$

Dans une Note précédente (1) nous avions admis $\lambda = 1$ et $\delta = 1$ U. C. G. S.

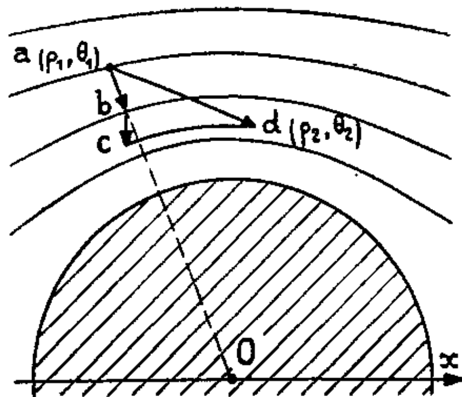
Dans le cas particulier où $E = 0$ (ligne non chargée) nous avons $\alpha = 0$ et l'équation (2) admet pour solution :

$$(\beta\cos\theta + V'_0\sin\theta)\rho^2 - K\rho - V'_0\frac{D^2}{4}\sin\theta = 0.$$

Il résulte de la discussion mathématique que le *coefficient de captation*, dont nous rappelons plus loin la définition, admet, dans ce cas particulier, pour valeur $\gamma = \beta/\sqrt{V'^2_0 + \beta^2}$.

Dans le cas d'une ligne sous tension, $E_0$ est différent de zéro : en chaque point du plan, le vecteur vitesse est déterminé en grandeur et en direction, une méthode classique d'intégration graphique permet d'obtenir l'allure des trajectoires.

Pratiquement, nous traçons les lignes d'écoulement de l'air autour du conducteur et les courbes $V' = \text{const.}$, ce qui nous donne en chaque point la vitesse d'entraînement de la gouttelette. Puis, partant d'un point $a(\rho_1, \theta_1)$ du plan, nous portons le vecteur $\vec{ab} = -(\alpha\beta/\rho^3)(\vec{\rho}_1/\rho_1)\Delta t$ puis $\vec{bc} = \beta(\vec{g}/g)\Delta t$ et enfin un élément d'une ligne d'écoulement passant par $c$ et de longueur $\vec{cd} = \vec{V}'\Delta t$. Le segment $\vec{ad} = \vec{V}\Delta t$ représente un élément de trajectoire (*fig.* 1).




Au point $d(\rho_2, \theta_2)$ nous faisons une construction semblable et nous traçons ainsi de proche en proche une trajectoire passant par $a$.

Les gouttelettes qui rencontreront le cylindre sont séparées de celles qui ne les rencontreront pas par deux trajectoires limites, seules intéressantes. Pour les obtenir, nous traçons le lieu des points où la vitesse radiale $V_r$ s'annule en changeant de signe, cette courbe admettant pour équation

$$\rho^3(V'_0\cos\theta - \beta\sin\theta) - \rho V'_0\frac{D^2}{4}\cos\theta - \alpha\beta = 0.$$

puis le lieu des points où la vitesse circulaire $V_c$ s'annule en changeant de signe, cette courbe admettant pour équation

$$\rho^2(3\cos\theta + V'_0 \sin\theta) + V'_0 \frac{D^2}{4} \sin\theta = 0.$$

Nous prenons ensuite comme point de départ de chaque trajectoire limite un point voisin de l'intersection de ces deux courbes.

Le *coefficient de captation* $\gamma$ est alors déterminé par le rapport de l'écartement des trajectoires limites, au loin, au diamètre du cylindre.

Dans les conditions où cette méthode graphique s'applique, les relations de similitude peuvent s'écrire

$$\left(\frac{\delta' \nu}{\delta g}\right) \frac{V'_0}{d^2} = \text{const.} \qquad \text{et} \qquad \left(\frac{\lambda}{\delta g}\right) \frac{E_0^2}{D} = \text{const.}$$

Nous avons évalué par cette méthode les valeurs du coefficient de captation pour des valeurs de $E_0^2/D$ comprises entre zéro et 7 700 u. e. s. C. G. S. et des valeurs de $V'_0/d^2$ comprises entre zéro et $40 . 10^6$ u. C. G. S.

Ces valeurs du coefficient de captation montrent que pour des faibles vitesses l'influence de la tension augmente rapidement avec la vitesse d'écoulement de l'air brumeux.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Expression générale du champ électromagnétique d'une hélice.* Note de M. **Élie Roubine**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente (¹) nous avons donné les expressions des composantes du champ électromagnétique guidé par un circuit hélicoïdal général. Nous allons préciser ici les résultats dans le cas du *fil infiniment mince*, enroulé en hélice sur un cylindre de rayon $a$. Pour cela il faut raccorder les solutions intérieures au cylindre de rayon $a$, à celles qui sont valables à l'extérieur. J'exprime simplement les conditions aux limites en considérant le fil comme la limite d'un ruban infiniment mince enroulé d'abord sur le cylindre en spires non jointives et dont je fais tendre ensuite la largeur vers zéro. A la limite, le fil constitue une singularité du champ que l'on peut exprimer au moyen de la fonction de Dirac, à condition de sommer les séries de Fourier qui permettent d'exprimer le champ par la méthode de Cesàro. Avec les notations antérieures, on écrira sur le cylindre :

$$(E_r)_{ext} = (E_r)_{int} + A\,\delta\left(\frac{z}{h} - \theta\right),$$
$$(E_\theta)_{ext} = (E_\theta)_{int},$$
$$(E_z)_{ext} = (E_z)_{int},$$
$$(H_r)_{ext} = (H_r)_{int},$$
$$(H_\theta)_{ext} = (H_\theta)_{int} + B \sin\alpha\,\delta\left(\frac{z}{h} - \theta\right),$$
$$(H_z)_{ext} = (H_z)_{int} - B \cos\alpha\,\delta\left(\frac{z}{h} - \theta\right);$$

(¹) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1748.

où A et B sont des coefficients à déterminer et $(\pi/2) - \alpha$ l'inclinaison de l'hélice sur les génératrices du cylindre $[(h/a) = \text{tg}\,\alpha]$. En substituant dans ce système les développements du champ donnés par les expressions (1) et (2) de la Note[1] et le spectre uniforme de la fonction périodique de Dirac $\delta[(z/h) - \theta]$, on obtient un système compatible, définissant les coefficients $A_n$, $B_n$, $C_n$, $D_n$. Il est possible d'évaluer A et B en fonction du courant qui parcourt l'hélice. Pour cela on cherche la valeur que prennent les nouvelles expressions sur l'axe de l'hélice et l'on identifie les résultats à ceux du calcul direct qui a fait l'objet d'une Note antérieure [2]. J'ai obtenu ainsi les résultats suivants :

$$A_n = \frac{I}{4\pi\omega\varepsilon}[k^2 \cot g\,\alpha\, K_{n-1}(\gamma_n a) - \beta\gamma_n K_n(\gamma_n a)],$$

$$B_n = -\frac{I}{4\pi\omega\varepsilon}[k^2 \cot g\,\alpha\, K_{n+1}(\gamma_n a) + \beta\gamma_n K_n(\gamma_n a)],$$

$$C_n = \frac{I}{4\pi\omega\varepsilon}[k^2 \cot g\,\alpha\, I_{n-1}(\gamma_n a) + \beta\gamma_n I_n(\gamma_n a)],$$

$$D_n = -\frac{I}{4\pi\omega\varepsilon}[k^2 \cot g\,\alpha\, I_{n+1}(\gamma_n a) - \beta\gamma_n I_n(\gamma_n a)],$$

au moyen desquels il est possible de calculer le champ électromagnétique en un point quelconque de l'espace intérieur ou extérieur au cylindre sur lequel est enroulée l'hélice.

La symétrie électromagnétique des champs de Maxwell (invariance des équations de Maxwell par la transformation $\vec{E} \to \sqrt{(\mu/\varepsilon)}\vec{H}$ et $\vec{H} \to -\sqrt{(\varepsilon/\mu)}\vec{E}$), permet de montrer qu'on aurait obtenu les mêmes résultats si l'on avait considéré le fil comme la limite d'un ruban infiniment mince et étroit enroulé normalement au cylindre (ruban découpé dans un hélicoïde à plan directeur).

ÉLECTRONIQUE. — *Le magnétron en régime statique de coupure; passage du cas cylindrique au cas plan.* Note (*) de M. **Jean-Loup Delcroix**, présentée par M. Louis de Broglie.

Critique de l'approximation plane dans le cas des magnétrons réels. Existence d'une valeur de $b/a$ pour laquelle le régime de Brillouin et le régime bidromique deviennent identiques. Allure de la distribution de charge d'espace bidromique quand $b/a$ est voisin de cette valeur critique. Passage rigoureux du magnétron cylindrique au magnétron plan.

Les différents régimes statiques de charge d'espace d'un magnétron cylindrique dépendent des trois paramètres $a$ (rayon de la cathode),

---

[2] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 221.

(*) Séance du 11 juin 1951.

$b$ (rayon de la surface de coupure), $\Omega = eH/mc$ [1], [2]. A un ensemble de valeurs de ces trois paramètres correspondent, en général, deux régimes totalement distincts : le régime de Brillouin et le régime « bidromique ». Nous avons montré par des considérations d'énergie et de charge d'espace totale que les magnétrons se classent en deux familles distinctes suivant les valeurs de $b/a$. Ce résultat a été obtenu par l'étude de deux cas limites opposés : le magnétron plan et le magnétron cylindrique de rapport $b/a \gg 1$.

On considère généralement le magnétron plan comme cas limite du magnétron cylindrique quand $b/a$ tend vers 1. Ceci n'est exact en toute rigueur que si $a$ tend simultanément vers l'infini, la différence $b - a$ tendant vers une limite finie. Nous insistons sur cette difficulté car tous les auteurs ont, jusqu'à maintenant, espéré représenter les cas pratiques où $b/a$ est voisin de 1 et $a$ fini par l'approximation plane; méthode qui, évidemment, ne peut être que grossière pour l'étude des magnétrons réels qui fonctionnent, en général, avec $b/a$ voisin de 2. Mais cette méthode est même radicalement fausse et conduit à des résultats qualitativement inexacts. Il importe d'aborder l'étude des magnétrons où $b/a$ est peu supérieur à 1 en partant des équations complètes du cas cylindrique. Nous réservons pour une publication ultérieure le détail des calculs qui sont assez longs. Voici l'exposé des principaux résultats :

1. *Il existe une valeur critique du rapport $b/a$ pour laquelle le régime bidromique se confond identiquement avec le régime de Brillouin.* Cette valeur est voisine de 1,83. Quand $b/a < 1,83$ le régime de Brillouin est seul possible. Quand $b/a > 1,83$, les deux régimes sont possibles et diffèrent d'autant plus que $b/a$ est plus éloigné de la valeur critique.

2. Dans le régime bidromique, on peut définir le temps de transit de la cathode à la surface de coupure. L'intégrale $\tau$ qui exprime ce temps est convergente : le temps de transit est fini. Mais si $b/a$ tend vers 1,83, $\tau$ croît indéfiniment. Or, la vitesse angulaire des électrons proportionnelle à $\Omega(r/a - a/r)$ ne s'annule que sur la cathode. Il en résulte que les trajectoires comportent alors un grand nombre de révolutions; *les arceaux du régime bidromique se transforment progressivement en spirales.*

3. Quand $b/a$ est légèrement supérieur à la valeur critique, le nuage électronique bidromique comprend plusieurs *anneaux intermédiaires de densité maximum* (A, B, C sur la figure 1).

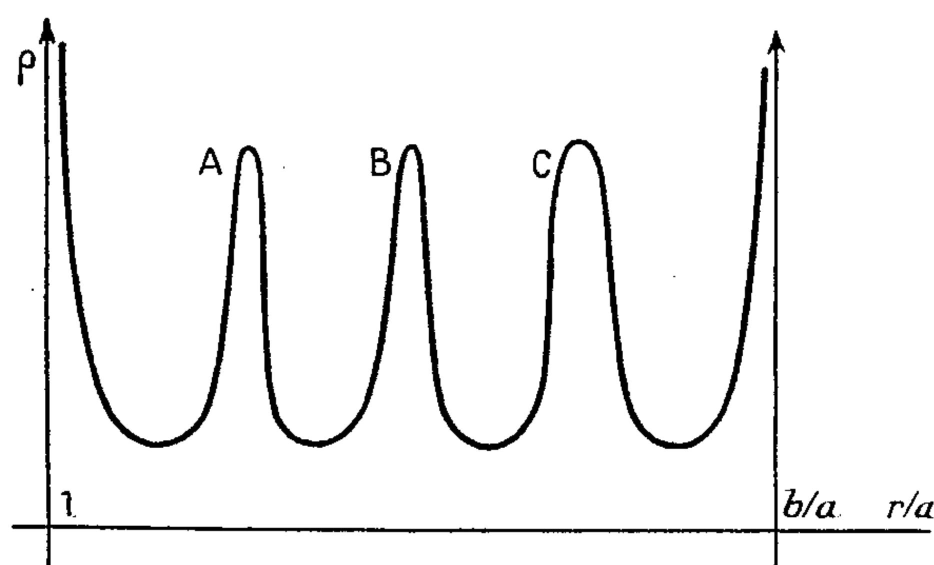
Quand $b/a$ tend vers la valeur critique, le nombre des anneaux tend vers l'infini, l'intervalle occupé par chacun d'eux tendant vers zéro. De plus, *entre deux anneaux consécutifs, la distribution de charge d'espace est celle d'un magnétron plan.*

---

(1) G.-A. Boutry et J.-L. Delcroix, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1413.

(2) J.-L. Delcroix, et G.-A. Boutry, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1653.

4. Le magnétron cylindrique correspondant à la valeur critique de $b/a$ est en quelque sorte formé par la juxtaposition d'une infinité de magnétrons plans. Si $a$ est fini, chaque magnétron plan n'occupe qu'un intervalle infiniment petit. Mais on peut faire tendre $a$ vers l'infini de telle façon que chacun de ces intervalles devienne fini. Le régime bidromique classique du magnétron plan s'obtient alors en ne conservant de la distribution de charge d'espace que la première période. Il en résulte alors un temps de transit fini. On voit donc que *le passage à la limite ne conduit à aucun résultat paradoxal s'il est fait correctement.*




SPECTROSCOPIE. — *Excitation de quelques nouvelles raies permises et interdites de* Al I *dans l'ultraviolet.* Note de M. **Schame Weniger** et Mme **Renée Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une décharge par arc entre électrodes d'aluminium dans une atmosphère d'azote on a pu mettre en évidence des termes élevés de la série diffuse en absorption et la présence de transitions interdites favorisées par la grande densité de charges spatiales règnant dans l'arc.

Nous nous proposons de donner ici quelques résultats relatifs aux phénomènes lumineux qui se produisent dans une décharge par arc entre électrodes d'aluminium dans une atmosphère d'azote. La pression de l'azote a varié de 1 à 80 kg : cm² et le courant de 4 à 50 A. On observe surtout, en dehors du fond continu, des raies de AlI. Celles-ci sont complexes : on a une raie d'émission un peu élargie à laquelle se superpose une absorption fine et un fond continu entourant la raie qui présente en général une dégradation vers le rouge (spectre $b$ de la figure, doublet 2652-2660). Les rapports de ces différentes composantes sont variables suivant les conditions.

A la pression atmosphérique et pour un courant d'une dizaine d'ampères, l'absorption peut être suivie jusqu'à 2090 Å au moins. On observe alors une série de raies en dessous de 2145 Å qui ne figurent pas dans les tables. Les

longueurs d'onde sont données dans le tableau I (colonne 5). L'aspect du spectre (spectre *a* de la figure) ainsi que les écarts entre les raies d'un doublet semblent indiquer qu'il s'agit de termes supérieurs de la série diffuse. Pour le vérifier nous avons tenté d'établir une formule représentant cette série. On sait qu'il s'agit d'une série anormale difficile à représenter par une formule. Nous en avons déterminé deux :

$$(1)\qquad \nu = 48\,279,16 - \frac{109\,678,3}{\left[m + 0,08202 - \dfrac{1,14345}{m} + \dfrac{10,01505}{m^2} - \dfrac{11,06438}{m^3}\right]^2}$$

(extension de la formule de Hicks)

$$(2)\qquad \nu = 48\,279,16 - \frac{109\,737,1}{\left[n - 0,980532 + \dfrac{5,521644}{n^2}\right]^2}$$

(formule de Rydberg-Ritz).

Conformément à ce que l'on sait sur les séries anormales, ces formules représentent bien les termes supérieurs seulement. L'ensemble des longueurs d'onde calculées et mesurées figure dans le tableau I.

TABLEAU I.

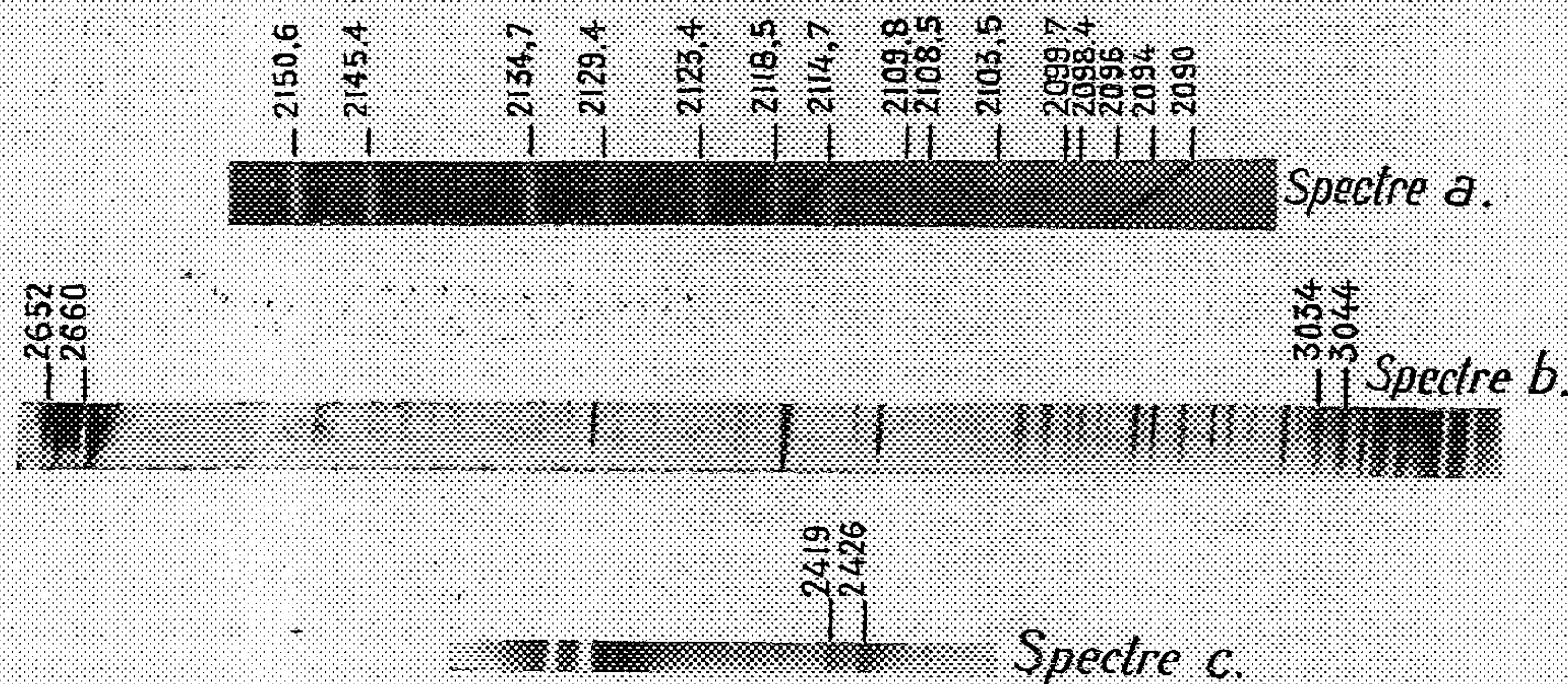
| n°. | Calculé formule (1). | Calculé formule (2). | Tables. | Mesures des auteurs. | n°. | Calculé formule (1). | Calculé formule (2). | Tables. | Mesures des auteurs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3... | 3092,9 | – | 92,8 | – | 10... | 2134,3 | – | 34,7 | 34,3 |
| | 3082,2 | 80,8 | 82,1 | – | | 2129,5 | 29,4 | 29,4 | 29,4 |
| 4... | 2583,2 | – | 75,1 | – | 11... | 2123,3 | – | 23,4 | 23,1 |
| | 2575,7 | 90,9 | 68,0 | – | | 2118,2 | 18,2 | 18,5 | 18,0 |
| 5... | 2375,0 | – | 75,0 | – | 12... | 2114,9 | – | – | 14,7 |
| | 2368,7 | 70,3 | 67,1 | – | | 2109,8 | 9,8 | – | 9,8 |
| 6... | 2269,1 | – | 69,1 | – | 13... | 2108,5 | – | – | 8,5 |
| | 2263,3 | 62,9 | 63,4 | – | | 2103,5 | 3,5 | – | 3,5 |
| 7... | 2209,9 | – | 10,0 | – | 14... | 2103,6 | – | – | 3,5 |
| | 2204,4 | 3,9 | 4,6 | – | | 2098,6 | 98,6 | – | 98,4 |
| 8... | 2173,9 | – | 74,0 | – | 15... | 2099,7 | – | – | 99,0 |
| | 2168,6 | 68,2 | 68,8 | – | | 2094,8 | 94,8 | – | (94) |
| 9... | 2150,6 | – | 50,6 | 50,6 | | | | | |
| | 2145,4 | 45,2 | 45,4 | 45,4 | | | | | |

On observe également des raies vers 2096 et 2091 qui correspondent à $n = 16$. A partir de $n = 6$ (2263-2269) l'accord est bon entre les longueurs d'onde calculées par les formules et mesurées. On observe également, quel que soit la pression ou le courant, des doublets dégradés dont l'intervalle est de 112 $cm^{-1}$ que nous avons attribués à des transitions interdites par la règle de sélection odd-even. Nous avons porté dans le tableau II, les longueurs d'onde mesurées et calculées ainsi que les transitions correspondantes.

TABLEAU II.

| Mesuré. | Calculé. | Transition. | Mesuré. | Calculé. | Transition. |
|---|---|---|---|---|---|
| 3033,8 | 3034,04 | $3p\,^2P^0_{\frac{1}{2}} - 4p\,^2P^0_{\frac{1}{2}}$ | (2307,7) | 2306,9 | $3p\,^2P^0_{\frac{1}{2}} - 6p\,^2P^0_{\frac{1}{2}}$ |
| – | 3032,58 | $\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ | – | 2306,74 | $\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ |
| – | 3044,39 | $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ | (2313,0) | 2312,88 | $1\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ |
| 3042,9 | 3042,92 | $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ | – | 12,72 | $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ |
| 2419,4 | 2419,47 | $3p\,^2P^0_{\frac{1}{2}} - 4f\,^2F^0$ | (2281,0) | 2280,8 | $3p\,^2P^0_{\frac{1}{2}} - 5f\,^2F^0$ |
| 2426,0 | 2426,05 | $1\frac{1}{2}$ | – | 2286,6 | $1\frac{1}{2}$ |

*Nota.* — La raie $3p\,^2P^0_{\frac{1}{2}} - 5p\,^2P^0$ existe mais est très faible et difficile à mesurer.




Les plus caractéristiques sont les deux premières qui sont reproduites sur les spectres *b* et *c* de la figure. L'apparition de ces raies interdites est due ici à une transition forcée par le champ électrique produit par la grande densité de charges existant dans l'arc. L'effet de ce champ est d'ailleurs mis en évidence par la forte dégradation des raies interdites. Le doublet 2419-26 apparaît en effet comme de véritables bandes dégradées vers le rouge.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres ultraviolets de l'aneurine et de la cocarboxylase en présence de pyruvate d'éthyle et d'un mélange d'acétaldéhyde et d'acide pyruvique.* Note (*) de Mlle CHRISTIANE DE LOZÉ, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les spectres ultraviolets de l'aneurine et de la cocarboxylase présentent deux bandes dont les maxima varient suivant le pH. Nous avons

(*) Séance du 11 juin 1951.

signalé dans une précédente Note que la présence d'acide pyruvique atténuait puis faisait disparaître la bande de plus courte longueur d'onde en milieu acide, les deux bandes en milieu alcalin [1].

A l'aide du même appareil et avec les mêmes techniques, nous avons étudié les spectres de l'aneurine et de la cocarboxylase en présence de pyruvate d'éthyle puis d'acétaldéhyde.

La cocarboxylase et l'aneurine étaient employées respectivement aux concentrations de 50 mg pour 2 500 $cm^3$ et 40 mg pour 2 500 $cm^3$ et la solution examinée sous 2 $cm^3$ d'épaisseur. Le pyruvate d'éthyle et l'acétaldéhyde, en raison de leur instabilité en solution, étaient dilués immédiatement avant chaque expérience.

*Résultats.* — 1° Le pyruvate d'éthyle, pour un rapport moléculaire pyruvate/cocarboxylase de 30, ne modifie en rien la courbe d'absorption : on retrouve inchangée à pH 7 comme à pH 5 les deux bandes caractéristiques. Rappelons que pour le même rapport, l'acide pyruvique faisait disparaître la bande de 2 400 Å à pH 5 et diminuait fortement les deux bandes de 2 300 et 2 700 Å à pH 7.

Si toutefois on laisse saponifier le pyruvate d'éthyle par un séjour prolongé en solution, on constate une modification très analogue à celle produite par une faible concentration d'acide pyruvique.

La différence d'action des deux corps sur le spectre de la cocarboxylase semblerait donc parallèle à leur différence de structure, le bloquage de la fonction acide par estérification rendant le pyruvate inactif vis-à-vis de la cocarboxylase.

2° On sait que la décarboxylation de l'acide pyruvique en milieu acide, grâce à la carboxylase de levure, conduit à l'acétaldéhyde. Ce produit de dégradation n'a aucun effet propre sur le spectre de la cocarboxylase; même pour un rapport moléculaire acétaldéhyde/cocarboxylase de 2 300, on obtient toujours à pH 3 et pH 5 les bandes caractéristiques du coferment.

D'autre part, la présence d'acétaldéhyde n'empêche pas l'effet de l'acide pyruvique. Si l'on examine une solution contenant de la cocarboxylase en présence d'un excès d'acide pyruvique à laquelle on a ajouté 70 molécules d'acétaldéhyde pour une molécule d'acide pyruvique, les modifications spectrales de la cocarboxylase persistent inchangées.

En somme, il apparaît que l'action de l'acide pyruvique sur le spectre de la cocarboxylase et de l'aneurine est conditionné par la présence de la fonction acide libre. Lorsqu'elle est bloquée par estérification, le phénomène ne se produit pas.

D'autre part, l'acétaldéhyde, produit de la décarboxylation enzymatique

---

(1) H. Lenormant et C. de Lozé, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1426.

dont la cocarboxylase est le coenzyme, n'a pas d'effet propre sur le coferment et ne gêne pas l'inter-réaction coferment-acide pyruvique, du moins dans les conditions expérimentales forcément assez limitées.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Variation thermique de l'effet Faraday dans l'oxygène liquide.* Note de M. **François Gaume**, présentée par M. Jean Cabannes.

Deux mesures seulement, à notre connaissance, ont été publiées concernant l'effet Faraday dans l'oxygène liquide. Harms (¹) indique, pour le rapport des rotations magnétiques de l'oxygène liquide et du sulfure de carbone, la valeur 0,20 avec une erreur possible de 10 %. Chaudier (²) a mesuré la constante de Verdet de l'oxygène liquide pour plusieurs longueurs d'onde. Il trouve en particulier $\Lambda = 0{,}782 . 10^{-2}$ pour $\lambda = 5\,890$ Å, et $\Lambda = 0{,}862 . 10^{-2}$ pour $\lambda = 5\,461$ Å. Mais, la température et la composition du liquide utilisé ne sont pas connues exactement, et la variation thermique n'est pas mesurée. Cette variation présentant un grand intérêt en raison du caractère paramagnétique de l'oxygène, il nous a semblé utile de l'étudier.

Les mesures sont effectuées dans le Grand Électro-Aimant de Bellevue, pour la longueur d'onde 5 461 Å, au moyen du vase Dewar construit et utilisé par M. Lainé pour ses mesures de biréfringence magnétique (³). L'oxygène utilisé, chimiquement pur, est préparé par chauffage du permanganate de potassium pur. La température est mesurée au moyen d'un thermomètre à tension de vapeur d'oxygène, à moins de 0°,1 près (sauf pour la température la plus basse pour laquelle l'imprécision est de l'ordre de ± 0°,2), d'après les tables de tensions de vapeur de l'oxygène publiées par Cath (⁴). Les rotations magnétiques sont déterminées par comparaison avec celle de l'eau pure (⁵). Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique $[\Lambda] = \Lambda/d$ est calculé d'après les mesures de densité de Mathias et Kamerlingh Onnes (⁶) qui semblent les plus précises, et la rotativité magnétique (⁷) d'après les mesures d'indices de réfraction de Johns et Wilhelm (⁸) pour la raie $\lambda = 5\,461$ Å.

L'erreur possible sur les valeurs de la constante de Verdet est de l'ordre de deux ou trois unités du dernier chiffre significatif. Elle est plus élevée pour le pouvoir rotatoire magnétique spécifique et pour la rotativité, dont le calcul fait intervenir d'autres résultats.

(¹) *Phys. Z.*, 4, 1902, p. 158.
(²) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1008 et 1529.
(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1218 et 1594.
(⁴) Comm., Leiden, nº 152 *d*, 1917.
(⁵) R. de Mallemann, P. Gabiano et F. Suhner, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 837.
(⁶) Comm., Leiden, nº 117, 1911.
(⁷) R. de Mallemann, *Ann. Phys.*, 11ᵉ série, 17, 1942, p. 360.
(⁸) *Can. Journ. of Research*, 15, sect. A, 1937, p. 101.

| Température (en °K). | Pression de vapeur de l'oxygène (mm de mercure). | Constante de Verdet Λ (mn : gauss.cm). | Pouvoir rotatoire magnétique spécifique [Λ]. | Rotativité $\frac{[\Lambda].9n}{(n^2+2)^2}$. |
|---|---|---|---|---|
| 63,4 .......... | 12 | $10^{-2}$.0,945 | $10^{-2}$0,743 | |
| 67,7 .......... | 30 | 0,918 | 0,732 | $10^{-2}$.0,651 |
| 71,0 .......... | 56 | 0,894 | 0,722 | 0,643 |
| 74,6 .......... | 101 | 0,872 | 0,714 | 0,637 |
| 78,4 .......... | 179 | 0,849 | 0,705 | 0,630 |
| 79,6 .......... | 209 | 0,842 | 0,702 | 0,628 |
| 84,8 .......... | 412 | 0,808 | 0,689 | 0,618 |
| 89,2 .......... | 685 | 0,783 | 0,680 | 0,612 |
| 90,1 .......... | 753 | 0,776 | 0,677 | 0,610 |
| 92,2 .......... | 937 | 0,761 | 0,670 | 0,604 |
| 93,4 .......... | 1 061 | 0,753 | 0,668 | |
| 94,6 .......... | 1 181 | 0,747 | 0,666 | |

Les résultats montrent que la constante de Verdet Λ est une fonction rapidement décroissante de T, et sensiblement linéaire dans le domaine étudié. La décroissance est moins rapide, mais encore importante pour le pouvoir rotatoire magnétique spécifique [Λ] et même pour la rotativité. En particulier, il est intéressant de remarquer que la variation thermique de [Λ] à basse température est de même sens que celle, très faible, observée sur le gaz par MM. De Mallemann, Suhner et Grange [9]. On constate, comme on pouvait s'y attendre, que la rotativité, sensiblement constante pour une substance diamagnétique, même lors des changements d'état, varie beaucoup pour un corps paramagnétique comme l'oxygène, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

| Substances. | État. | Température (°C). | Pression (mm de mercure). | Rotativité pour la raie verte λ = 5461 Å (mn:gauss.cm) |
|---|---|---|---|---|
| Chlorure d'éthyle [10] ....... | liquide | 1,5 | – | $10^{-2}$.1,36 |
| | gaz | 30,25 | 979 | 1,41 |
| Benzène [10] .............. | liquide | 20 | – | 2,97 |
| | gaz | 85 | 742 | 2,99 |
| Anhydride sulfureux [10] .... | liquide | – | – | 1,19 |
| | gaz | 31,5 | 2 134 | 1,17 |
| (Substances diamagnétiques.) | | | | |
| Oxygène .................. | liquide | −205,4 | 30 | 0,651 |
| | » | −180,9 | 937 | 0,604 |
| | gaz [9] | +7,5 | 3 102 | 0,397 |
| | » | 64 | – | 0,393 |
| (Substance paramagnétique.) | | | | |

---

(9) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1049.
(10) P. Gabiano, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 68.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détermination, au moyen des spectres d'absorption infrarouges du degré de polymérisation de sels métalliques minéraux.* Note de MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que les spectres d'absorption infrarouges de polymères organiques, liquides ou solides, varient avec le degré de polymérisation, cette transformation ayant été signalée, pour la première fois par l'un de nous, il y a une douzaine d'années à propos du cyclopentadiène. Pour les composés minéraux en dehors de métaphosphates, à notre connaissance, aucune application de ce genre ne semble avoir encore été faite.

Poursuivant systématiquement l'examen des sels minéraux, nous avons étudié, à l'état de poudres, par la méthode habituelle, *des nitrites, des chlorites et des métaborates métalliques,* qui renferment tous le groupement $XO_2$. Il n'y a aucune difficulté à identifier, dans le cas des nitrites et des chlorites, les deux vibrations de valence et la vibration de déformation de l'ion $XO_2$, considéré comme un modèle angulaire à trois masses : les interprétations seront données dans un autre recueil. Par contre, avec les métaborates, qui n'avaient pas été étudiés antérieurement dans l'infrarouge, le nombre des bandes mesurées entre 6 et 16 μ dépasse de beaucoup celui que l'on attendrait. Il atteint, en particulier, une dizaine, dont cinq correspondent à une absorption intense avec le métaborate de baryum. *Cette multiplication des régions d'opacité est incompatible avec l'existence d'un ion aussi simple que* $BO_2$.

*Pour des produits fraîchement préparés,* nous pensons qu'il faut considérer une formule double $(BO_2)_2$. Nous ne pouvons pas choisir, pour $BO_2$, entre le modèle linéaire symétrique, proposé par J. R. Nielsen et N. E. Ward [1], ou un modèle angulaire symétrique; mais nous devons admettre que les deux ions $BO_2$ sont accouplés de manière à ce que l'ensemble possède un centre de symétrie. Dans ces conditions, le spectre sera évidemment plus complexe que si l'on considère un seul ion et il correspond assez bien à ce que nous avons observé. Deux bandes entre 1250 et 1350 $cm^{-1}$ s'interprètent comme des vibrations de valence et une bande vers 815 $cm^{-1}$ comme une vibration de déformation symétrique des deux ions $BO_2$ couplés. L'identification d'une vibration gauche vers 1000-1036 $cm^{-1}$ est moins sûre.

Passant à des *métaborates de préparation ancienne,* le spectre infrarouge se modifie totalement. Avec un échantillon de métaborate de plomb, obtenu et analysé par l'un de nous il y a une vingtaine d'années, il apparaît une bande nouvelle, extrêmement large (elle s'étend sur 150 $cm^{-1}$ environ), dont le centre se trouve approximativement vers 950 $cm^{-1}$. Les métaborates de baryum et de sodium possèdent aussi, dans la même région, une bande d'absorption

---

[1] *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 201.

qui n'existe pas avec le produit frais. De même les maxima, que nous avons attribués ci-dessus aux vibrations de valence ou de déformation de $BO_2$, disparaissent avec les produits anciens ou bien sont nettement déplacés. Nous pensons qu'il ne s'agit plus de $(BO_2)_2$, comme pour un composé qui vient d'être obtenu, mais de $(BO_2)_n$. La polymérisation d'ailleurs se présente comme plus rapide pour le sel de baryum que pour celui de plomb. Pour le sel de sodium commercial, dont la date de préparation nous est inconnue, à côté de $(BO_2)_n$ subsiste encore une certaine proportion de $(BO_2)_2$.

Pour voir s'il ne serait pas possible d'attribuer à la présence d'impuretés la multiplication des bandes des métaborates métalliques, nous avons étudié le spectre infrarouge du borax et d'orthoborates métalliques : si ces substances existent dans les métaborates, elles ne s'y trouvent qu'à l'état de traces.

Mais, *avec les orthoborates; nous avons retrouvé le même phénomène qu'avec les métaborates : les bandes sont beaucoup trop nombreuses pour qu'il puisse s'agir de l'ion* $BO_3$. Précédemment, M. K. Sen et A. K. Sen-Gupta ([2]) avaient déjà étudié six ortho-borates dans notre région (6-15 μ); et, malgré la douzaine de bandes qu'ils avaient observées en moyenne, ils avaient cru pouvoir adopter pour l'ion $BO_3$ une structure plane et symétrique (B au centre d'un triangle équilatéral formé par les trois O). Nos résultats ne nous permettent pas de décider si cet ion $BO_3$ se présente comme réellement plan ou comme pyramidal, mais certainement, dans les orthoborates, il existe sous la forme d'un polymère, tel que $(BO_3)_2$. Remarquons toutefois que le couplage a lieu, non plus comme avec $(BO_2)_2$ de manière à faire apparaître un sens de symétrie, mais de telle sorte à ce qu'il n'existe pas de centre de symétrie, afin d'obtenir un plus grand nombre de vibrations actives en absorption.

Si l'on admet cette hypothèse, on trouve bien, entre 1000 et 1450 $cm^{-1}$, quatre régions de forte absorption, qui proviennent des vibrations de valence des deux ions $BO_3$ couplés, et quatre vibrations de déformation entre 720 et 900 $cm^{-1}$ environ. (Si l'on adopte une structure plane de $BO_3$, ces dernières se partagent en deux planes et deux gauches). Les quatre vibrations restantes sont à chercher vers des fréquences plus basses que celles que nous pouvons atteindre. Les ordres de grandeur, que nous avons adoptés pour ces différentes vibrations, semblent raisonnables, quand on les compare aux résultats pour d'autres ions $XO_3$, en particulier pour les dithionates métalliques, que nous avons étudiés précédemment ([3]). Seulement, étant donné la différence des poids atomiques de S et B, il est normal de trouver, pour les mêmes vibrations de $(SO_3)_2$ et de $(BO_3)_2$, des nombres d'ondes plus faibles dans le cas des borates. De plus, pour les dithionates, il s'agit de deux pyramides $SO_3$, réunies par les deux atomes de soufre de manière à faire apparaître, soit un

---

([2]) *Indian J. Phys.*, 9, 1935, p. 433.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 376.

centre de symétrie, soit un axe ternaire, tandis que, pour les orthoborates, nous avons spécifié qu'il s'agissait d'un couplage ne faisant pas intervenir de tels éléments de symétrie.

Il reste d'ailleurs un certain nombre de régions d'absorption plus faibles qui échappent à notre classification, ce qui permet de ne pas exclure de plus hauts polymères comme $(BO_3)_3$.

Ainsi donc, un simple dénombrement des bandes d'absorption infrarouges, situées entre 6 et 15 μ environ, permet-il de déceler la polymérisation de sels minéraux, comme le méta- ou les ortho-borates, même dans le cas où les méthodes habituellement utilisées pour la mesure des masses moléculaires ne s'appliquent pas.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la diffusion en arrière des électrons.* Note de MM. **Georges Charpak** et **Francis Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons décrit dans plusieurs Notes ([1]) nos expériences relatives à la diffusion en arrière du rayonnement β, dans un angle solide 2π, par la feuille d'aluminium servant de support à la source radioactive. Nous avions étudié la montée rapide à ses débuts de la courbe donnant la proportion de rayonnement diffusé en arrière en fonction de l'épaisseur du support pour les radioéléments β, $^{60}Co$, $^{22}Na$ et $^{32}P$; ayant obtenu ces mêmes courbes pour les émetteurs électroniques $^{99}Tc^*$ et $^{115}In^*$ nous avions trouvé qu'elles étaient incompatibles avec celles des radioéléments β en tenant compte de la forme connue de leurs spectres énergétiques; c'est pourquoi nous avions dans ces Notes ([1]) émis l'hypothèse que la particule β pourrait être un électron excité, dont la perte de l'énergie d'excitation par chocs entraînerait une diffusion différente de celle des électrons. Afin d'éliminer les erreurs qui peuvent s'introduire en calculant l'influence des électrons très peu énergiques des spectres β ou ceux des électrons Auger dans le cas des isomères, nous avons repris les expériences ([2]) de la façon suivante.

La source était déposée sur une feuille d'aluminium d'épaisseur $x$ et mise en sandwich entre celle-ci et une feuille d'aluminium d'épaisseur $h$ variable; le rayonnement compté à travers $x$ permettait d'obtenir la proportion diffusée en arrière dans un angle solide 2π par la feuille d'épaisseur $h$ en fonction de $h$. Les électrons dont le parcours est inférieur à $x$ n'interviennent pas et de plus la mesure effective pour $h = 0$ est possible, ce qui évite l'extrapolation qui était nécessaire dans les premières expériences. Nous appelons $P(x)$ l'ordonnée de la courbe ainsi obtenue pour la valeur $h = 1$ mg:cm² d'aluminium; $P(x)$ est

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1471; **232**, 1951, p. 322 et 720.

([2]) *Journal de Physique* (sous presse).

donc la proportion (exprimée en pour-cent) de rayonnement diffusé en arrière par 1 mg:cm² à travers $x$ mg:cm². Nous appelons de même $\sigma(x)$ la proportion de rayonnement diffusé en arrière à travers $x$ mg:cm² par une épaisseur saturante d'aluminium. L'étude en fonction de $x$ des nuclides $^{35}$S, $^{60}$Co et $^{32}$P ainsi que la connaissance des spectres de ces nuclides et de l'absorption par $x$ mg:cm² d'aluminium nous a permis d'obtenir sans grande ambiguïté les fonctions $P(x)$ pour des raies $\beta$ monocinétiques. Nous avons trouvé par exemple pour une raie $\beta$ de 120 keV :

$$P(1) = 21{,}5 \pm 2\,\%, \qquad P(6) = 18 \pm 2\,\%, \qquad P(10) = 11 \pm 2\,\%.$$

Les premières expériences publiées que nous avions faites avec le $^{99}$Tc* donnaient $P(1) = 10 \pm 2\,\%$ et $\sigma(6) = 15\,\%$ (les erreurs indiquées sont de caractère statistique). Utilisant une source de $^{99}$Tc* dont la préparation avait été améliorée, nous avons obtenu les courbes de diffusion en arrière pour la raie électronique de 120 keV à travers $x = 1$ et $x = 6$ mg : cm² d'aluminium; ces nouvelles expériences nous ont donné

$$P(1) = 23 \pm 1\,\%, \qquad P(6) = 20{,}5 \pm 1\,\% \qquad \text{et} \qquad \sigma(6) = 29\,\%.$$

Un accord entre rayonnement $\beta$ et électrons du même ordre que celui ainsi obtenu pour une énergie de 120 keV a été trouvé pour l'énergie de 320 keV en utilisant les électrons émis par le nuclide $^{115}$In*; il en résulte que l'hypothèse que nous avions avancée ne trouve aucune justification dans l'étude de la diffusion en arrière des électrons. L'écart de 13 à 14 % entre les deux expériences sur le $^{99}$Tc* pour $P(1)$ et $\sigma(6)$ s'explique par le fait que la première source n'était pas absolument sans matière et qu'une diffusion très importante se produisait dans la matière elle-même de la source faussant ainsi considérablement les résultats. Nous n'avons pas tenu compte dans les valeurs numériques précédemment indiquées du gaz se trouvant derrière la source (8 cm argon + 1 cm alcool); il faudrait le faire pour obtenir une valeur absolue de la proportion de rayonnement diffusé en arrière dans un angle solide $2\pi$.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Discussion d'une mesure de la diffusion multiple coulombienne.* Note de M. **Claude Marboux**, transmise par M. Louis Leprince-Ringuet.

Une mesure de la diffusion multiple faite sur la trajectoire laissée dans l'émulsion photographique par une particule de grande énergie est toujours entachée d'une erreur expérimentale dont les causes sont discutées. Comme (1) on étudie certaines conditions expérimentales requises par notre méthode pour obtenir la meilleure estimation de la diffusion mesurée.

*Introduction.* — Le résultat d'une mesure de la diffusion multiple faite sur

(1) J. E. Moyal, *Phil. Mag.*, octobre 1950, p. 1058-1077.

la trajectoire d'une particule du rayonnement cosmique, effectuée dans les conditions précédemment décrites ([2]), se traduit par une série de $n$ nombres donnant les valeurs des pentes de $n$ petites cordes projetées sur un plan vertical, joignant $n$ points équidistants, séparés chacun par une longueur $s$ (cellule de diffusion), comptée sur un axe sensiblement parallèle à la direction moyenne de la trace.

Si T est la longueur totale de trajectoire analysée, on a $T = ns$. Chacune de ces pentes est connue à une certaine approximation près qui dépend des qualités de l'appareil d'observation, de la dispersion des grains autour de la trajectoire et des déformations accidentelles de la gélatine apparues au cours du développement de l'émulsion.

Appelons : $\alpha_i$ la valeur expérimentale de la pente au point d'abscisse $is$, $\alpha'_i$ la valeur vraie de la pente en ce point; $\alpha''_i$ l'erreur commise sur la mesure de cette pente; alors

$$\alpha_i = \alpha'_i + \alpha''_i.$$

Dans ces conditions, la différence des valeurs observées de deux quelconques de ces pentes définit un angle de diffusion $\theta(ms) = \alpha_{i+m} - \alpha_i$ consécutif à la traversée d'une longueur de matière diffusante égale à $ms$ et affecté de son erreur de mesure $\theta_0 = \alpha''_{i+m} - \alpha''_i$. Le carré de la valeur quadratique moyenne d'un tel angle vaut

$$\bar{\theta}^2(ms) = \mathrm{K}s\left(m - \frac{1}{3}\right) + \bar{\theta}_0^2, \tag{I}$$

K étant la constante de Williams cherchée, inversement proportionnelle à l'énergie E de la particule, et $\bar{\theta}_0^2 = 4\sigma_z^2/s^2$, $\sigma_z$ définissant la précision de la mesure de chacune des cotes $z$ des paquets de grains observés.

*Détermination de la constante de diffusion.* — Du tableau des $\alpha_i$ on extrait $k$ estimations expérimentales de $\bar{\theta}^2(ms)$ correspondant aux valeurs successives de $m$ égales à 1, 2, ..., $j$, ..., $k$. Pour simplifier la marche des calculs, on fera porter les moyennes sur les valeurs absolues des $\theta(ms)$ en introduisant le facteur 0,8 habituel, ce qui atténue la contribution des angles anormalement grands qui ne correspondent plus à une répartition gaussienne ([3]).

Les différentes valeurs de $\bar{\theta}^2(ms)$ ainsi calculées sont portées sur un graphique ayant $ms$ en abscisse et $\bar{\theta}^2(ms)$ en ordonnées. Les points figuratifs se situent généralement autour d'une droite d'équation (I), et les paramètres de la droite la mieux adaptée sont ensuite calculés par la méthode des moindres carrés.

---

([2]) C. Mabboux, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1041.

([3]) G. Molière, *Z. Naturforschung*, 2*a*, 1947; 3*a*, 1948.

La pente donne la constante de diffusion cherchée K;

l'ordonnée à l'origine donne $\bar{\theta}_0^2 - Ks/3$;

l'écart entre la dispersion mesurée et la dispersion attendue des points autour de la droite, définit un critère de la qualité du développement de l'émulsion.

*Calculs d'erreurs.* — L'écart type sur l'ordonnée du premier point du graphique, d'abscisse $s$, ($m = 1$), vaut sensiblement :

$$\sigma[\bar{\theta}^2(s)] = \sqrt{\frac{32\sigma_\varepsilon^4}{Ts^3} + \frac{8K^2s^4}{9T}}. \tag{II}$$

On peut montrer ([4]) que les écarts types sur les ordonnées des points suivants, soit $\sigma[\bar{\theta}^2_{(2s)}], \ldots, \sigma[\bar{\theta}^2_{(ms)}]$, varient lentement avec $m$ suivant la loi

$$\sigma[\bar{\theta}^2_{(ms)}] = \sigma[\bar{\theta}^2_{(s)}]\sqrt{\frac{1}{2} + \frac{2m^2+1}{6m}}$$

sous réserve que $m < n$. Les poids statistiques des différents points figuratifs peuvent donc être considérés comme égaux, ce qui justifie l'application de la méthode des moindres carrés. Leur distribution obéissant à une loi de Gauss il est alors aisé d'estimer l'erreur commise sur la mesure de K.

*Cellule optimum.* — Il est intéressant de rechercher les conditions expérimentales qui rendent minimum la dispersion des points figuratifs. A cet effet, nous avons calculé la valeur de $s$ qui rend minimum l'expression (II), on trouve

$$\sigma[\bar{\theta}^2_{(s)}] = \frac{2}{\sqrt{n}}[\bar{\theta}^2_{(s)} - \bar{\theta}^2_0] \qquad \text{lorsque} \quad s^2 = \frac{6.\sigma_\varepsilon^2}{K}.$$

On voit que la valeur optimum de $s$ ainsi définie est indépendante de la longueur T de la trace analysée; elle dépend principalement de la précision de l'appareil de mesure et elle varie sensiblement comme la puissance 2/3 de l'énergie E de la particule par la présence du facteur de Williams K. Ainsi pour un proton ayant une énergie de 1 Bev observé avec notre microscope, on trouve une valeur optimum de $s$ voisine de 200 $\mu$. Cette expression est en bon accord avec les déterminations expérimentales de la cellule optimum faite par les auteurs ([5]) et les nôtres.

---

([4]) Nous avons utilisé pour ce calcul l'expression donnant la variance sur l'estimation de la variance de diffusion vraie calculée par Goldschmidt ([6]) et adaptée par L. Jauneau au cas où les moyennes portent sur les valeurs absolues des angles $\theta_{(ms)}$.

([5]) Y. Goldschmidt-Clermont et al., *Proc. Phys. Soc.*, 61, 1948, p. 183; U. Camerini, P. H. Fowler et al., *Phil. Mag.*, 1950, p. 169.

([6]) Communication privée (avril 1950).

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'absorption ultrahertzienne d'aluns et du sulfate d'ammonium et la représentation spectrale* $\log \nu_c$ — T. Note de Mme **Marie Freymann**, Mlle **Marie-Thérèse Rolland** et M. **René Freymann**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les auteurs ont observé que des aluns et le sulfate d'ammonium présentent de l'absorption, aux basses températures, dans le spectre ultrahertzien. Ils rendent compte de ce résultat grâce à la représentation spectrale $\log \nu_c$ — T et soulignent l'intérêt très général de cette représentation ($H_2O$, $U_3O_8$, $UO_2$, HBr, etc.).

1. *Aluns et sulfate d'ammonium.* — Étendant à l'ultrahertzien des recherches de Guillien (1), nous avons mesuré, entre 123 et 293° K, pour $\lambda = 3,138$ cm, l'absorption $\varepsilon''$ de divers sels. La figure 1 montre que le *sulfate d'ammonium* présente un maximum d'absorption vers 221° K, avec brusque *discontinuité vers les basses* températures [sens inverse pour les ondes kilométriques (1)]. Les *aluns d'*Al-$NH_4$ *et* Fe-$NH_4$ montrent également des maxima d'absorption vers 177 et 186° K. Par contre, les aluns Al-K et Cr-K ne manifestent pas d'absorption ultrahertzienne sensible, aux erreurs d'expérience près [d'ailleurs l'absorption en ondes kilométriques est très faible (1)]. Comme le prouve la figure 2, ces résultats prennent tout leur intérêt quand on les fait entrer dans le cadre des mesures d'absorption dans l'ensemble du spectre.

2. *Représentation spectrale* $\log \nu_c$ — T. — Portons en abscisses la température du maximum d'absorption T, en ordonnées le $\log_{10}$ de la fréquence critique $\nu_c$ correspondant à ce maximum d'absorption. La figure 2 montre que *l'absorption ultrahertzienne que nous signalions ci-dessus constitue le prolongement des données de Guillien relatives à des fréquences beaucoup plus basses.*

La représentation $\log \nu_c$ — T nous avait ainsi permis de prévoir l'absorption d'aluns et du sulfate d'ammonium. Nous avons été alors conduits à l'étendre à trois autres cas :

1° L'absorption de HBr étudiée par Powles (2).

2° Le problème des deux régions d'absorption de *l'eau solide et de l'eau adsorbée* sur actigel signalées précédemment (3).

3° Le problème des *oxydes d'uranium* : complétant des mesures antérieures (4), nous avons effectué, en liaison avec le Service de Chimie du

(1) *Cahiers Phys.*, **11**, 1942, p. 17 et 23, 1944, p. 43.

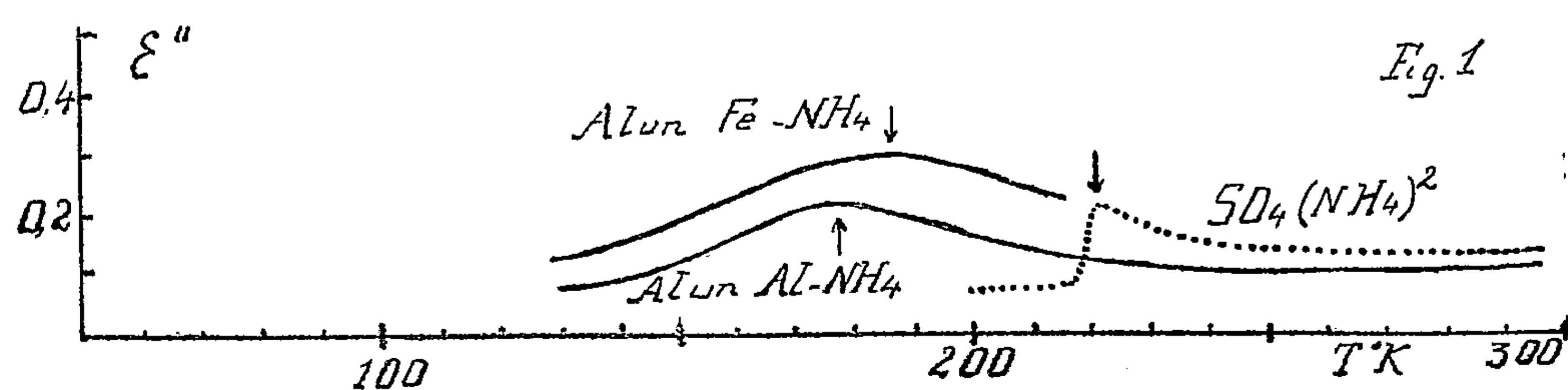
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 836.

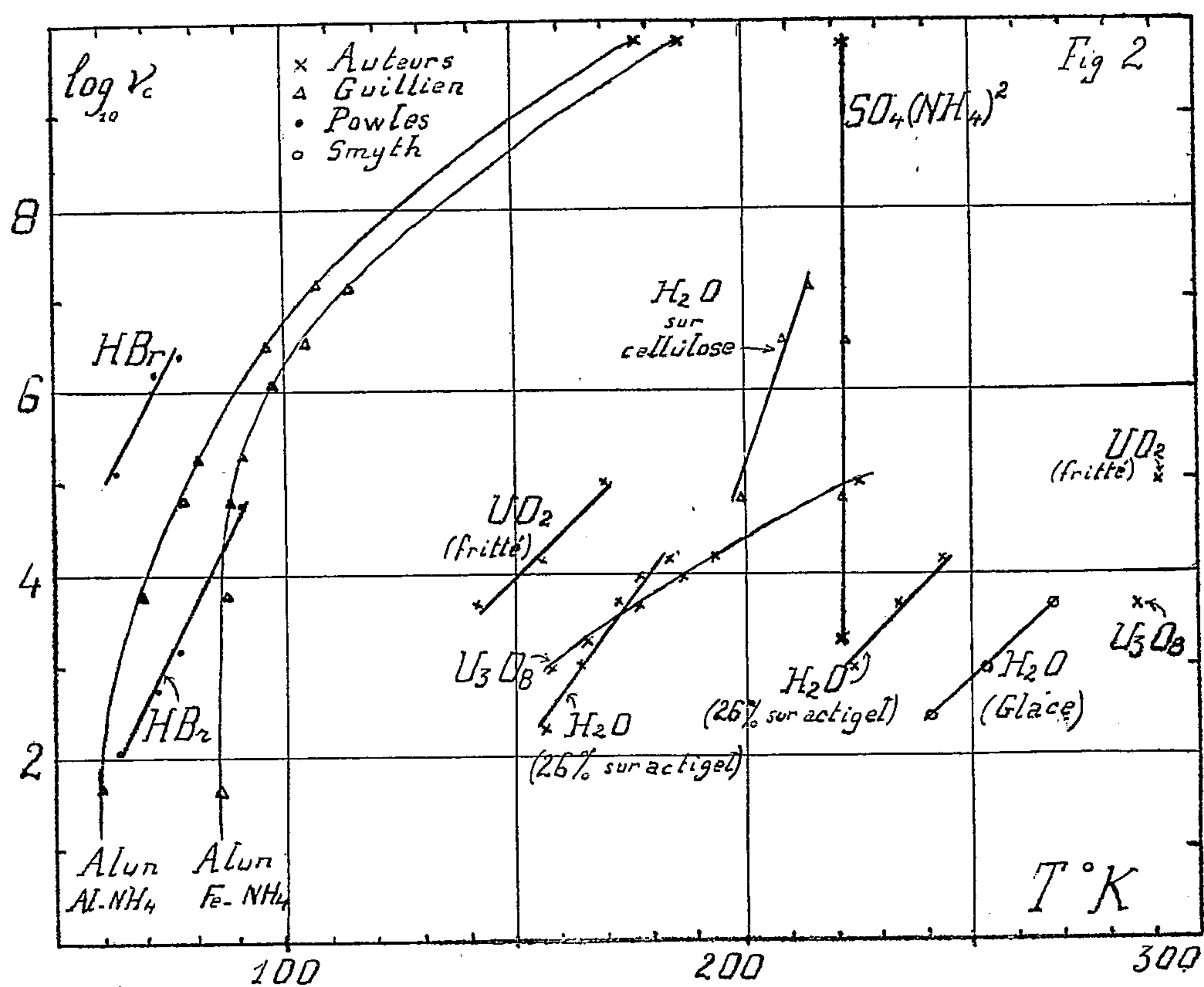
(3) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1096; Mlle M. T. Rolland et R. Bernard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1098.

Il est curieux que l'extrapolation, jusqu'à la température ordinaire, de certaines courbes relatives à l'eau conduise à la position du maximum de l'eau liquide (ultrahertzien).

(4) Mme Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2094; Day, Mme Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1013.

Commissariat à l'Énergie atomique, de nouvelles recherches qui seront publiées ultérieurement; la figure 2 résume quelques résultats relatifs à $U_3O_8$ et $UO_2$ (fritté).




Bien qu'il soit encore nécessaire de prolonger les courbes et les étendre à de nombreux autres composés, il apparaît dès maintenant que la représentation spectrale $\log \nu_c$ — T sera d'un emploi très général dans ces recherches; la théorie ([5]) en exige d'ailleurs l'utilisation.

([5]) Frohlich, *Theory of Dielectrics*, Clarendon Press, p. 78.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des fonctions ionisables sur la réactivité des liaisons peptidiques vis-à-vis des hydroxydes métalliques.* Note (*) de M. **Jacques Chouteau**, présentée par M. Pierre Jolibois.

J'ai récemment, avec H. Lenormant ([1]), apporté de nouveaux arguments en faveur de la fixation des ions bivalents sur la liaison peptidique et précisé les modifications spectrales provoquées par cette fixation et antérieurement décrites ([2]). Nous signalions en particulier que le sodium seul ne modifie en rien la courbe d'absorption infrarouge des peptides et des protéines, contrairement à ce qui se passe pour les dicétopipérazines [H. Lenormant ([3])].

L'objet de la présente Note est de montrer que cette distinction entre peptides linéaires et cyclique n'est pas aussi tranchée. En effet, en étudiant par spectrographie infrarouge des peptides courts tels que : glycylglycine, di- et triglycylglycine, j'ai constaté que ces peptides présentaient, traités par NaOH à pH 12-13, sensiblement les mêmes modifications spectrales qu'en présence de $Cu(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ et $Mg(OH)_2$ au même pH, contrairement à ce qui avait été observé pour l'acétylglycylglycyl-N-éthylamide.

$(CH_3-CONH-CH_2-CONH-CH_2-CONH-C_2H_5)$ ([1]).

Pour simplifier la comparaison, j'ai préparé un peptide semblable, ne différant du précédent que par la présence d'un groupement carboxyle terminal : l'acétyldiglycylglycine

$(CH_3-CONH-CH_2-CONH-CH_2-CONH-CH_2-COOH)$.

Ce produit fondant à 214° est obtenu en acétylant la diglycylglycine par le chlorure d'acétyle en milieu alcalin à basse température (— 5° C). Le rendement de cette acétylation est beaucoup plus faible et la réaction beaucoup plus sensible aux écarts de pH et de température que l'acétylation par le chlorure de chloracétyle, utilisé pour la préparation de la triglycyglycine par H. Fisher ([4]).

Ce peptide a été traité en solution aqueuse par NaOH, $Cu(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ et $Mg(OH)_2$ à pH 12-13 et examiné en lame sèche après évaporation sur lame de fluorine.

Le tableau ci-joint résume les résultats obtenus :

1° en présence d'ions divalents spectre (4-5-6) apparaissent des modifications

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) J. Chouteau et Lenormant, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1479.

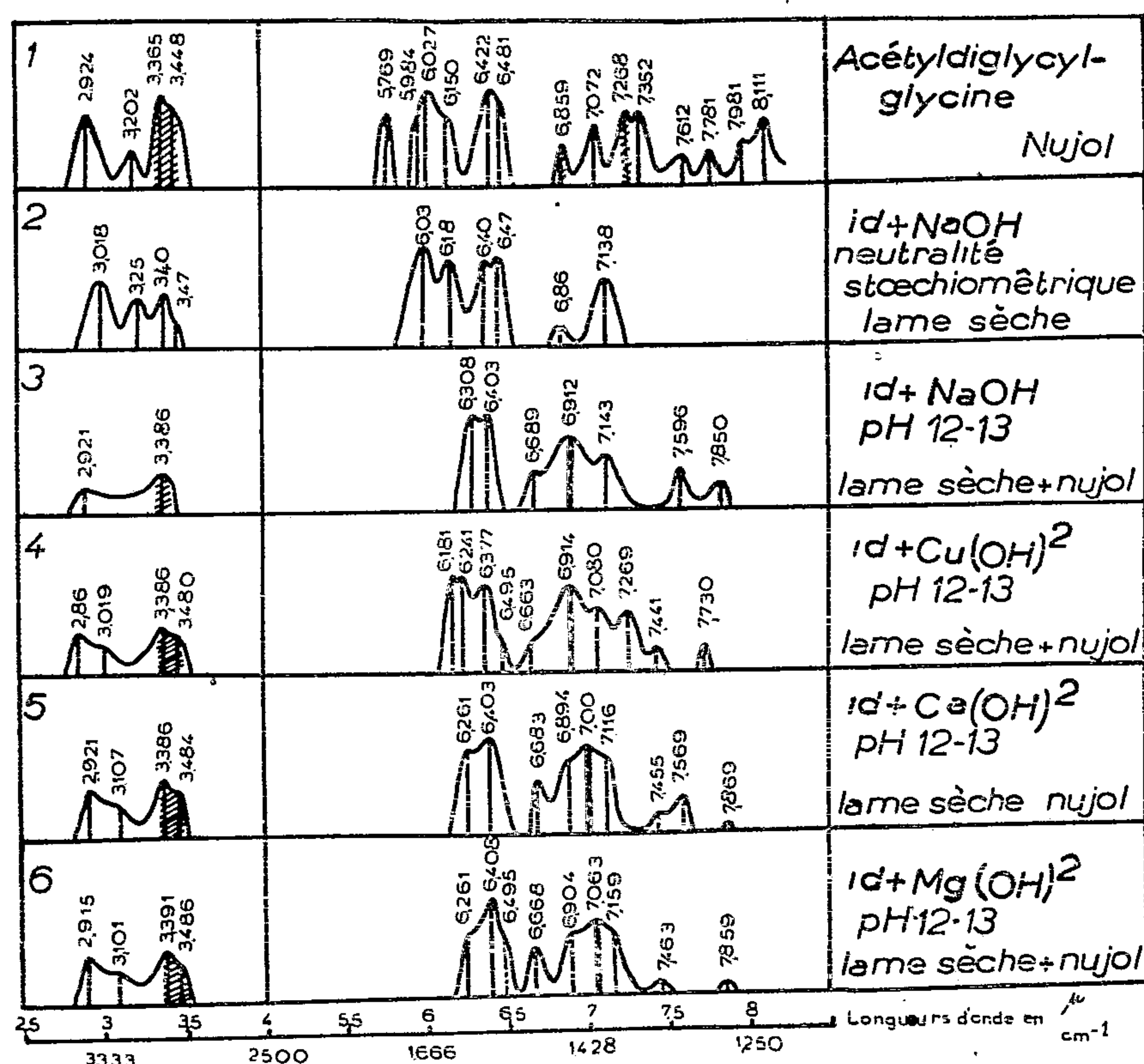
([2]) H. Lenormant et J. Chouteau, *J. Physiol.*, 41, 1949, p. 203.

([3]) *Ann. Chim.*, S., 1950, p. 449.

([4]) *Ber.*, 39, 1904, p. 2486.

spectrales semblables à celles que l'on observe dans le cas de l'acétylglycylglycyl-N-éthylamide. Ces modifications consistent en une disparition de la bande 6 μ et l'apparition de bandes entre 6,20 μ et 6,50 μ, simultanément se développent d'assez fortes bandes dans la région de 6,8 μ et 7,26 μ.

2° En présence de NaOH seule les mêmes modifications se produisent, contrairement à ce qui se passe dans le cas de l'acétylglycylglycyl-N-éthylamide. Il a été vérifié que la transformation du spectre n'est pas due seulement à la neutralisation du groupement acide. La neutralisation stœchiométrique ne produit qu'une disparition de la bande 5,70 μ du carboxyle non ionisé et l'apparition d'un nouveau maximum entre 6 μ et 6,50 μ plus ou moins confondu avec les bandes que présente le corps dans cette région (spectre 2). Ce phénomène est celui qui accompagne toujours la neutralisation d'un acide carboxylique par une base.




Le fait que l'alcalinisation par la soude seule suffise à altérer le spectre de la liaison peptidique rapproche l'acétyldiglycylglycine des cyclopeptides qui présentent un phénomène analogue [H. Lenormant (3)].

L'interprétation est délicate, on peut cependant suggérer que ceci est dû, soit à des différences d'associations moléculaires, soit à une perturbation induite par l'ionisation du groupement carboxyle terminal.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la propagation des déflagrations dans les mélanges gazeux.* Note (*) de M. **Henri Guénoche**, présentée par M. Paul Pascal.

Les mouvements des gaz en avant du front d'une flamme ont été étudiés par une méthode d'enregistrement photographique qui permet d'en déduire leur influence sur la propagation de la flamme elle-même.

La détermination du mécanisme de propagation d'une flamme dans un mélange gazeux combustible nécessite la connaissance du mouvement des gaz en avant de la flamme. Pour le mettre en évidence, nous avons utilisé la méthode optique de Foucault appliquée à divers mélanges combustibles ($C_2H_2 + 0{,}25\,O_2$, $C_2H_2 + 4{,}75$ air $C_3H_8 + 1{,}6\,O_2$) contenus dans un tube à section carrée de 22 mm de côté et de 93 cm de longueur. Pour rendre plus sensibles certains déplacements des gaz frais, ceux-ci sont très légèrement chauffés en un point situé à la base du tube, ce qui provoque un courant ascensionnel de faible épaisseur de gaz frais. Son déplacement est enregistré sur un dérouleur de film. La progression de la flamme est photographiée sur un tambour tournant (méthode de Mallard et Le Chatelier). L'inflammation est faite à l'aide d'une petite flamme de gaz de ville à une extrémité du tube largement ouverte ou diaphragmée. L'extrémité opposée peut aussi être ouverte, diaphragmée ou fermée.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

1. Quelles que soient les conditions aux limites, à l'inflammation, une perturbation, dont l'intensité dépend du mélange gazeux et de la condition à la limite amont, est envoyée dans les gaz frais à une célérité dont la valeur est de l'ordre de celle du son.

2. Lorsque la flamme subit une variation de célérité, on constate l'existence d'une perturbation qui communique aux gaz frais une vitesse plus ou moins importante.

3. Lorsque la propagation de la déflagration est uniforme, ce que l'on peut réaliser en donnant des valeurs convenables aux conditions aux limites (1) et (2).

*a*. si le tube est fermé à l'extrémité opposée à celle où le mélange est enflammé, les gaz frais sont au repos.

*b*. si le tube est partiellement ouvert à cette extrémité, les gaz frais sont animés d'une vitesse d'écoulement constante.

Bien que la mesure de cette vitesse ne soit pas très précise, on trouve que la célérité de la flamme par rapport aux gaz frais. $V_r$, pour le mélange

---

(*) Séance du 11 juin 1951.

(1) H. Guénoche et P. Laffitte, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1594.

(2) H. Guénoche et N. Manson, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 726.

$C_2H_2 + 0,25\ O_2$ par exemple, est de 53 cm : s contre 56 cm : s lorsque le tube est fermé à l'extrémité aval.

4. Dans les cas où le mouvement uniforme n'est pas réalisé, soit que les conditions aux limites ne le permettent pas, soit qu'elles soient mal ajustées, les enregistrements montrent que :

*a.* en tube fermé à l'extrémité aval, les gaz frais sont soumis à des vibrations qui correspondent par leur naissance, leur amplitude et leur fréquence à celles de la flamme. L'amplitude des vibrations de celle-ci est, toutefois, toujours supérieure à celle des gaz frais.

*b.* en tube ouvert (ou diaphragmé) à l'extrémité aval, à l'écoulement des gaz frais se superposent les phénomènes vibratoires que l'on retrouve sur la flamme. L'écoulement des gaz frais à l'extérieur du tube ne débute pas toujours dès l'instant d'inflammation, mais peut avoir sur le déplacement du courant gazeux artificiellement créé un certain retard, variable avec les conditions aux limites et la nature des mélanges, donc dépendant de l'intensité de l'ébranlement initial et de la condition à la limite aval. La célérité moyenne de propagation de la flamme, définie par le rapport longueur du tube/temps de propagation, pour une extrémité amont donnée, dépend du diamètre d'ouverture, $d_f$, de l'extrémité aval : elle croît en même temps que $d_f$.

Ces expériences permettent d'interpréter le phénomène de propagation d'une déflagration. A l'inflammation de la première tranche de gaz, la perturbation créée se propage et met en mouvement les gaz frais à une vitesse qui est fonction de son intensité et de leur position dans le tube. Les conditions aux limites interviennent ensuite (la limite aval la première) dans le déplacement de ces gaz, car l'ébranlement initial s'y réfléchit. Ainsi, ces perturbations provoquent des variations locales de vitesse dans les gaz frais, ce qui influe sur la progression de la flamme. D'autre part, elles interviennent dans la propagation en faisant apparaître pour certaines positions de la flamme la manifestation d'un phénomène de résonance du système acoustique constitué par le tube et les gaz frais et brûlés ([3]), ce qui se traduit par des ondulations observées sur la flamme, car dans ce phénomène les gaz frais sont animés d'une vitesse alternativement dirigée dans les deux sens. Enfin, ces perturbations peuvent aussi modifier la vitesse de déflagration $V_r$ en faisant varier la vitesse de la réaction qui se produit dans le front de combustion, ce qui explique les vibrations de forte amplitude ou les accélérations continues de la flamme qui sont observées.

La prévision de la propagation d'une flamme nécessite donc : *a.* la connaissance de la vitesse locale $V_f$ des gaz frais, qui dépend, pour un mélange donné, des conditions aux limites, des perturbations et de leur réflexion sur les extrémités du tube et sur le front de flamme et *b.* celle de la vitesse de

([3]) H. Guénoche, N. Manson et G. Monnot, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 69.

déflagration $V_r$ qui peut être déterminée dans un tube en supprimant les ébranlements. Ceci exige d'une part des conditions aux limites bien déterminées, d'autre part des mélanges ne provoquant pas à l'inflammation de leur première tranche une perturbation trop intense, sinon les conditions aux limites ne jouent plus leur rôle et il y a formation rapide d'une onde explosive par modification de $V_r$.

Les mêmes expériences effectuées en utilisant comme source d'inflammation une étincelle électrique de faible puissance conduisent à des résultats identiques. La célérité moyenne de la flamme est toutefois augmentée.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du cuivre par la dithizone en solution acétonique homogène*. Note de M. **Robert Delavault** et M<sup>lle</sup> **Ruth Irish**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que l'extraction des ions cuivriques en solution aqueuse, par la dithizone en solution organique non miscible, est une opération relativement lente et pas toujours complète [1]. Nous avons diminué cette difficulté [2] en employant une solution aqueuse de dithizone dans l'ammoniaque diluée, ou, mieux encore, dans un solvant commun au sel métallique, au réactif et au complexe formé. L'acétone a donné d'excellents résultats. Il est préférable qu'elle contienne 10 % d'eau, et alors elle n'attaque plus que très modérément la graisse à robinets, tout en dissolvant bien plus de 60 mg : l de dithizone, et les complexes métalliques correspondants. Pour les expériences préliminaires avec l'acétone anhydre, nous avions dû fabriquer une burette selon le prototype inventé par Gay-Lussac, avec un long tube étroit remontant le long de la burette. La présence d'eau est d'ailleurs nécessaire pour que le cuivre ne donne pas le complexe jaune de type « énolique »; en ajoutant de l'eau à la solution jaune, elle devenait orange pour 6 % d'eau, et tournait au rouge cerise pour 7 %.

On peut ainsi titrer le cuivre en agitant très modérément dans un récipient ouvert, le virage final représentant un mélange en proportions définies de dithizonate de cuivre et de dithizone en excès. La nuance la plus sensible aux variations de composition est un gris bleuté, qu'on obtient avec approximativement les mêmes proportions dans le chloroforme; il est nettement plus bleu que dans le tétrachlorure de carbone.

Malheureusement l'usage d'une phase unique n'accélère pas seulement la réaction du cuivre sur la dithizone; elle accélère aussi l'oxydation de ce réactif par des agents comme les sels ferriques, qui n'ont pas d'action

---

(1) H. Barnes, *Analyst*, 72, 1947, p. 469.
(2) R. Delavault et R. Irish, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1079.

sensible en milieu acide sur la solution organique non miscible de dithizone. Des réducteurs comme les sels de phénylhydrazine ou d'hydroxylamine, suffisamment modérés pour ne pas précipiter le cuivre, ne réduisent pas absolument tout le fer, à moins que l'équilibre ne soit continuellement déplacé par complexion des ions ferreux; c'est ce qui se produit dans la colorimétrie du fer au dipyridyle. Cette observation n'invalide pas les données usuelles de la chimie analytique à ce point de vue; elle ne concerne qu'une fraction de milligramme par litre, l'erreur étant la même dans l'étalonnage et dans la titration. Pour la microchimie, le problème est important, presque tous les échantillons naturels renfermant plus de fer que de cuivre. S'il n'y en a pas trop, de bons résultats peuvent encore s'obtenir en ajoutant du sulfate de phénylhydrazine en quantités beaucoup plus fortes, cent fois ou plus, que la dithizone utilisée. Il offre à l'oxydation un groupe NH semblable à celui de la dithizone, et n'a pas le temps de réagir sur l'acétone. En pratique, ces inconvénients sont atténués, parce que la dithizone réagit instantanément sur le métal, tandis que l'oxydation peut demander plusieurs secondes, et que le complexe ne s'oxyde que très lentement. Il est donc possible d'utiliser ce procédé pour une séparation, en ajoutant la dithizone acétonique en excès et agitant légèrement avec un solvant organique, qui enlèvera le complexe métallique, l'excès de dithizone et la carbodiazone formée par oxydation.

Une excellente approximation d'une réaction homogène est obtenue en titrant une solution métallique renfermant 80 % environ d'acétone par une solution de dithizone dans le tétrachlorure de carbone ou un autre solvant organique non miscible à l'eau. La plus grande partie de l'acétone passe finalement dans la solution organique; le mélange est tellement intime qu'il peut donner une émulsion stable plusieurs minutes, et que les sels ferriques peuvent oxyder la dithizone. Une telle opération peut se réaliser à n'importe quelle échelle et n'est pas limitée aux solvants en question; elle peut résoudre bien d'autres problèmes d'analyse microchimique.

Dans un champ aussi large que celui des applications de la dithizone, c'est une œuvre de longue haleine de généraliser le moindre perfectionnement. Signalons tout de suite une différence avec les données classiques : le cobalt et le nickel réagissent en solution acide sur la dithizone dans l'acétone, comme on pouvait s'y attendre, puisque leur dithizonate résiste aux acides. Dans la recherche des métaux lourds dans l'eau [2], la solution acétonique de dithizone est au moins aussi satisfaisante que la solution ammoniacale, elle a l'avantage de se conserver très bien, mieux même que la solution dans le tétrachlorure de carbone. Le mode opératoire décrit dans cette Note peut être amélioré en ajoutant en premier la solution, ammoniacale ou acétonique, de dithizone. Le métal réagit avec le précipité

de dithizone, comme le montre la couleur rose du complexe, très différente de la couleur violacée de la dithizone précipitée, qu'on observe s'il y a quelques centièmes de milligramme de métal par litre.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le choix des constantes de définition de la valence libre à partir des indices de liaison de Penney.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet** et Mme **Monique Roux**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a (1) montré que, dans le cadre de la méthode des orbitales moléculaires, il est possible d'obtenir une relation uniforme, à la fois :

*a.* entre la valence libre et le coefficient $k$ de la contribution $\Delta E_\pi$ des électrons $\pi$ aux énergies d'activation;

*b.* entre la valence libre et l'autopolarisabilité, à condition de définir la valence libre à l'aide des constantes : $c = 1,73$, $1,53$, $1,28$ selon que le carbone envisagé est de type 3, 2 ou 1.

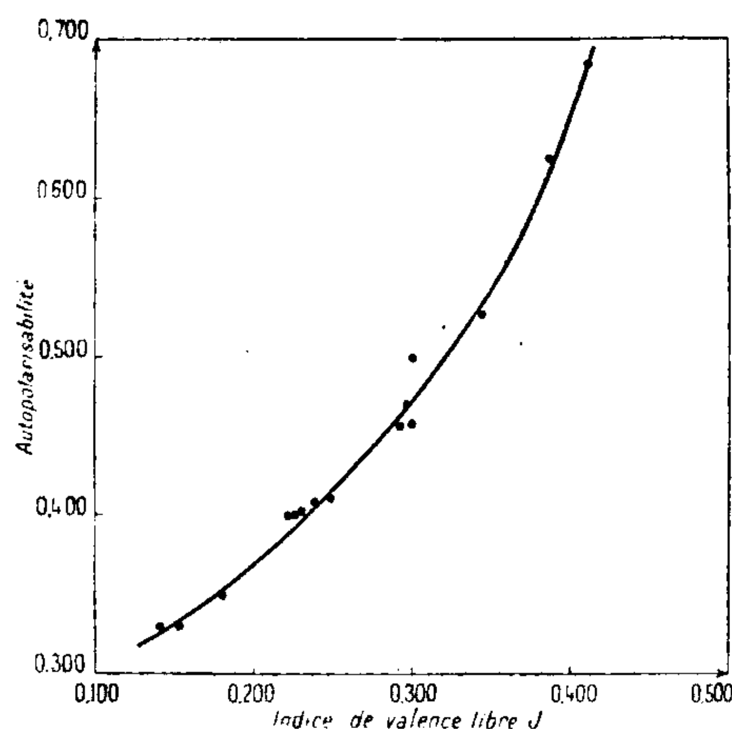


Fig. 1.

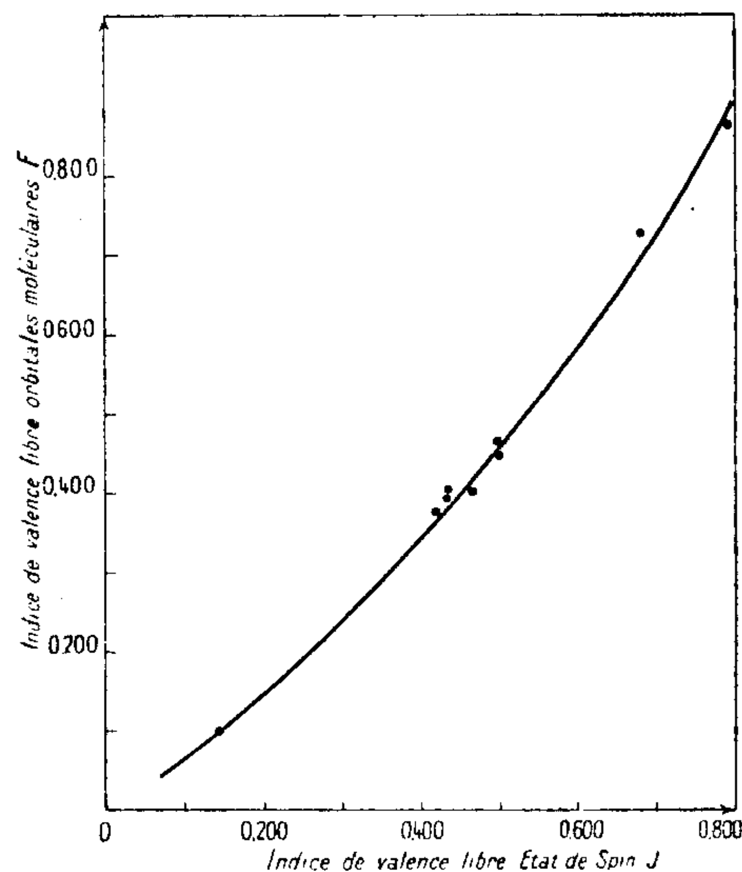


Fig. 2.

Lorsqu'on cherche à calculer la valence libre J à partir des indices de Penney, on peut obtenir une relation unique entre :

*a.* la valence libre J et l'autopolarisabilité;

*b.* la valence libre J et la valence libre F, de la théorie des orbitales moléculaires supposée évaluée à l'aide des précédentes constantes, à condition de choisir, cette fois, les constantes suivantes : $c = 1,66$, $1,48$, $1,30$ pour les types respectifs : 3, 2, 1.

Les courbes des figures 1 et 2 soulignent ces faits.

(*) Séance du 21 mai 1951.

(1) Daudel, Chalvet et Roux, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 76.

Mais dans ces conditions, on obtient une relation entre $k'$ (coefficient de A dans $\Delta E'_R$ exprimé selon les techniques de la mésomérie ou des états de spin) et J pour chaque type d'atome (*fig.* 3).

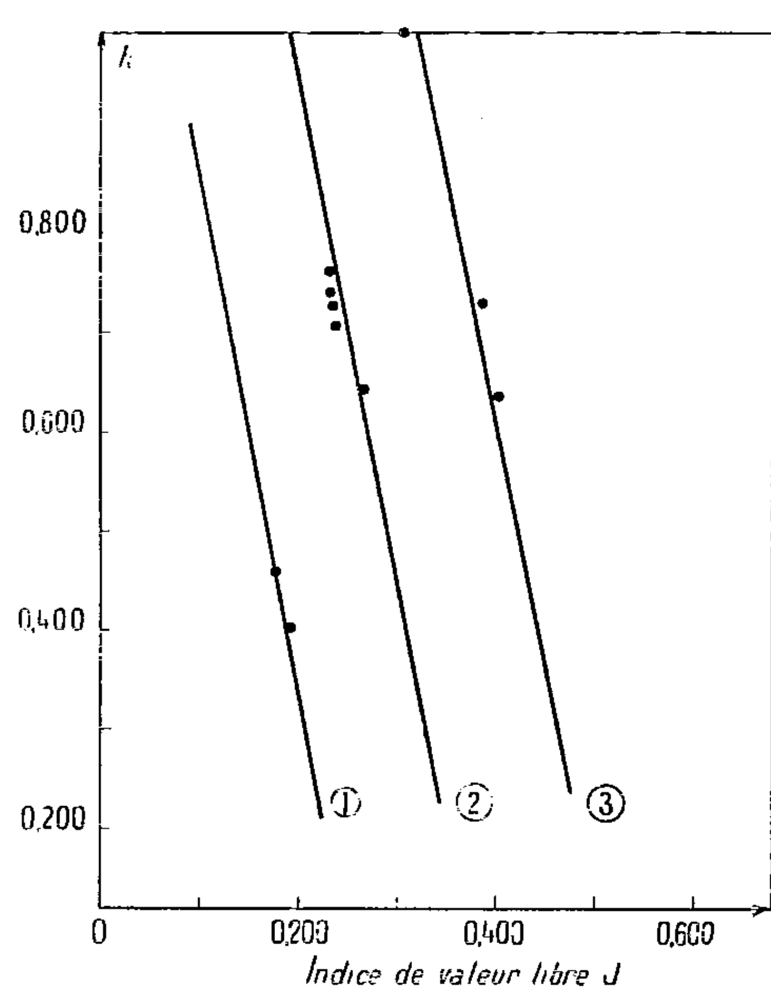



Fig. 3.

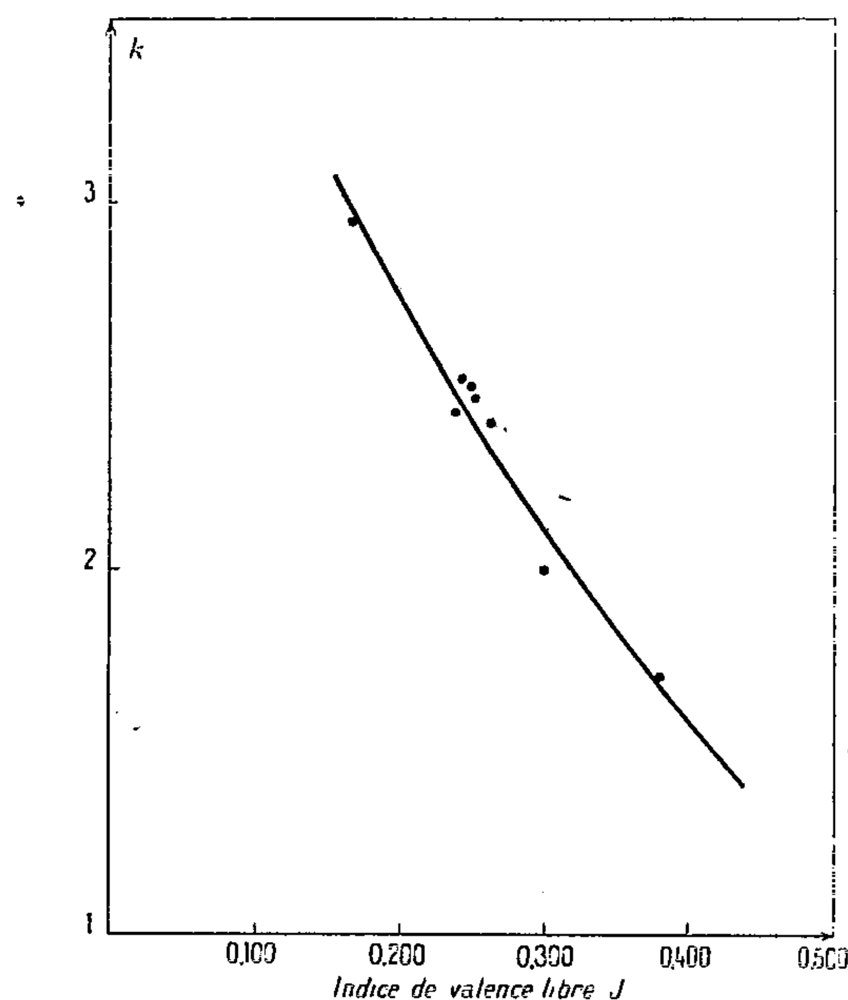
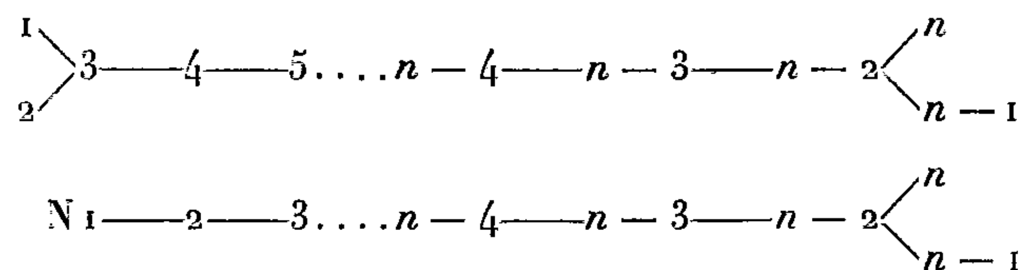



Fig. 4.

L'écart entre les trois courbes est de l'ordre de 0,7 A, ce qui est tout à fait cohérent avec ce qui a été obtenu (²) dans le cas de la relation entre $k'$ et $k$ et implique l'univocité de la relation $k = f(J)$ que confirme bien la figure 4.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'expression analytique des grandeurs de la chimie théorique de deux chaînes dérivées des polyènes.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Donnons les diagrammes orbitaux (¹) état fondamental des chaînes $E_n$ et $F_n$ suivantes :




(²) Chalvet, Daudel et Roux, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 18, 1951, p. 143.

(*) Séance du 21 mai 1951.

(¹) A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 191, 1947, p. 40.

où N est azote hétéroatomique ou aminé, les autres atomes étant des carbones. Nous utilisons la numérotation indiquée et les notations habituelles ([2]).

Chaines $E_n$. — Équation séculaire $0 = E_n = P_n - 2P_{n-4} + P_{n-8}$ ($P_n$ polynome électrosphérique de degré $n$) :

$$y_j = 2\cos\left(\frac{n-2-j}{n-3}\right)\pi, \qquad y_+ = 2\cos\frac{\pi}{2} = 0, \qquad y_- = 2\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) = 0.$$

On note une dégénérescence sur le niveau 0 d'ordre 2 si $n$ est pair, d'ordre 3 si $n$ est impair.

$$c_{k,j} = \frac{\sqrt{2}}{n-3}\cos\left[\frac{(k-2)(j-1)\pi}{n-3}\right],$$

$$c_{1,j} = \frac{1}{\sqrt{2n-6}} = c_{2,j} = (-)^{j-1}c_{n-1,j} = (-)^{j-1}c_{n,j} \qquad (1 < j < n-2,\ 2 < k < n-1),$$

$$c_{k,1} = \frac{1}{\sqrt{n-3}}, \qquad c_{1,1} = c_{2,1} = c_{n-1,1} = c_{n,1} = \frac{1}{2\sqrt{n-3}},$$

$$c_{k,n-2} = \frac{(-)^k}{\sqrt{n-3}}, \qquad c_{1,n-2} = c_{2,n-2} = -c_{n-1,n-2} = -c_{n,n-2} = \frac{1}{2\sqrt{n-3}},$$

$$c_{k,+} = 0, \qquad c_{1,-} = -c_{2,+} = -c_{n-1,+} = c_{n,+} = \frac{1}{2},$$

$$c_{k,-} = 0, \qquad c_{1,-} = -c_{2,-} = c_{n-1,-} = -c_{n,-} - \frac{1}{2}.$$

*a.* *n pair.* — Dans le cas de $n$ électrons $q_k = 1$ quel que soit $k$.

$q_k = 1$ pour $3 \leqq k \leqq n-2$ dans le cas de $n-2$, $n-1$, $n$, $n+1$, $n+2$ électrons $\pi$;

$q_1 = q_2 = q_{n-1} = q_n = \frac{1}{2}$ dans le cas de $n-2$ électrons $\pi$;

$q_1 = q_2 = q_{n-1} = q_n = 1$ dans le cas de $n$ et $n+2$ électrons $\pi$.

$$p_{k,k+1} = \frac{1}{n-3}\left[\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(n-3)} + (-)^k \operatorname{cosec}\frac{(2k-3)\pi}{2(n-3}\right] \qquad (2 < k < n-2),$$

$$p_{1,3} = p_{2,3} = p_{n-2,n-1} = p_{n-2,n} = \frac{1}{n-3}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(n-3)}.$$

Ces formules sont valables indépendamment de l'ionisation et de la répartition des électrons sur les orbitales d'énergie nulle dans le cas où le système possède de $n-2$ à $n+2$ électrons $\pi$.

*b.* *n impair.* — $q_k = 1$ quel que soit $k$ dans le cas de $n$ électrons $\pi$.

$$p_{k,k+1} = \frac{1}{n-3}\left[\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2(n-3)} + (-)^k \operatorname{cotg}\frac{(2k-3)\pi}{2(n-3)}\right] \qquad \text{pour} \quad 2 < k < n-2,$$

formule indépendante de la répartition des électrons $\pi$ sur les orbitales d'énergie nulle dans le cas de $n-3$, $n-2$, ..., $n+3$ électrons $\pi$,

$$p_{1,3} = p_{2,3} = p_{n-2,n-1} = p_{n-2,n} = \frac{1}{n-3}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2(n-3)}.$$

(Mêmes remarques que précédemment.)

---

([2]) R. Gouarné, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 856-858.

CHAÎNES $F_n$. — Équation séculaire

$$0 = F_n = P_n + P_{n-1} - P_{n-4} - P_{n-5} = y(y+2)(P_{n-2} - P_{n-3}).$$

Une seule racine nulle $y_0 = 0$ quelle que soit la parité de $n$ et de plus

$$y_j = 2\cos\frac{(2n-2j-1)\pi}{2n-3} \qquad (j = 1, 2, \ldots, n-1),$$

$$c_{k,0} = 0, \qquad c_{n-1,0} = -c_{n,0} = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$c_{k,1} = \frac{2}{\sqrt{4n-6}}, \qquad c_{n-1,n} = c_{n,1} = \frac{1}{\sqrt{4n-6}},$$

$$c_{k,j} = \frac{2}{\sqrt{2n-3}}\cos\left[\frac{(2k-1)(j-1)\pi}{2n-3}\right] \qquad (k < n-1),$$

$$c_{n,j} = c_{n-1,j} = \frac{1}{2}n - 3\cos(j-1)\pi,$$

*a*. *n pair*. — α. $n$ électrons :

$$q_k = \frac{2n-2}{2n-3} - \frac{(-)^k}{2n-3}\operatorname{cosec}\left[\frac{(2(k-1)\pi}{2(2n-3)}\right], \qquad q_n = q_{n-1} = \frac{n-1}{2n-3},$$

$$p_{k,k+1} = \frac{1}{2n-3}\left[\cos k\pi \sec\frac{k\pi}{2n-3} + \operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(2n-3)}\right],$$

$$p_{n-2,n-1} = \frac{1}{2n-3}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(2n-3)} = p_{n-2,n}.$$

β. $n+1$ électrons π. Mêmes formules, sauf pour les charges extrêmes

$$q_n = q_{n-1} = 1 + \frac{1}{4n-6}.$$

*b*. *n impair* :

$$q_k = \frac{2n-4}{2n-3} - \frac{(-)^k}{2n-3}\operatorname{cosec}\frac{2k-1}{2(2n-3)}\pi, \quad \text{valable pour } n \text{ et } n+1 \text{ électrons } \pi.$$

$$q_n = q_{n-1} = 1 - \frac{1}{4n-6}, \quad \text{pour } n \text{ électrons } \pi$$

(quantités qui s'augmentent de 1/2 pour $n+1$ électrons π),

$$p_{k,k+1} = \frac{1}{2n-3}\left[\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2(2n-3)} - \cos k\pi \sec\frac{k\pi}{2n-3}\right].$$

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les effets d'échange électroniques dans les calculs de moments dipolaires. Ionicités et moments dipolaires des hydrures d'halogènes.* Note de M. **Daniel Kastler**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre l'importance des effets d'échange entre électrons des couches externes dans les calculs de moments dipolaires. Les ionicités des hydrures d'halogènes sont déduites de leurs moments dipolaires dans l'hypothèse d'une liaison $p$ pure avec et sans antisymétrisation complète des fonctions d'onde. Seul le premier mode de calcul donne des ionicités plausibles, les résultats étant très différents dans les deux cas.

Plusieurs essais ont été faits pour relier les moments dipolaires des hydrures

d'halogènes à l'ionicité des liaisons (1), (2), (3), (4), (5). D. Z. Robinson (5) a étudié le cas de $HCl$ en ne tenant compte que de la paire d'électrons de valence. Il conclut à la nécessité d'une hybridation $s - p$. Nous montrons que si l'on décrit la molécule par une fonction d'onde antisymétrique à huit électrons (les sept électrons de la couche externe de l'halogène et l'électron H), on trouve à partir des moments dipolaires des ionicités plausibles dans l'hypothèse d'une liaison $p$ pure.

Nous prenons une fonction d'onde combinaison des trois fonctions suivantes :

$$(1)\quad \begin{aligned} I &= \frac{1}{8!}\,\mathcal{A}S\,s(1)s(2)p_x(3)p_x(4)p_y(5)p_y(6)p_z(7)p_z(8), \\ \Psi &= \frac{1}{8!}\,\mathcal{A}S\,s(1)s(2)p_x(3)p_x(4)p_y(5)p_y(6)[p_z(9)h(10)+p_z(10)h(9)], \\ \Phi &= \frac{1}{8!}\,\mathcal{A}S\,p_z(1)p_z(2)p_x(3)p_x(4)p_y(5)p_y(6)[s(9)h(10)+s(10)h(9)], \end{aligned}$$

$h$ désigne l'orbitale $1s$ de l'hydrogène, $s$, $p_x$, $p_y$, $p_z$ les orbitales de la couche extérieure de l'halogène, $Oz$ étant l'axe de la liaison; $(m)$ représente les coordonnées de translation du $m^{\text{ième}}$ électron; S est la fonction de spin $\alpha(1)\beta(2)\alpha(3)\beta(4)\alpha(5)\beta(6)\alpha(7)\beta(8)$, $\alpha$ et $\beta$ étant les fonctions propres monoélectroniques de spin. $\mathcal{A}$ est l'opérateur antisymétrisant $\Sigma\,\delta_P P$.

I correspond donc à un état ionique, $\Psi$ à une liaison $p$ covalente, $\Phi$ à une liaison $s$ covalente. La fonction d'onde totale sera $\psi_{tot} = i + \lambda\psi + \mu\varphi$, $i$, $\psi$, $\varphi$ représentant I, $\Psi$, $\Phi$ normalisés. $\mu/\lambda$ mesurerait le degré d'hybridation $s - p$, si nous le supposons nul ($\mu = 0$), $[100/(1+\lambda)]$ se trouve alors égal au pourcentage ionique.

*Conduite du calcul*. — Un dénombrement facile donne les éléments de matrices entre les fonctions (1) en fonction d'intégrales monoélectroniques

$$(I\,|\,I) = 1, \qquad (I\,|\,\Psi) = 2(p_\sigma\,|\,h),$$
$$(\Psi\,|\,\Phi) = 2[1 - (s\,|\,h)^2 + (p_\sigma\,|\,h)^2], \qquad (\Psi\,|\,\Phi) = 4(s\,|\,h)(p_\sigma\,|\,h)$$

et, si $Z = \sum_{i=1}^{\infty} z_i$, les $z_i$ étant les coordonnées suivant l'axe de la liaison comptées à partir de l'halogène dans la direction du noyau H :

$$(\Psi\,|\,Z\,|\,\Psi) = 4\left[\frac{1}{2}(h\,|\,z\,|\,h) - (s\,|\,h)(s\,|\,z\,|\,h) + (p_\sigma\,|\,h)(p_\sigma\,|\,z\,|\,h) - (s\,|\,h)(p_\sigma\,|\,h)(s\,|\,z\,|\,p_\sigma)\right],$$
$$(\Psi\,|\,Z\,|\,\Phi) = 2\{2(p_\sigma\,|\,h)(s\,|\,z\,|\,h) + 2(s\,|\,h)(p_\sigma\,|\,z\,|\,h) - (s\,|\,z\,|\,p_\sigma)[1 + (s\,|\,h)^2 + (p_\sigma\,|\,h)^2]\},$$
$$(I\,|\,Z\,|\,\Psi) = 2[(p_\sigma\,|\,z\,|\,h) - (s\,|\,h)(s\,|\,z\,|\,p_\sigma)],$$

(1) PAULING, *Nature of chemical Bond*, Cornell University Press, p. 46.

(2) MULLIKEN, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 573.

(3) WALL, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 800.

(4) MULLIKEN, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 497 et 675

(5) *J. Chem. Phys.*, 17, 1941, p. 1022.

les formules relatives à $\Phi$ s'obtenant par permutation circulaire de $s$ et $p_\sigma$ dans celles correspondantes relatives à $\Psi$.

Le moment dipolaire M dans le sens de l'halogène vers l'hydrogène est d'autre part donné par

$$\frac{M}{ea_H} = \frac{r_e}{a_H} - \frac{(\psi_{tot} \mid Z \mid \psi_{tot})}{(\psi_{tot} \mid \psi_{tot})}$$
$$= \frac{r_e}{a_H} - \frac{(\psi \mid Z \mid \psi)\lambda^2 + 2(\psi \mid Z \mid \varphi)\lambda\mu + (\varphi \mid Z \mid \varphi)\mu^2 + 2(i \mid Z \mid (\psi)\lambda + 2(i \mid Z \mid \varphi)\mu}{\lambda^2 + 2(\psi \mid \varphi)\lambda\mu + \mu^2 + 2(i \mid \psi)\lambda + 2(i \mid \varphi)\mu + 1},$$

$r_e$ distance internucléaire, $e$ charge de l'électron, $a_H$ rayon de Bohr, Z étant exprimé en rayons de Bohr.

Le calcul a été fait pour HF avec les orbitales de Coulson-Duncanson ([6]) en tenant compte en plus des électrons $1s$, ce qui n'introduit que de petites corrections; pour HCl et HI avec des orbitales de Slater ([7]); pour HBr avec des fonctions hydrogénoïdes de Pauling et Sherman ([8]) en prenant $Z^* = 8{,}90$.

*Résultats.*

| | HF. | HCl. | HBr. | HI. |
|---|---|---|---|---|
| $(i \mid \psi)$........ | 0,4666 | 0,6593 | 0,669 | 0,6875 |
| $(i \mid \varphi)$........ | 0,6300 | 0,6934 | 0,596 | 0,6507 |
| $(\psi \mid \varphi)$....... | 0,2940 | 0,4572 | 0,399 | 0,4473 |
| $(i \mid Z \mid \psi)$..... | 0,3553 | 0,6580 | 1,024 | 0,8985 |
| $(i \mid Z \mid \varphi)$..... | 0,1249 | 0,1917 | 0,235 | 0,2003 |
| $(\psi \mid Z \mid \varphi)$.... | −0,1068 | 0,0442 | −0,131 | −0,0316 |
| $(\psi \mid Z \mid \psi)$.... | 1,8692 | 2,3305 | 2,489 | 2,8151 |
| $(\varphi \mid Z \mid \varphi)$.... | 1,3427 | 1,6094 | 1,586 | 1,9878 |

Pour $\lambda = \infty$ (liaison covalente $p$) on trouve pour HF, HCl, HBr, HI les moments dipolaires −0,348; 0,198; 0,470 et 0,549 Debye. Les moments dipolaires mesurés à l'état gazeux sont : 1,91; 1,04 ([9]), ([10]), ([11]); 0,79 et 0,38, les deux dernières valeurs étant sans doute trop faibles. On en déduit que les pourcentages d'ionicité de HF, HCl, HBr sont respectivement 46, 16,2 et 8,8 %, résultats plausibles. Pour HI le moment covalent est déjà supérieur au moment mesuré, ce dernier est probablement trop faible (on trouve 0,58 en solution dans le benzène, 0,50 dans $CCl_4$). Une hybridation $s-p$ aurait pour résultat de diminuer le pourcentage d'ionicité calculé, toutes choses égales d'ailleurs.

([6]) *Proc. Roy. Soc. Edin.*, 62 A, 1944, p. 37.
([7]) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.
([8]) *Z. Krist.*, 81, 1932, p. 1.
([9]) Hannay et Smyth, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 171.
([10]) Zahn, *Phys. Rev.*, 24, 1924, p. 400.
([11]) Raman et Krishnan, *Phil. Mag.*, 3, 1927, p. 713.

Les pourcentages ioniques déduits des moments dipolaires en négligeant l'échange avec les électrons non liants sont respectivement 56, 38,38 et 27 % pour HF, HCl, HBr, HI valeurs évidemment inacceptables.

Nous voyons donc que ces échanges ont une répercussion importante sur le calcul des moments dipolaires et que les moments dipolaires donnent un critère valable de l'ionicité de la liaison si l'on en tient compte.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les esters de l'acide β-benzoylacrylique.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **Pierre Chabrier** et Mlle **Simone Danton**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'estérification directe de l'acide β-benzoylacrylique $C_6H_5—CO—CH=CH—CO_2H$ est facilement réalisable en s'aidant d'azéotropes. La forte réactivité de la double liaison de cet acide paraît notablement diminuée dans ses esters.

Les benzoylacrylates d'alcoyles $C_6H_5—CO—CH=CH—CO_2R$ sont peu connus; les esters méthylique et éthylique seuls ont été isolés par voie indirecte, en bromant les esters correspondants de l'acide benzoylpropionique dont on éliminait ensuite les éléments de l'acide bromhydrique [1]

L'étude de l'estérification de l'acide benzoylacrylique nous a donc paru présenter un certain intérêt, ainsi que la comparaison de la réactivité de la double liaison dans l'acide et dans ses esters. Ci-après les premiers résultats enregistrés.

Bon nombre d'esters alcoylés simples et substitués, ou aralcoylés, s'obtiennent aisément en éliminant l'eau de façon continue par voie azéotropique. On chauffe le mélange équimoléculaire d'acide benzoylacrylique et de l'alcool choisi au sein du benzène à l'ébullition, en interposant un dispositif de décantation de l'eau entre le réfrigérant à reflux et le récipient contenant le mélange en réaction. Une rectification dans un vide de 5 à 10 mm les donne d'emblée à l'état pur.

Ces esters benzoylacryliques sont des liquides sirupeux ou des solides à point de fusion peu élevé, insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques usuels. Exemples :

| Formule brute. | Radical. | É. | F. |
|---|---|---|---|
| $C_{13}H_{14}O_3$ | isopropyle | $É_5$ 157° | – |
| $C_{14}H_{16}O_3$ | butyle | $É_7$ 165 | – |
| $C_{14}H_{16}O_3$ | isobutyle | $É_8$ 179-181 | – |
| $C_{15}H_{18}O_3$ | isoamyle | $É_7$ 175-177 | – |
| $C_{12}H_{12}O_4$ | β-hydroxyéthyle | $É_7$ 190-192 | – |
| $C_{12}H_{11}O_3Cl$ | β-chloréthyle | $É_{10}$ 168-170 | 51° |
| $C_{17}H_{14}O_3$ | benzyle | $É_9$ 219-221 | – |

[1] Kozniewski et Marklewski, *Bull. Ac. Sc. Cracov.*, 1906, p. 81 ; Grace P. Rice, *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 222.

Leur hydrolyse par l'acide chlorhydrique en milieu acétique régénère l'acide benzoylacrylique, tandis que la saponification en milieu alcalin détermine la décomposition ultérieure de cet acide ([2]) en acide glyoxylique et acétophénone.

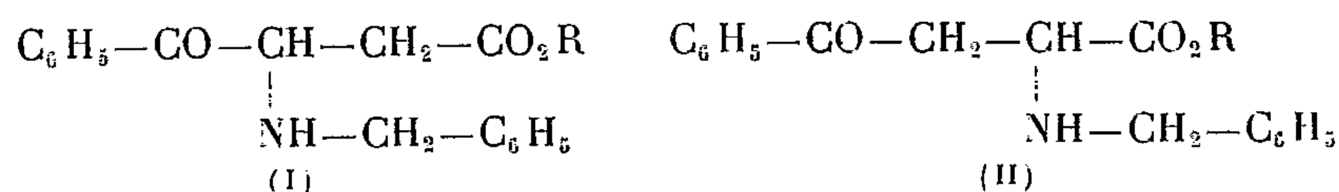
La contiguïté du carbonyle et de la liaison éthylénique confèrent à l'acide benzoylacrylique une forte réactivité. Ainsi que l'ont montré J. Bougault et P. Chabrier ([3]), il y a addition aisée à cet acide : des halogènes, des hydracides, des mercaptans qui donnent $C_6H_5—CO—CH_2—CHSR—CO_2H$, des amines primaires conduisant à $C_6H_5—CO—CHNRH—CH_2—CO_2H$, tandis que, selon les conditions opératoires, l'hydrazine ou la semicarbazide se fixent sur le carbonyle ou sur la double liaison.

Dans quelle mesure ces réactions sont-elles affectées, lorsque la fonction de l'acide benzoylacrylique est estérifiée? Nous avons examiné jusqu'ici l'halogénation et l'amination.

La bromation à froid en solution chloroformique du benzoylacrylate d'éthyle est rapide. Après élimination du solvant, il se forme un résidu visqueux dans lequel cristallise, après deux mois environ, un *dibromobenzoylpropionate d'éthyle*, $C_6H_5—CO—CHBr—CHBr—CO_2C_2H_5$, fusible à 62°, ainsi que le révèle l'analyse. L'incristallisable est vraisemblablement un mélange de stéréoisomères.

L'action de la benzylamine sur les esters benzoylacryliques en milieu alcoolique permet d'isoler un produit d'addition de l'amine sur la liaison éthylénique, à l'exclusion d'amidification.

Entre les structures (I) et (II) possibles pour les dérivés ainsi obtenus




il convient d'attribuer la première, au moins pour la majeure partie au produit d'addition. En effet, l'hydrolyse de l'amino-ester par l'acide chlorhydrique concentré en milieu acétique, donne avec un excellent rendement, l'amino-acide correspondant à la constitution (I).

Nous avons ainsi isolé les *benzylamino-3 benzoyl-3 propionates* suivants :

| | | F. |
|---|---|---|
| Éthyle ...................... | $C_{19}H_{21}O_3N$ | 61° |
| Isopropyle,.................. | $C_{20}H_{23}O_3N$ | 54 |
| Isobutyle.................... | $C_{21}H_{25}O_3N$ | 71 |
| Isoamyle..................... | $C_{22}H_{27}O_3N$ | 52 |
| Benzyle...................... | $C_{24}H_{23}O_3N$ | 54,5 |

([2]) J. Bougault, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **14**, 1908, p. 181.

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 395 et 606; **226**, 1948, p. 1378; **228**, 1949, p. 1952.

Cependant, la purification de ces amino-esters est difficile, eu égard à leur forte solubilité dans la plupart des solvants organiques usuels. Ils ont été isolés par recristallisation dans l'alcool à 50 % environ.

Des essais de fixation d'autres amines primaires sur les esters benzoylacryliques sont demeurés infructueux; cette constatation permet déjà d'avancer que l'estérification affaiblit notablement le pouvoir accepteur de la double liaison de l'acide benzoylacrylique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses d'acides-alcools et de phtalides substitués.* Note de MM. **Jean Vène** et **Jean Tirouflet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le noyau benzénique du phtalide a pu être substitué : en 4 et 5 par OH, $OCH_3$, $OC_2H_5$, $NHCOC_6H_5$ et I; en 7 par OH, $NHCOC_6H_5$ et I. Certains acides-alcools correspondants ont été isolés.

Poursuivant nos travaux déjà publiés sur les phtalides substitués [1], nous avons été amenés à étudier l'introduction dans le cycle benzénique de nouveaux groupements particulièrement intéressants au point de vue de l'étude de la stabilité du cycle.

I. L'amino-5 phtalide se transforme facilement en hydroxy-5 phtalide, en versant goutte à goutte son sulfate de diazonium dans une solution d'acide sulfurique bouillant à 120°. Cette technique permet de réduire considérablement la formation de produits colorés difficiles à éliminer par la suite.

Cet hydroxy-5 phtalide traité par le sulfate de méthyle ou le sulfate d'éthyle en milieu alcalin conduit respectivement aux dérivés méthoxy et éthoxy correspondants.

Avec le sulfate de méthyle, la réaction est conduite à froid. Au bout d'une heure on ajoute au mélange réactionnel un excès de ClH mettant en liberté l'acide-alcool qui est ensuite lactonisé par une ébullition de quelques minutes. Le méthoxy-5 phtalide est recristallisé d'un mélange eau-alcool méthylique (F 118°).

La formation du dérivé éthoxy est beaucoup plus lente et il est indispensable de chauffer au bain-marie pendant 1 h 30 mn. Un traitement analogue au précédent fournit l'éthoxy-5 phtalide (F 141°).

Ces deux lactones, après ouverture du cycle et acidification ménagée, donnent respectivement : l'acide hydroxyméthyl-2-méthoxy-4-benzoïque ($F_{déc.}$ 145-147°) et l'acide hydroxyméthyl-2-éthoxy-4-benzoïque ($F_{déc.}$ 148).

II. A partir de l'amino-4 phtalide, on obtient, d'une façon analogue, l'hydroxy-4, le méthoxy-4 et l'éthoxy-4 phtalide. Ces trois derniers composés

(1) J. Vène et J. Tirouflet, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1375 et 231, 1950, p. 911.

sont identiques à ceux obtenus par Buehler ([2]) dans l'action du formol sur l'acide *m*-hydroxybenzoïque. Cette dernière constatation confirme la structure que nous avions attribuée à l'amino-4 phtalide.

III. Le sulfate de diazonium de l'amino-7 phtalide est, par contre, très stable vis-à-vis de la chaleur, et c'est seulement en versant sa solution dans un mélange d'acide sulfurique et d'eau, à 140°, qu'on a pu obtenir un dérivé phénolique. Le précipité obtenu dans ces conditions fond à 133° après deux recristallisations. Son analyse et ses propriétés montrent qu'il s'agit de l'acide hydroxyméthyl-2 hydroxy-6 benzoïque. Cet acide-alcool se transforme par chauffage à 140° en hydroxy-7 phtalide (F 128-129°).

IV. Il est difficile d'obtenir à l'état pur les dérivés iodés substitués en 4 et 7. La décomposition des sulfates de diazonium des amines correspondantes par l'iodure de potassium donne, dans les deux cas, un précipité noirâtre. De ce précipité nous avons pu isoler, après de nombreuses purifications sur charbon activé ou alumine, l'iodo-4 et l'iodo-7 phtalide. L'iodo-4 phtalide (F 141°), recristallisé finalement de dioxane se présente sous forme de longues aiguilles s'effleurissant à l'air. L'iodo-7 phtalide le plus pur que nous ayons pu obtenir jusqu'à présent est constitué de paillettes nacrées légèrement colorées en rose et fond à 137°. Signalons toutefois que le dosage de l'iode dans ces deux dérivés donne un déficit de 2 % en iode, ce qui correspondrait à une pureté de 96 %.

V. L'amino-4 phtalide traité à froid par le chlorure de benzoyle en présence d'une solution de carbonate de sodium conduit au dérivé monobenzoylé (F 215°). Si l'on effectue l'opération au bain-marie et en présence de pyridine on obtient le dérivé dibenzoylé (F 180°).

Par contre, l'amino-7 phtalide donne uniquement après ébullition prolongée en présence de pyridine, le dérivé monobenzoylé (F 158°). Il semble que l'on puisse attribuer cette faible réactivité à la chélation possible entre l'H du groupement $NH—COC_6H_5$ et l'O du carbonyle voisin. Il faut d'ailleurs noter, dans cet ordre d'idées, que les points de fusion des dérivés substitués en 7 par des groupements contenant un H susceptible de chélation avec l'O du carbonyle ($NH_2$, $NHCOCH_3$, $NHCOC_6H_5$, OH) sont anormalement bas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation catalytique de l'eugénol par le nickel Raney*. Note de M. **Alexandre Halasz**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'isoeugénol est beaucoup utilisé en parfumerie et entre surtout dans les parfums d'œillets. Bien qu'on le trouve en petite quantité dans de

---

([2]) Buehler, Powers et Michels, *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 417-418.

nombreuses huiles essentielles [1] on le prépare surtout par voie synthétique. La méthode de préparation consiste à chauffer l'eugénol avec des liqueurs contenant de la potasse caustique en excès [2]. La plupart des méthodes ne diffèrent que par l'emploi du solvant : eau, alcool amylique, glycol, glycérol, etc. [3].

Nous avons remarqué la formation d'isoeugénol par une voie entièrement différente, notamment en chauffant l'eugénol avec du nickel Raney.

Nous avons opéré dans un ballon de 250 $cm^3$ surmonté d'un réfrigérant à reflux, contenant 100 g d'eugénol et 10 g de nickel Raney, le tout était mis sous atmosphère d'azote et chauffé à l'ébullition. Après un temps déterminé, on a arrêté le chauffage et séparé le nickel par filtration et analysé le contenu du ballon. Le cours de la réaction a été suivi par la variation de l'indice de réfraction et par celle de la courbe d'absorption dans l'ultraviolet avec un spectrophotomètre Beckman, en comparant le spectre obtenu avec celui de l'isoeugénol pur.

Après 9 h de chauffage, on constate la présence de 32 % d'isoeugénol et au bout de 30 h, de 60 %. Par chauffage d'un témoin sans catalyseur, nous n'avons pas pu observer une transformation quelconque et l'on a retrouvé tout l'eugénol mis en œuvre.

La réaction terminée, nous avons rectifié le contenu du ballon et nous avons isolé l'isoeugénol qui s'est montré parfaitement pur, aussi bien au point de vue chimique, qu'olfactif. A côté de l'eugénol récupéré, nous avons noté la formation de 10 % de résine soluble dans la soude à 5 %.

En effectuant la même réaction en présence d'un solvant tel que le cymène, nous avons obtenu des résultats semblables.

En prenant date pour cette réaction, nous espérons en donner bientôt des résultats plus complets.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du soufre sur le méthyl-1 cyclohexène.* Note de MM. **Noël Lozac'h** et **Louis Legrand**, présentée par M. Paul Pascal.

En collaboration avec Y. Mollier [1], l'un de nous a montré qu'il est possible de préparer des dithioles à noyaux condensés en partant de méthyl-1-cyclènes, en l'occurence le méthyl-1-acénaphtylène. Dans le but d'élucider la nature des produits de sulfuration des terpènes, nous avons d'abord voulu voir comment se comporte le méthyl-1-cyclohexène sous l'action du soufre vers 200°.

On chauffe progressivement, sous reflux, un mélange de 60 g de soufre et

---

(1) Gildemeister et Hoffmann, *Les huiles essentielles*, édit. 1928, vol. I, p. 612.

(2) Tiemann, *Berichte d. chem. Gesells.*, **24**, 1891, p. 2870.

(3) T. West, H. Strausz et D. H. Barton, *Synthetic Perfumes*, London, 1949, p. 277.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 1243.

de 33 g de méthyl-1-cyclohexène. La température du mélange réactionnel s'élève progressivement jusqu'à 205°. On maintient ensuite cette température pendant une heure.

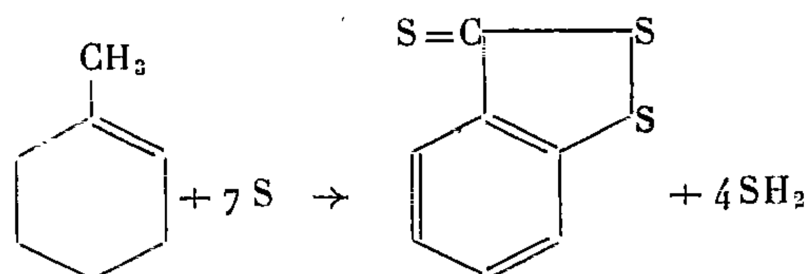
Au mélange encore chaud, on ajoute 50 cm³ de xylène; on laisse refroidir et l'on reprend par 300 cm³ d'éther, à l'ébullition. On laisse reposer 15 heures et l'on filtre. Le filtrat est traité par une solution de 20 g de chlorure mercurique dans 100 cm³ d'acétone. Le complexe qui précipite est essoré, puis décomposé par une solution aqueuse de sulfure de sodium.

La fraction organique est extraite au benzène. Par concentration et cristallisation, on obtient des aiguilles orangées, qui, après recristallisation dans l'alcool, fondent à 89-90°.

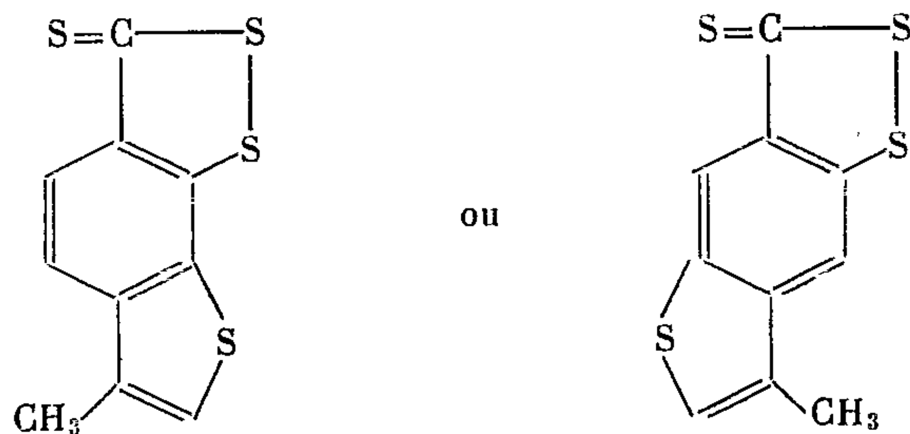
*Analyse.* — Calculé ($C_7H_4S_3$) : C 45,62 % ; H 2,19; Trouvé : C 45,66-45,64; H 2,39-2,40.

Nous avons identifié ce produit avec un échantillon de benzo-4.5 dithiole-1.2 thione-3 préparé par action du penta-sulfure de phosphore sur le saccharinate de sodium ([2]).

La benzo-4.5 dithiole thione-3 ainsi préparée fond à 89-90° et ne donne aucun abaissement de point de fusion par mélange avec le produit de sulfuration du méthyl-1 cyclohexène. La réaction de sulfuration que nous avons décrite peut donc être représentée par la formule.



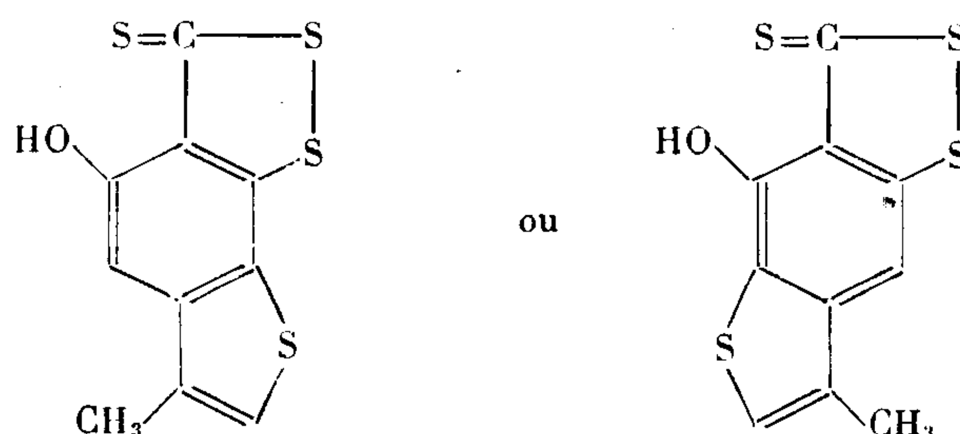

La réaction précédente permet d'interpréter les intéressants résultats de J. Schmitt et A. Lespagnol ([3]) qui, en sulfurant le dipentène ou la pulégone ont obtenu un dérivé tétrasulfuré $C_{10}H_6S_4$. Comme il est bien connu que des cycles thiophéniques se forment aisément dans les sulfurations, nous pensons que le produit tétrasulfuré en question possède à la fois un cycle thiophénique et un cycle dithiolique. On peut dans cette hypothèse envisager deux formules




([2]) MANESSIER, *Gazz. Chim. Ital.*, 46, I, 1915, p. 234-236.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 459.

En sulfurant la carvone, les mêmes auteurs ([3]) ont obtenu un phénol $C_{10}H_6OS_4$, pour lequel sont possibles les formules




CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention anormale du β-butyne-acétal.* Note de MM. **Joseph Wiemann** et **Michel Chaperon**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation et description du β-butyne-acétal. Singularité de son mode de production.

Dans la préparation de l'acétal tétrolique par la méthode indiquée par Viguier ([1]), le stade final, consistant dans l'enlèvement d'une molécule d'acide bromhydrique sur l'acétal monobromocrotonique par la potasse alcoolique, donne, à côté de l'acétal tétrolique et du produit initial, de l'acétal éthoxycrotonique; le rendement est en général médiocre.

Le traitement par la potasse aqueuse nous a donné de bien meilleurs résultats; en maintenant une agitation violente, à cause du milieu hétérogène, on arrive à rendre la réaction presque totale, mais l'on obtient à côté de l'acétal tétrolique, un isomère le β-butyne-acétal, mélangé très probablement du dérivé allénique $CH_2{=}C{=}CH{-}CH(OC_2H_5)_2$. Viguier qui avait essayé l'action du sodium et de la potasse sèche vers 180° à 200° sur l'acétate tétrolique a isolé l'éthoxy 1-butène 1.2-yne 3.4.

La potasse aqueuse, au contraire, vers 120-130°, donne à partir de l'acétal monobromocrotonique un mélange contenant jusqu'à 50 % d'un isomère de l'acétal tétrolique passant plus bas; la proportion de ce dernier semble diminuer par chauffage en présence de potasse; les constantes et propriétés lui font attribuer la formule du β butyne acétal $C_8H_{14}O_2$ ou $HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH(OC_2H_5)_2$; on trouve : É 156-158°; $n_D^{19}$ 1,4303; $D_4^{19}$ 0,886; $\varepsilon_{19}$ 4,02; (C % 65,7; H % 9,7 pour 67,6 et 9,8), d'où R. M. 41,43 pour 40,43.

Le spectre Raman donne une fréquence à 2121 cm$^{-1}$ correspondant à un acétylénique vrai; le nitrate d'argent alcoolique donne un précipité blanc de dérivé argentique, cristallisant avec une molécule de nitrate d'argent; il a été

([1]) *Ann. de Chim.*, (8), 28, 1913, p. 433.

vérifié par hydrolyse et l'action du réactif de Schiff, que l'on se trouve bien en présence de l'acétal d'un dérivé aldéhydique et non d'un dérivé cétonique isomère.

L'acétal tétrolique, au contraire, donne : É 166°,5-167°,5; $n_{D}^{16,5}$ 1,4290; $D_{5}^{17}$ 0,8999; $\varepsilon_{16,5}$ 3,34 d'où RM.40,68, en accord avec les résultats de Viguier (¹); le spectre Raman donne deux fréquences intenses à 2237 et 2313 $cm^{-1}$ caractéristiques des acétyléniques disubstitués.

On remarquera l'exaltation de la réfraction moléculaire et la constante diélectrique plus élevée de l'acétylénique vrai; cette dernière, quoique la précision de nos mesures ne soit que de l'ordre de quelques pourcents, est augmentée d'environ 20 %.

Les premiers résultats obtenus semblent montrer que l'on se trouve dès le début du traitement en présence d'un mélange riche en acétal acétylénique vrai, contenant un peu d'allénique, mais qui évolue vers l'acétylénique disubstitué; l'hyperconjugaison (²) bien connue du groupement méthyle, doit conférer aux hydrogènes de ce groupement dans l'acétal monobromocrotonique une mobilité telle que ce soient eux qui soient éliminés et isomérisés par la potasse.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Deux utilisations de la machine optique pour le calcul des séries de Fourier* (¹). Note de M. **Gérard von Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

I. *Représentation « en relief » de la densité électronique*. — Le mode ordinaire de calcul photographique de la densité électronique dans une maille cristalline ne permet pas de représenter simultanément, avec le même contraste, toutes les valeurs de cette fonction.

Afin de remédier à cet inconvénient, on a enregistré non pas la densité $\rho_{xyz}$ elle-même, mais sa dérivée par rapport à une direction quelconque du plan de maille étudié :

$$\frac{\partial \rho_{xyz}}{\partial x} = \frac{-2\pi}{V} \sum_{R=0}^{R=\infty} \sum_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi} \sum_{l=0}^{l=\infty} (F_{R\varphi l} R\cos\varphi) \sin[2\pi R(x\cos\varphi + y\sin\varphi) + (2\pi l z + \alpha_{R\varphi l})]$$

($z$ = const.; R, $\varphi$, $l$, coordonnées cylindriques du réseau réciproque).

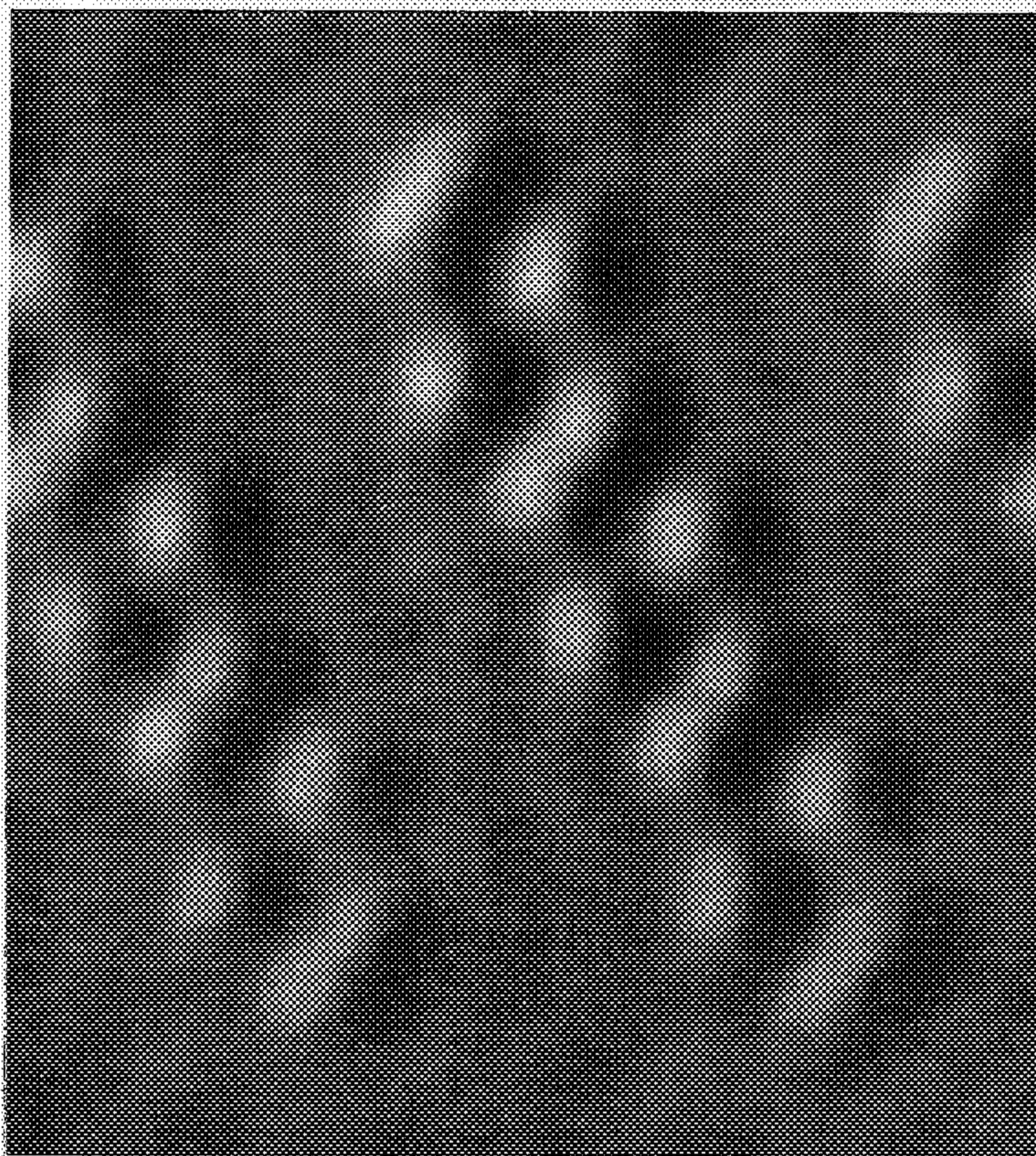
On obtient ainsi une image donnant une impression de relief et accusant des détails impossibles à déceler, à cause de leur finesse, par les procédés courants

(²) *Voir* p. ex. : *Cransford hyperconjugaison*, *Quarterly Review*, III, 1949, p. 226.

(¹) G. von Eller, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1122.

de calcul arithmétique. La figure est une reproduction du cliché $\partial\rho/\partial x$ de l'anthracène (projection sur la face 010) [2].

2. *Mesure des facteurs de structure et de leurs phases.* — La technique indiquée ci-dessous est valable dans la mesure où les facteurs de diffraction des différents atomes en fonction de $\sin\theta/\lambda$ restent dans des rapports constants.



$r_j$, $\omega_j$, $z_j$ ($j = 1, 2, 3, \ldots, N$) étant les coordonnées cylindriques des N atomes de la maille cristalline ramenée à un cube, et $Z_j$ les numéros atomiques correspondants, on écrit la transformée de Fourier suivante :

$$(1)\quad \tilde{F}_{hkl} = \tilde{A}_{hkl} + \sqrt{-1}\,\tilde{B}_{hkl} = \sum_{j=1}^{j=N} Z_j \cos[2\pi r_j(h\cos\omega_j + k\sin\omega_j) + 2\pi l z_j] + \sqrt{-1}\sum_{j=1}^{j=N} Z_j \sin[2\pi r_j(h\cos\omega_j + k\sin\omega_j) + 2\pi l z_j]$$

avec $l$ entier et $\tilde{F}_{hkl} = F_{hkl}(\Sigma Z_j/\Sigma f_j)$.

[2] Données expérimentales de ROBERTSON, MATHIESON et SINCLAIR, *Acta Cryst.*, 3, 1950, p. 245.

Lorsque $l$ est maintenu constant, la relation (1) correspond à une section de l'espace réciproque à la cote $l$.

L'appareil optique, travaillant de façon analogue à celle utilisée pour le calcul de la densité électronique, étudiera, au lieu de $\tilde{A}$ et $\tilde{B}$, les quatre fonctions suivantes :

$$\tilde{A}_+ = \Big(\sum_j Z_j\Big) + \tilde{A}, \qquad \tilde{B}_+ = \Big(\sum_j Z_j\Big) + \tilde{B},$$

$$\tilde{A}_- = \Big(\sum_j Z_j\Big) - \tilde{A}, \qquad \tilde{B}_- = \Big(\sum_j Z_j\Big) - \tilde{B},$$

ceci simultanément pour toutes les valeurs de $h$ et $k$.

Comme seules importent les valeurs de ces fonctions relatives à des indices $h$ et $k$ entiers, il a été possible de les grouper sur la même feuille de papier sensible autour de chaque nœud du réseau réciproque, après les avoir sélectionnées au moyen d'un masque convenable.

La comparaison directe des quatre densités photographiques permet l'évaluation de l'argument $\tilde{a}_{hkl} = \operatorname{arctg} \tilde{B}/\tilde{A}$ avec une erreur en tout cas inférieure à $\pm \pi/8$. Bien entendu une structure centrosymétrique n'exige que l'étude de $\tilde{A}_+$ et $\tilde{A}_-$, et le signe de $\tilde{F}_{hkl}$ est ainsi déterminé sans ambiguïté.

Une mesure quantitative de $\tilde{a}_{hkl}$ peut être obtenue au moyen d'échelles de densités appropriées, de même, d'ailleurs, qu'une évaluation de

$$|\tilde{F}_{hkl}|^2 = \frac{1}{4}[(\tilde{A}_+ - \tilde{A}_-)^2 + (\tilde{B}_+ - \tilde{B}_-)^2].$$

Cependant, si une valeur de $|\tilde{F}_{hkl}|^2$ plus précise est nécessaire, la machine peut étudier directement la fonction suivante :

$$\mathcal{F}^2_{hkl} = \Big(\sum_j Z_j\Big)^2 - |\tilde{F}_{hkl}|^2 = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{i=N} Z_i Z_j \{ 1 - \cos[2\pi r_{ij}(h \cos\omega_{ij} + k \sin\omega_{ij}) + 2\pi l z_{ij}] \},$$

où $r_{ij}$, $\omega_{ij}$, $z_{ij}$ sont les coordonnées cylindriques de l'atome $j$ par rapport à l'atome $i$.

Dans le cas d'une maille totalement asymétrique contenant 20 atomes, les conditions expérimentales actuelles permettent de traiter jusqu'à 289 facteurs de structure géométrique en une demi-heure pour $[\tilde{A}_+, \tilde{B}_+, \tilde{A}_-, \tilde{B}_-]$, et en une heure pour $\mathcal{F}^2_{hkl}$.

GÉOLOGIE. — *Le Trias au Nord d'Alès; le sondage de Lacoste (Gard).* Note de M. **Jean-Paul Destombes**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'étude de quelques sondages carottés dans les morts-terrains du bassin houiller du Gard, permet de préciser la composition stratigraphique et l'épaisseur du Trias, formé de sédiments détritiques, cimenté par la dolomie, l'anhydrite et quelquefois le sel gemme.

Le morcellement des terrains secondaires de la bordure Sud-Est des Cévennes, amplifié par la nature souvent salifère du Trias, permet difficilement de reconstituer aux affleurements la composition même du Trias. Depuis quelques années, un certain nombre de sondages ont été exécutés pour la reconnaissance du Houiller, recoupant sa couverture triasique normale; ces sondages ont été entièrement carottés, et les différentes coupes ont pu être rattachées entre elles par des niveaux repères.

Un premier groupe de forages, situé entre 3 et 7 km au Nord d'Alès (La Blaquière, Lacoste, La Minette) permet d'attribuer au Trias de cette zone la composition ci-dessous, le forage de Lacoste ayant servi de type dans des couches *sub-horizontales, bien qu'en grande partie salifères*, entre un infra-lias fossilifère et le Houiller redressé.

*Trias inférieur.* — Arkose à ciment de dolomie et d'anhydrite (1 à 10 m).

*Muschelkalk.* — Dolomie noirâtre, souvent massive, alternant avec anhydrite, formant le ciment de matériaux détritiques, d'origine granitique et cristallophyllienne (30 à 50 m).

*Keuper inférieur.* — Alternance de marnes dolomitiques noires et d'anhydrite (sel gemme à La Blaquière, vers le tiers inférieur); à ces couches sont incorporés les mêmes matériaux détritiques que ci-dessus (100 à 120 m).

*Keuper moyen et supérieur.* — Grès et conglomérats à ciment dolomitique, et marnes dolomitiques bigarrées. Faune abondante de *phyllopodes caractéristiques* [1]. A la base, un niveau constant de marnes dolomitiques sableuses, rouge brique, immédiatement au toit du salifère (50 m).

Un deuxième groupe de forages, situés près de Saint-Florent-sur-Auzonnet, à 25 km au Nord d'Alès, montre que le Trias est presque entièrement dépourvu de couches salifères.

*Trias inférieur.* — Arkose à ciment siliceux ou dolomitique (10 à 12 m).

*Muschelkalk.* — Dolomies massives à lits quelquefois silicifiés, fossilifères : *Myoph.* cf. *elegans* et une *Myophorie* à côtes radiaires du type *M. Goldfussi* (dét. Ricour) supportant des marnes noirâtres à débris de lignites.

---

[1] S. Defretin, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 70, 1950 (sous presse) (*Faune découverte en carottes* par J. Ricour).

*Keuper*. — A la base, quelques cargneules peu épaisses, un niveau de marnes dolomitiques sableuses, rouge brique, supportant une alternance de marnes dolomitiques bigarrées et de conglomérats à ciment dolomitique ou siliceux (30 à 40 m).

Le carottage continu de tous ces sondages a permis l'étude des matériaux constitutifs de la série triasique régionale, étude dont voici les résultats essentiels :

1° Le Trias de la région située au Nord d'Alès est formé de sédiments détritiques puissants, marquant la présence du socle cristallophyllien à proximité immédiate de son aire de dépôt jusqu'au Lias inférieur. Ce socle était granitique aux environs immédiats d'Alès (feldspaths abondants et très frais).

2° Les lagunes bordant la mer épicontinentale du Trias constituaient les bassins de réception de ces matériaux où ils étaient cimentés, soit par la dolomie, soit par l'anhydrite, soit même par le sel gemme, depuis la base du Trias jusqu'au Keuper supérieur exclusivement.

Le Trias recoupé dans les deux régions par les sondages comporte une succession stratigraphique semblable, si l'on fait abstraction des dépôts salifères. Ceux-ci, d'une part, remplacent latéralement la dolomie, et, d'autre part, provoquent des épaississements locaux dus à l'inégalité de la subsidence du bassin bordier. Le sel gemme de La Blaquière n'existe plus à Lacoste à 1 km au Nord.

La première transgression marine du Trias ne peut être datée ici que par *Myophoria* cf. *elegans* Bunker, fossile trouvé aussi au Mas-Dieu par M. Bucklès à la base de la série dolomitique. Il est probable qu'ici comme à la Salle ([2]) l'époque de cette transgression est tardive à cause d'un relief encore vigoureux dû à l'orogenèse post-stéphanienne.

3° L'association minéralogique dolomie-anhydrite sous les formes les plus diverses, paraît originelle, comme dans les Pyrénées ([3]). De nouveaux types de cette association ont été rencontrés à Lacoste, tels que : oolithes complexes à noyaux anhydritiques, ou à noyaux détritiques et cortex anhydritiques. Les cristaux de quartz bipyramidés à inclusion d'anhydrite se rencontrent en milieu dolomitique et sulfaté calcique (gypse, anhydrite) lorsqu'il y a eu mouvements : brèche tectonique, mouvement fluidal de l'anhydrite ou foisonnement, mouvements provoquant la ségrégation de l'anhydrite par rapport à l'argile dolomitique de constitution.

4° Enfin, ces sondages confirment, par les suppressions ou répétitions de couches restées horizontales, les résultats des études de la couverture

---

([2]) M. Dreyfuss, M. Mainguy et V. Mauguy *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1292.

([3]) J. P. Destombes, *Publ. B. R. G. G.*, n° 7, 1949, p. 73.

du Houiller (¹). Le Trias généralement salifère a le plus souvent amorti les poussées d'âge tertiaire et ménagé les structures profondément plissées antérieurement au Trias, du Stéphanien sous-jacent.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du bassin houiller de Decazeville. Flore fossile du Mazel.* Note de M^lle **Jeanne Doubinger** et M. **Pierre Vetter**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La formation du Mazel occupe toute la région sud-est du Bassin de Decazeville entre la vallée du Riou-Vieux et celle du Riou-Mort. Vers le Nord, elle s'étend au delà de la route de Cransac à Firmy; à l'Est, elle disparaît sous une étroite bande d'Autunien discordant que surmonte la puissante série de grès rouges saxoniens du détroit de Rodez. Au Sud le Mazel est lui-même discordant sur les couches de l'Estang que l'on rattache au Système Moyen de Decazeville. Près du hameau des Caumels, à 2 km environ au nord-ouest du village d'Auzits, il semble reposer directement sur une avancée du Système Inférieur.

Dans cette formation du Mazel les poudingues dominent largement et séparent quelques passages schisto-charbonneux. Au toit des couches de houille et dans les schistes, on a récolté une flore assez abondante qui comprend :

*Alethopteris Grandini* Brong., *Callipteridium gigas* Gutb., *C. pteridium* Schloth.;

*Odontopteris Brardi* Brong., *O. cf. genuina* Gr. Eu., *O. minor* Brong., *O. minor-Zeilleri* Pot., *O. cf. obtusa* Brong., *O. subcrenulata* Rost., *Neuropteris cordata* Brong., *N. crenulata* Brong. (*N. prædentata* Goth.), *N. gallica* Zeill., *N. cf. Planchardi* Zeill., *N. pseudo-Blissi* Pot., *Linopteris Brongniarti* Gutb., *Cyclopteris* entiers et laciniés;

*Dicksonites Pluckeneti* Schloth., *Ovopteris pecopteroides* Landeskr., *Sphenopteris Casteli* Zeill., *Sph. Matheti* Zeill., *Sph. cf. fossorum* Zeill., *Zygopteris* sp., *Eremopteris* sp.;

*Pecopteris Candollei* Brong., *P. cyathea* Schloth., *P. Daubréei* Zeill., *P. densifolia* Gœpp., *P. elaverica* Zeill., *P. feminæformis* Schloth., *P. hemitelioides* Brong., *P. cf. integra* Andrae, *P. cf. oreopteridia* Brong., *P. Monyi* Zeill., *P. plumosa-dentata* Brong., *P. cf. pseudo-Bucklandi* Andrae, *P. unita* Brong.;

*Tæniopteris jejunata* Gr. Eu., *T. multinervis* Weiss;

*Diplotmema Busqueti* Zeill., *D. Ribeyroni* Zeill.;

*Sphenophyllum oblongifolium* Germ. et Kaulf., *Sph. Thoni* Mahr.;

(¹) J. Louis, *B. S. G. F.*, (5), **19**, 1949, p. 167.

*Annularia sphenophylloides* Zenk., *A. spicata* Gutb., *A. stellata* Schloth., *Asterophyllites equisetiformis* Schloth., *Calamites Cisti* Brong., *C. cruciatus* Sternb., *Cordaites lingulatus* Gr. Eu., *Poacordaites* sp., *Aphlebia acanthoides* Zeill,. *Aphlebia rhizomorpha* Zeill., et diverses graines.

Dans cet ensemble de plus de 50 espèces, on remarque :

1° La fréquence de *T. multinervis*, *P. Monyi*, *P. elaverica*, *Sph. Casteli* et *Sph. Thoni* qui sont caractéristiques du Stéphanien supérieur; on les a recueillis en plusieurs points du gisement;

2° La variété des *Neuropteris* et des *Sphenopteris*; ce caractère distinctif du Stéphanien supérieur a déjà été signalé par P. Bertrand (1).

3° La persistance de plusieurs espèces qui apparaissent dès le Stéphanien moyen : *P. feminæformis*, *O. minor-Zeilleri*, *C. gigas*, *Ov. pecopteroides*.

De plus, on constate une certaine abondance de formes banales communes dans tout le Stéphanien et dépourvues d'intérêt stratigraphique, ainsi que des empreintes à affinités encore incertaines. Par contre, il faut souligner une certaine rareté des *Odontopteris* : ce n'est peut-être qu'un caractère local, puisqu'on les a récoltés en grand nombre dans les niveaux supérieurs de la découverte (2).

*Conclusion.* — Dans le Bassin de la Loire, des associations analogues caractérisent l'assise d'Avaize (3); l'ensemble de ces caractères floristiques nous permet donc de ranger la formation du Mazel dans le Stéphanien supérieur. De ce fait, elle occuperait le sommet de l'échelle stratigraphique locale de Decazeville et non la base du Système Moyen comme on le croyait autrefois (4), (5).

GÉOLOGIE. — *Sur quelques phénomènes de karstification d'âge éocène inférieur ou crétacé supérieur à la bordure Sud-Ouest et Sud du Massif Central.* Note de M. **Henry Agalède**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans une étude parue en 1937 M. B. Gèze (1) signalait, après Thévenin (2) l'existence, à la bordure Sud-Ouest du Massif Central de phénomènes karstiques liés à la phase d'aplanissement éocène et fossilisés à l'Oligocène par les remblaiements (*argiles à graviers*) du Sannoisien-Stampien.

(1) *C. R. IIe Congrès de Stratigraphie Carbonifère*, Heerlen, 1935, p. 67.

(2) F.-M. Bergounioux et J. Doubinger, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 612.

(3) P. Corsin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 117.

(4) J. Bergeron, *Étude géologique du Massif ancien situé au Sud du plateau Central*, Paris, 1889.

(5) J. Bergeron, Jardel et Picandet, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, 28, 1900, p. 715.

(1) *A. Agro.*, 29, 1937.

(2) *B. Serv. Carte Géol. Fr.*, 14, 1902-1903.

Or la karstification éocénique, si ce n'est crétacique, fut très générale à la bordure Sud-Ouest et Sud du Massif Central et sa présence conditionne la manière d'être hydrogéologique complexe de certaines régions.

1. Des travaux de Génie rural m'ont tout récemment amené à examiner les conditions géologiques et hydrogéologiques de l'anticlinal liasique du Caussanel, au Nord-Ouest de Villeneuve (Aveyron), dans la section de celui-ci recoupée par le ruisseau du Rey. Les eaux de ce ruisseau, qui apparaissent à la résurgence de même nom à l'endroit du contact par faille du Causse jurassique synclinal de Villeneuve dont elles sont originaires, se perdent sur le flanc Nord-Ouest de ce dernier, dans de multiples entonnoirs crevant la couche résiduelle imperméable recouvrant les calcaires hettangiens-sinémuriens, et cela, bien en amont d'une deuxième faille faisant butter cette structure contre les couches bajociennes du Causse synclinal de Montsalès. Les eaux ainsi absorbées réapparaîtraient en résurgence dans les calcaires bajociens au Nord-Est du village de Montsalès.

La disparition des eaux du ruisseau du Rey, soit au Moulin de Naudet, soit au lieu-dit « Le Pradal », ne paraît se faire, à travers la couverture détritique imperméable crevée, que grâce à l'existence sous-jacente d'un karst fossile affectant les calcaires hettangiens-sinémuriens de la structure anticlinale. Ce karst fossile serait de formation antérieure à la couverture détritique le recouvrant. Or, cette dernière est constituée, tout au moins à sa base, par des *argiles à graviers* sidérolithiques d'âge éocène ou oligocène. Thévenin a montré ([3]), que la faille de Villefranche, dans la région de Villeneuve, avait joué à l'Éocène de 200 m environ. Si nous considérons que les mouvements pyrénéens ont débuté après le Sénonien et que ceux-ci n'ont pas été sans influencer par contre-coup la tectonique régionale, on peut admettre que le jeu vertical des failles a débuté dès cette période, désorganisant les niveaux de base et interrompant la karstification. Meynier ([4]) a signalé l'existence, entre les surfaces d'érosion pré-triasiques et éogènes, sur les Ségalas, l'existence d'une surface dite *niveau intermédiaire* qu'il rattache au Crétacé supérieur ou « au plus tard à l'Éocène inférieur ». Comme l'existence même de ce niveau est liée à une période d'érosion, il est tout à fait logique d'admettre que celle-ci, sur les surfaces calcaires en relief, fut accompagnée d'une karstification. L'érosion subaérienne, puis karstique, de la structure aujourd'hui enfouie du Rey, daterait donc du Crétacé supérieur ou de l'Éocène inférieur; la cessation de l'érosion karstique, consécutive de l'affaissement de la structure, se serait produite

---

([3]) *Loc. cit.*, p. 146.

([4]) A. Meynier, *A travers le Massif Central-Ségalas, Levézou, Châtaigneraie,* Éditions U. S. H. A. Aurillac 1931, p. 26-33.

à l'Éocène moyen; le remblaiement, puis la fossilisation, de la surface ainsi karstifiée et affaissée, dès les débuts de l'Oligocène.

L'actuel drainage souterrain des eaux du Rey en direction de la vallée du Lot, niveau de base, serait donc dû à la remise en activité postérieure du réseau karstique par « capture souterraine » provoquée par le réseau karstique plus récent du Causse jurassique de Montsalès.

2. En bordure Sud du Massif Central, des travaux de recherche d'eau pour l'alimentation de la ville de Rodez m'ont conduit à définir une structure brachysynclinale de calcaires hettangiens et de grès triasiques sous-jacents affaissée et coincée, en bordure occidentale de la chaîne axiale gneissique du Lévézou, cela suivant deux failles parallèles. Un forage exécuté à ma demande, dans l'axe présumé du brachysynclinal considéré rencontra, à — 20 m de la surface et dans les calcaires hettangiens, une galerie karstique en charge qui, une fois le toit de la galerie percé, provoqua, dans le sondage jusque-là sec, une remontée d'eau jusqu'à —6 m de la surface.

Du point de vue hydrogéologique, le réseau karstique découvert ne peut être imputé à une évolution karstique quaternaire ou même néogène. On se trouve là, en effet, en présence d'un témoin sédimentaire reste de la transgression triasicoliasique qui s'étendit discordante sur la pénéplaine anté-triasique du complexe cristallophyllien Ségala-Lévezou; témoin sédimentaire qui, karstifié et fossilisé, s'affaissa au Lutétien dans celui-ci sous l'effet des contre-coups des mouvements pyrénéens, suivant deux failles. Par conséquent les phénomènes karstiques sont antérieurs à l'effondrement. Ils seraient un témoin fossilisé du *niveau intermédiaire* de Meynier. En effet, la surface karstique considérée, affaissée et plissée en brachysynclinal entre le Sénonien et l'Éocène supérieur, a été ultérieurement recouverte par des *argiles à graviers*, elles-mêmes enfouies sous une couverture d'éléments argileux et clastiques postérieurs provenant de l'érosion des massifs cristallophylliens encaissants. Ces *argiles à graviers* ont été rencontrées, au contact des calcaires hettangiens, dans les avant-puits de forage, sous la couverture détritique postérieure épaisse de 3 m environ. Ailleurs, sur les flancs cristallophylliens et en bordure de la structure, cet ensemble détritique a été entraîné par les eaux sauvages pour ne plus subsister que dans l'axe même de la structure. Cette structure, puisque affaissée dans un massif gneissique imperméable l'auréolant de toute part et recouverte par un manteau détritique imperméable, ne peut s'être karstifiée après son affaissement dans les gneiss.

Le karst du brachysynclinal du Lévezou antérieur à l'Éocène supérieur, a donc été réutilisé, depuis la fossilisation consécutive à son enfoncement dans le massif gneissique, comme un réservoir en charge où s'accumulent les eaux circulant dans les arènes gneissiques des bordures.

En conclusion, *les phénomènes de karstification éocénique invoqués par*

*M. B. Gèze pour expliquer la genèse des poches à phosphorites et autres du Bas-Quercy sont, dans l'ensemble des régions Sud-Ouest et Sud, des phénomènes très généraux qui remonteraient au Crétacé supérieur-Éocène inférieur; à la suite des mouvements lutétiens qui les affectèrent, ceux-ci sont synchroniques du « niveau intermédiaire » de Meynier auquel ils se rattachaient antérieurement à leur enfoncement et à leur fossilisation ultérieure par les argiles à graviers de l'Éocène supérieur-Oligocène inférieur.* Du point de vue hydrogéologique, les deux exemples cités montrent combien est complexe la réadaptation de ces karsts fossiles à un régime hydrogéologique plus récent.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur deux bois silicifiés du Permien des Vosges.* Note de M. **Fridolin Firtion**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'un des échantillons provient du Permien inférieur du Bassin de Villé (couches de Triembach), le second a été récolté dans les dépôts du Permien supérieur du Hang, au pied du Climont (bassin de Saint-Dié).

1. *Bois de Triembach.* — La section transversale montre une disposition zonée due à l'alternance de parties concentriques claires et foncées. En lame mince, on remarque des zones à trachéides entières séparées par des zones compactes à trachéides écrasées. Une disposition analogue a été reconnue dans d'autres bois fossiles plus récents, les fractions écrasées correspondent alors au bois de printemps plus vulnérable [1].

La coupe radiale met en évidence des ponctuations hautes de 11,6 μ, monosériées ou bisériées alternes. Leur contour est, en général, hexagonal, mais certaines ponctuations unisériées sont subcirculaires. Les rayons médullaires renferment une substance foncée, qui rend difficile le repérage des ponctuations.

En section tangentielle, les rayons médullaires se montrent constitués par des cellules subelliptiques dont la hauteur est comprise entre 23,2 et 40,6 μ. Dans la plupart des rayons on compte de 1 à 10 cellules, mais certains peuvent en avoir jusqu'à 30.

Les rayons médullaires, unisériés dans l'ensemble, peuvent être bisériés sur une cellule placée à l'une des extrémités du rayon. La coupe tangentielle comporte, en outre, des ponctuations hexagonales unisériées et bisériées; leur hauteur atteint 11,6 μ.

2. *Bois du Hang.* — Ce bois, de teinte foncée, possède une partie externe de coloration rouge rappelant celle des calcédoines, qui se rencontrent dans les mêmes couches.

La section transversale est dépourvue de zones d'accroissement; les trachéides ont, pour la plupart, un contour plus ou moins frippé et plissoté qui indique un bois en voie de décomposition.

---

(1) F. Firtion, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 13, 1945, p. 171.

Les ponctuations radiales, très difficiles à observer, sont unisériées ou bisériées alternes. Leur contour est hexagonal, leur hauteur atteint 11,6 μ. Les cellules couchées des rayons médullaires sont plus ou moins allongées et possèdent une paroi lisse.

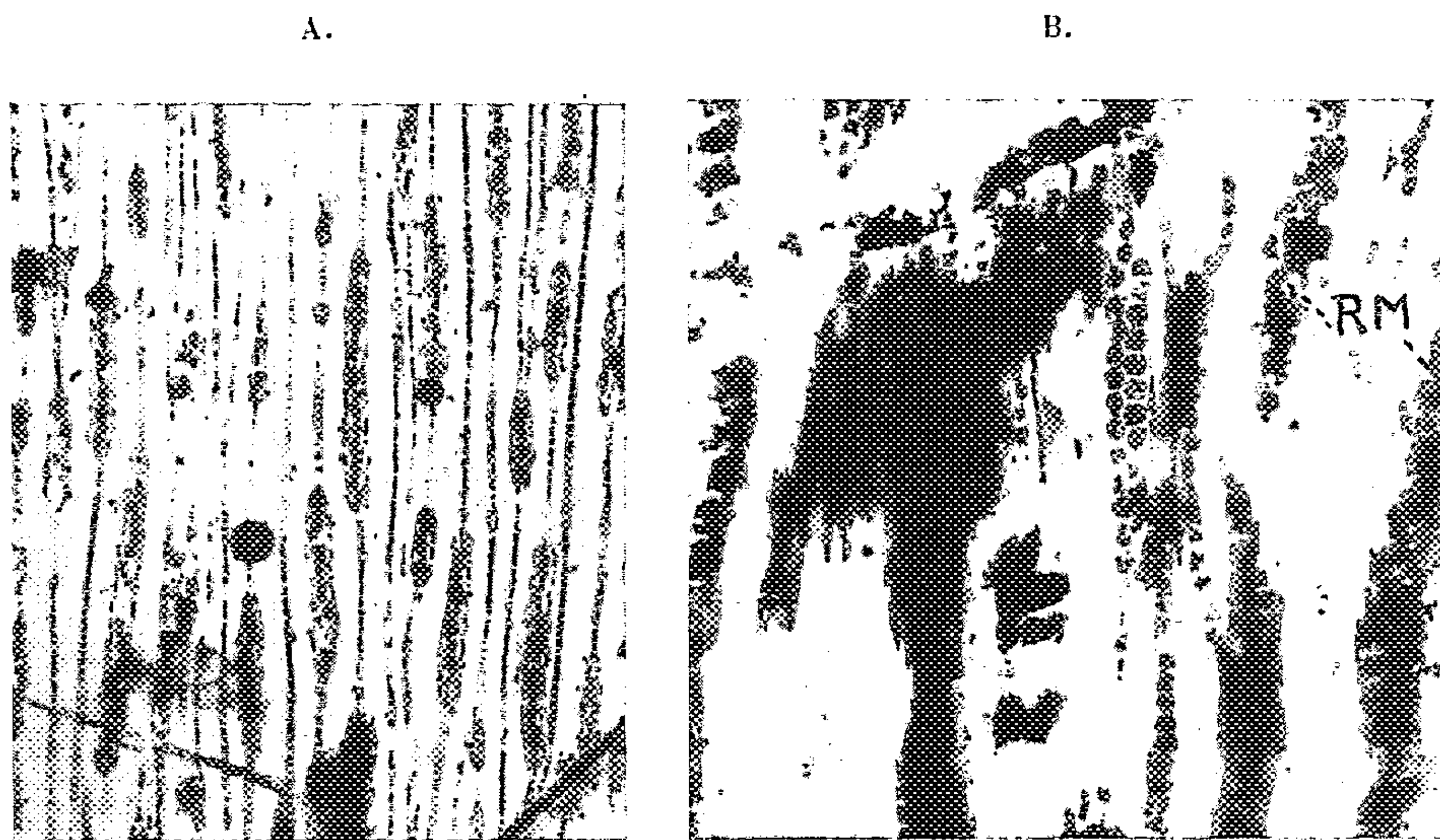



Fig. 1. — *Dadoxylon Rollei* var. *vogesiacum* nov. var.

A, section tangentielle, gross. 58 × env.; B, section tangentielle montrant des trachéides pourvues de ponctuations; RM, rayons médullaires, gross. 170 × env.

Les rayons comportent 1 à 20 cellules, mais dans le cas le plus fréquent, leur nombre n'excède pas 10. Les rayons unisériés prédominent, mais le nombre des rayons partiellement ou totalement bisériés est relativement élevé. La hauteur des cellules varie entre 23,2 et 40,6 μ, mais les valeurs les plus communes sont 29 et 34,8 μ.

*Conclusion.* — D'après leurs caractères anatomiques, les deux bois examinés appartiennent au genre *Dadoxylon*. En raison de la présence de ponctuations tangentielles et de la fréquence des cellules médullaires, le bois du Permien inférieur se rapproche de *Dadoxylon Rollei* Ung., qui est également une forme permienne. Il s'en sépare cependant par les rayons médullaires qui chez *D. Rollei* sont partiellement ou totalement bisériés jusqu'à concurrence de 40 %. La disposition unisériée des rayons ainsi que la hauteur des ponctuations permettent de le rappocher de *D. Schenkii* Morg., dont il se distingue par la hauteur moins grande des cellules médullaires.

En conséquence, le *Dadoxylon* des couches de Triembach peut être considéré comme une forme intermédiaire entre *D. Rollei* et *D. Schenkii*; mais la présence de ponctuations tangentielles, caractère rare chez les Dadoxylon,

laisse penser qu'il s'agit plutôt d'une variété de *D. Rollei* que j'ai dénommée *vogesiacum* en raison de son lieu de gisement.

*Diagnose* : *Dadoxylon Rollei*, var. *vogesiacum* nov. var.

Ponctuations radiales et tangentielles à contour hexagonal, unisériées ou bisériées alternes, hauteur : 11,6 μ environ. Rayons médullaires généralement unisériés, rarement bisériés sur une cellule terminale, formés le plus souvent de 1 à 10 cellules. Hauteur des cellules comprises entre 23,2 et 40,6 μ.

*Gisement* : Permien inférieur du Bassin de Villé (Bas-Rhin).

En ce qui concerne le bois du Hang, l'effacement des ponctuations n'a pas rendu possible l'observation de ces éléments sur les parois tangentielles des trachéides. Cependant, la présence de rayons médullaires partiellement ou totalement bisériés, l'absence de zone d'accroissement et la hauteur des cellules médullaires, indiquent également des affinités avec *D. Rollei*.

GÉOPHYSIQUE. — *Une nouvelle bande de vibration-rotation de la molécule* OH *dans le spectre du ciel nocturne*. Note (*) de M. MAURICE DUFAY, présentée par M. Jean Cabannes.

Les observations faites en collaboration avec J. Cabannes et J. Dufay ([1]) ont montré qu'en dehors des raies bien connues de [OI] et NaI le spectre d'émission du ciel nocturne, entre 5 800 et 6 900 Å, contenait uniquement des bandes de vibration-rotation de la molécule OH.

La dernière bande observée du côté des courtes longueurs d'onde est la bande (8,2), dont la branche Q se trouve superposée au doublet du sodium. Son intensité laissait prévoir la possibilité d'observer dans la même séquence, la bande (7,1) dont l'origine doit se trouver à 5 563,9 Å d'après Meinel ([2]) ou à 5 565,5 Å d'après la formule donnée par Cabannes et ses collaborateurs ([1]). Des observations anciennes indiquaient bien la présence d'une bande faible et probablement complexe, du côté rouge de la forte raie 5 577,35 Å de l'oxygène, dont le voisinage est extrêmement gênant. On avait trouvé en effet les radiations 5 663 Å [J. Dufay ([3])], 5 620 Å (0) et 5 682 Å (2) [L. A. Sommer ([4])], 5 646 Å (3) et 5 698 Å (2) [J. Cabannes ([5])].

Grâce à sa dispersion relativement grande (230 Å : mm à 5 577 Å) et à son excellent pouvoir de résolution, le spectrographe à deux prismes de J. Cojan ([6])

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1233.

([2]) *Astrophys. J.*, **112**, 1950, p. 555.

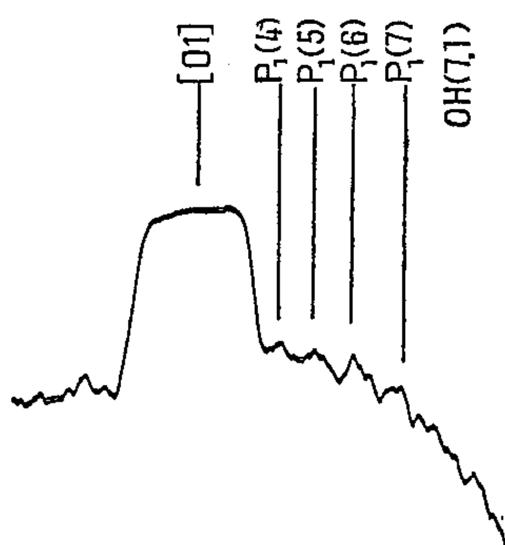
([3]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1106; *J. Phys.*, série VII, **4**, 1933, p. 221.

([4]) *Z. Physik*, **77**, 1932, p. 374.

([5]) *J. Phys.*, série VII, **5**, 1934, p. 601

([6]) *Ann. Astrophys.*, **10**, 1947, p. 33.

m'a permis de caractériser très nettement la branche P de la bande (7, 1). J'ai utilisé les plaques Eastman 103 *a*G, très sensibles dans cette région mais dont le grain est malheureusement assez gros. Avec des poses variant de 5 à 12 h, on distingue, du côté rouge de la raie 5577 Å très surexposée, un groupe de raies faibles qui correspondent aux raies individuelles de la branche P. On les pointe aisément au comparateur ou sur les enregistrements microphotométriques (*voir* figure ci-dessous). Sur les clichés où la raie 5 577 Å est moins forte, on voit aussi du côté violet une faible radiation difficile à pointer (longueur d'onde voisine de 5545 Å) qui représente le maximum de la branche R. La branche Q est inobservable en raison de la proximité de la raie 5 577 Å.




La deuxième colonne du tableau ci-dessous donne les longueurs d'onde moyennes mesurées sur neuf clichés. Les deux radiations observées par Cabannes correspondent bien aux raies $P_1(5)$ et $P_1(7)$.

| | λ observés (Å). | Nombre d'ondes ν (vide) (cm⁻¹). | Origine $\nu_0$ (cm⁻¹). | λ calculés avec $\nu_0 = 17\,978,5$ cm⁻¹ (Å). |
|---|---|---|---|---|
| $P_1(4)$........ | 5623,0 | 17 779,0 | 17 976,7 | 5622,5 |
| $P_1(5)$........ | 5643,6 | 17 714,2 | 17 979,5 | 5643,6 |
| $P_1(6)$........ | 5668,0 | 17 637,9 | 17 979,3 | 5668,0 |
| $P_1(7)$........ | 5695,5 | 17 552,8 | 17 978,7 | 5695,6 |

Les raies de la branche P doivent être doubles en raison de la duplicité du niveau $^2\Pi$, mais, sur mes clichés, on ne distingue facilement que les raies correspondant aux transitions entre les niveaux $J_{3/2}(P_1)$. Les raies relatives aux niveaux $J_{1/2}(P_2)$, bien plus faibles, n'apparaissent pas nettement.

A partir des seules raies de la branche $P_1$, on peut déterminer le nombre d'ondes par centimètre de l'origine de la bande, en évaluant le dédoublement par la formule de Hill et Van Vleck ([7]). On peut écrire en effet

$$\nu_0 = P_1(k) - k^2(B_{v'} - B_{v''}) + 2kB_{v''} + B_{v'} + \delta\left(J = k + \frac{1}{2}\right),$$

([7]) *Molecular Spectra and Molecular Structure*, 2^e^ édition, 1950.

en posant

$$\delta(J) = \frac{B_{v'}}{2}\left[4\left(J-\frac{1}{2}\right)^2+\frac{A}{B_{v'}}\left(\frac{A}{B_{v'}}-4\right)\right]^{\frac{1}{2}} - \frac{B_{v''}}{2}\left[4\left(J+\frac{1}{2}\right)^2+\frac{A}{B_{v''}}\left(\frac{A}{B_{v''}}-4\right)\right]^{\frac{1}{2}}.$$

J'ai effectué les calculs avec les constantes de rotation données par Herzberg ([7]) $B_e = 18,86$, $\alpha = 0,69$ et la constante de couplage $A = -138,3\,\text{cm}^{-1}$ ([2]). Les nombres obtenus conduisent à prendre $\nu_0 = 17978,5\,\text{cm}^{-1}$. Avec cette valeur, un peu supérieure à celle extrapolée par Meinel ($17968\,\text{cm}^{-1}$), on calcule les longueurs d'onde des raies $P_1$ (colonne 5 du tableau). Elles concordent avec les longueurs d'onde mesurées à $\pm 0,5$ Å près.

On remarquera que dans toutes les mesures photométriques faites soit avec un filtre interférentiel (A. Vassy, E. Vassy et P. Abadie, F. E. Roach et D. Barbier), soit avec un spectrographe peu dispersif muni d'une fente large (J. Dufay et Tcheng Mao-Lin), l'intensité globale de la bande (7,1), avec ses branches R, Q et P se superpose à celle de la raie 5577 Å. Ce fait risque de fausser les mesures d'altitude par comparaison des intensités près du zénith et près de l'horizon, puisque les bandes de OH semblent être émises à une altitude plus basse que la raie 5577 Å. De même la bande (8,2), superposée à la raie D, perturbe les observations relatives au doublet du sodium. Des mesures spectrophotométriques seront nécessaires pour évaluer l'importance de cette cause d'erreur.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la nature du « Rebord Continental » à l'Ouest de la Manche.* Note (*) de MM. **Jacques Bourcart** et **Pierre Marie**, transmise par M. Pierre Pruvost.

On sait ([1]) que la Manche se termine à l'Océan Alantique par un talus modelé en hauts fonds : Hurd Bank, Grande Sole, Petite Sole, Banc de la Chapelle, etc., allongés suivant l'axe de cette mer et séparés par des sillons parallèles. L'image évoque assez bien un delta raviné; mais les chalutiers rochelais draguent des Polypiers branchus sur tous les pédoncules entre les sillons. Ceci laisse supposer que le talus est rocheux, comme probablement sur toutes les rives du Golfe de Gascogne, ce qui contredit l'idée classique d'un « talus continental ».

Mais, jusqu'à présent, la nature géologique du Rebord et du Plateau continental est inconnue, à l'exception de la marge continentale ([2]) de la Californie et des roches que les océanographes américains ont réussi à

(*) Séance du 4 juin 1951.

([1]) Particulièrement grâce aux sondages du *Président Théodore Tissier*. *Voir* les cartes, *fig.* 2, 3, et 4, *in* Le Danois, *Les Profondeurs de la Mer*, Paris, 1948.

([2]) Continental borderland de Shepard.

arracher des parois des canons sous-marins de Californie et de Nouvelle-Angleterre et nous-mêmes de ceux du Golfe du Lion.

Mais, récemment deux trouvailles ont été faites qui jettent quelque lumière sur ce problème. Le Transport de la Marine Royale britannique [3] « Monarch », mouillé par 2 743 m de fond approximativement par 47° 30′ N et 8° 45′ W, c'est-à-dire au large du Banc Shamrock, a relevé son ancre à laquelle était attachée de la vase bleue dans laquelle Ovey a recueilli une *Hantkenina* éocène. Cet auteur [3] y signale, en outre, *Reussella* (*Bulimina*) *limbata* WHITE, de la *Mendez Formation* (Crétacé) de Mexico, *Stensiöina pommerana* BROTZEN (Maestrichtien) et *Pseudotextularia fructicosa* EGGER, du Sénonien.

Par 48°15′ N et 9°55′ W, au large de la Petite Sole, à 2 500 m de profondeur, le releveur du câble français « Alsace » entre Brest et Fayal a recueilli le 19 juillet 1947, dans son grappin, un fragment de 25 cm sur 10 cm d'une craie d'un gris bleu, très tendre à l'origine.

Ce calcaire, actuellement dur, fait difficilement effervescence à l'acide. Il est très imprégné d'opale.

Au microscope, il est composé de granules de calcite, un peu brunie par du fer, de l'ordre du $\mu$, parfois un peu recristallisé, avec un peu de quartz détritique, corrodé ou nourri de 20 à 90 $\mu$, des fragments de muscovite et des grains de glauconie parfois oxydée, paraissant enlevés à une formation plus ancienne. On note quelques rares cristaux détritiques de calcite. Les éléments biologiques sont essentiellement des spicules d'Éponges calcaires, souvent brisés, presque toujours complètement ou incomplètement transformés en opale globulaire. Les Foraminifères, surtout les Globigérinidées sont assez nombreux; leurs tests parfois remplis de calcite, épigénisée par l'opale ou par des globules de pyrite. En outre, il existe quelques rares Radiolaires.

Les Foraminifères sont les suivants (dét. M. Marie) : *Globigerina* sp., *Gl. mexicana* Cushm., (Tantoyuca 16-17-21) [4], *Angulogerina angulosa* Williams, *Angulogerina* sp., *Bigenerina* sp., *Cassidulina globosa* Hantken (Alazan 26, 13), *Nonion umbilicatulus* Montagu (Alazan 25, 12-13), *Nonion Hantkeni* Cushman-Applin (Alazan 25-20).

Cette faune est vraisemblablement oligocène et, comme pour le premier cas, on notera les affinités mexicaines.

Or nous savons que la Manche est un synclinal où affleurent sur les bords le Turonien et l'Éocène et les mesures sismiques de E. C. Bullard

---

(3) J. D. H. WISEMAN et C. D. OVEY, *Proceed. Geol. Ass.*, (1), 61, 1950, p. 43.

(4) Les références se rapportent aux localisations et aux figures de ces espèces dans la microfaune oligocène du Mexique (J. A. CUSHMAN, *J. paleont.*, 1, 1927, p. 147-172, pl. 23-28).

et T. F. Gaskell ont montré qu'en face du Cap Land's End, au bord supérieur du Plateau continental, le remplissage post-hercynien était de 2438 m (3 599 au large de la *Coastal plain* des États-Unis), d'après Maurice Ewing et ses collaborateurs). Il est donc vraisemblable que le pendage des couches se fait vers le Sud-Ouest, vers les fonds océaniques de 4 000 m. L'image, de part et d'autre de l'Atlantique, est celle d'un grand synclinal. Les recherches sismiques de Weybull ([5]) et les récentes mesures britanniques de la gravité ([6]) inclinent à admettre un remplissage épais de sédiments dans le bassin atlantique oriental (3 460 m), l'idée classique d'une faille séparant le Plateau continental des fonds océaniques n'est plus guère admissible.

Une autre conclusion technique se dégage de ces observations. Il est possible de recueillir, avec un grappin ou une ancre spéciale, des échantillons de roches du Rebord continental. Les deux échantillons que nous possédons sont distants de moins de cinquante milles.

Enfin, il semble du plus haut intérêt de lever, au sondeur continu, les sillons qui accidentent l'extrémité de la Manche, et celui qui, suivant Le Danois, est un prolongement de la Loire actuelle, pour déterminer s'il s'agit, comme cela est vraisemblable, de cañons sous-marins.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Stimulation de la croissance initiale de l'Orge par traitement des graines à la coumarine.* Note de M. **Jean Lavollay** et M^me **Françoise Laborey**, présentée par M. Maurice Javillier.

La coumarine est bien connue comme inhibiteur puissant de la germination et de la croissance radiculaire. Nous avons trouvé que, dans certaines conditions de concentration et d'application, cette substance se comporte en facteur de croissance positif.

Pour l'étude des inhibiteurs de la germination on peut utiliser la méthode habituelle de détermination du taux de germination en faisant germer les graines sur un support poreux (sable, coton ou papier) imprégné d'une solution de la substance et comparer les nombres des graines ayant germé dans ces conditions avec le nombre de graines germant sur le même support imprégné d'eau. Cette méthode ne donne que des renseignements grossiers sur l'activité de la substance. Dans le cas de la coumarine, elle montre qu'il y a généralement inhibition complète à la concentration $10^{-3}$ et que des dilutions de plus en plus grandes conduisent à des taux croissants de

([5]) Göteborg, K. Vetens, Sam et Mandal, 6 (B3), 4, 1947, p. 7-17.
([6]) R. C. Browne et R. I. B. Cooper, *Phil. Trans. Roy. Soc. of London*, A. **242**, p. 243-310.

germination; elle ne donne aucun renseignement sur la croissance ulterieure des jeunes plantes.

La méthode que nous utilisons, décrite dans un Mémoire à la Société Botanique de France [1] permet de mesurer les effets des régulateurs de croissance sur le taux de germination et sur la croissance de la jeune plante. Les graines sont généralement des grains d'Escourgeon d'hiver. Les semences sont traitées, soit par imbibition avec une solution aqueuse de la substance, au cours d'une prégermination de 24 h sur sable imprégné de cette solution; soit par trempage sous une couche de liquide de 10 cm de hauteur. Les témoins sont toujours traités de la même manière, mais avec de l'eau pure.

Les effets de tels traitements sont appréciés par la méthode résumée ci-après.

Trente graines, prélevées au hasard, sont déposées à l'intérieur de tubes de verre individuels longs de 20 cm, ouverts aux deux extrémités et présentant un étranglement à 20 mm de l'extrémité supérieure, sur lequel repose la graine. On place un tampon de coton hydrophile imbibé d'eau à côté de la graine; les tubes sont placés verticalement dans des conserves en verre renfermant un peu d'eau. Trente tubes identiques renfermant les graines témoins sont placés dans une autre conserve et l'ensemble, déposé sur une cuvette plate renfermant un peu d'eau, est recouvert d'une cloche en verre et porté à l'étuve à 20°C, à l'obscurité. Le temps de culture sur tubes est facultatif, généralement compris entre 3 et 6 jours. Lors de la récolte, les jeunes plantes, dont les racines se sont développées dans l'atmosphère humide des tubes, sont extraites de ceux-ci; les longueurs des gemmules et des radicules sont mesurées. On compare les sommes des longueurs des plantes dont les graines on été traitées aux sommes des longueurs des plantes témoins.

Lorsque la coumarine est appliquée par imbibition des graines au cours de la prégermination de 24 h, en large contact avec l'air, des concentrations égales ou inférieures à $10^{-5}$ (optimum entre $10^{-7}$ et $10^{-9}$) stimulent la croissance des gemmules et des radicules.

Le degré d'activité de la coumarine comme facteur de croissance est assez irrégulier; il dépend notamment de la température et de la durée de l'expérience; mais il est du même ordre de grandeur que celui de l'acide indole-3 acétique (déterminé par la même méthode).

Le tableau suivant comprend à titre d'exemple quelques résultats.

Les concentrations relativement fortes (par exemple $10^{-5}$) qui ont, à une température donnée, un effet favorable au début de la croissance (par exemple 3 jours) deviennent généralement défavorables si l'on élève la température, ou si l'on allonge le temps de culture, les autres conditions restant inchangées. Les faibles concentrations (par exemple $10^{-10}$) ne montrent qu'un effet favorable lent à se manifester (6 jours par exemple). On observe d'ailleurs des faits analogues avec l'acide indole 3-acétique.

---

[1] Mémoire en cours d'impression.

| Concentration de la coumarine au cours de la prégermination (24 h). | Température en cours de culture (°C). | Durée de la culture (jours). | Sommes des longueurs, en pour-cent des sommes des longueurs des témoins. Gemmules. | Radicules. |
|---|---|---|---|---|
| $10^{-5}$ | 20 | 3 | 156 | 116 |
| | 20 | 4 | 126 | 118 |
| | 20 | 5 | 92 | 90 |
| $10^{-7}$ | 22 | 3 | 158 | 121 |
| $10^{-9}$ | 20 | 4 | 141 | 111 |
| | 20 | 5 | 120 | 124 |
| $10^{-10}$ | 22 | 6 | 120 | 132 |
| $10^{-11}$ | 22 | 6 | 115 | 117 |

Lorsque la coumarine est appliquée au cours d'un trempage des graines et lorsque celles-ci sont ensuite cultivées sur tubes, suivant notre méthode, elle exerce également des effets stimulants à des concentrations analogues. Ces effets sont nettement apparents à partir de 2 h de trempage. Si la durée de l'immersion est prolongée (par exemple pendant 24 h) les phénomènes sont d'interprétation plus difficile, car les témoins trempés dans l'eau pure ont un pouvoir germinatif très atténué.

En résumé, le traitement des graines d'Orge (Escourgeon d'hiver) par des solutions de coumarine suffisamment diluées (concentration inférieure à $10^{-5}$) au cours d'une prégermination de 24 h à l'air, entraîne une stimulation de la croissance analogue à celle que provoque l'acide indole 3-acétique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les facteurs déterminant la reprise de l'activité du cambium chez diverses essences forestières.* Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Des expériences, portant sur plusieurs essences forestières, de cultures de tissu cambial pendant la saison de repos de la végétation, ont montré que dans la majorité des cas ce tissu reprend son activité dès qu'il est soumis à une température suffisante, en l'absence de tout facteur de croissance. La lignification des tissus néoformés est aberrante et très incomplète.

Des recherches anciennes (1) ou récentes (2) ont eu pour objet de déterminer si la reprise d'activité de l'assise cambiale des arbres dépend ou

(1) R. Hartig, *Bot. Zeits.*, 50, 1892, p. 176-180, 193-196; L. Jost, *Bot. Zeits.*, 49, 1891, p. 485-495, 501-510, 525-531, 541-547, 557-563, 573-579, 589-596, 605-611, 625-630.

(2) C. Jacquiot, *Rev. Forest. Française*, 12, n° 11, 1950, p. 605-609; J. H. Priestley and L. I., Scott, *Proc. Leeds. Phil. Soc.*, 3, 1936, p. 235; P. F. Wareing, *Nature G. B.*, 166, 1950, p. 278.

non du développement des bourgeons au début de la saison de végétation. L'ensemble des résultats obtenus présente des contradictions assez nombreuses.

J'ai effectué une nouvelle série d'expériences en vue de rechercher si du tissu cambial prélevé à une époque quelconque de la période de repos pouvait être cultivé *in vitro*.

*Essences étudiées.* — Salicales : *Populus Tremula* L. Fagales : *Betula verrucosa* Ehr. *Fagus sylvatica* L. *Quercus pedunculata* Ehr. et *Q. sessiliflora* Sm. *Castanea vesca* Gaertn. Urticales : *Ulmus campestris* Sm. Rosales : *Robinia peudacacia* L. Malvales : *Tilia parvifolia* Ehr. Rubiales : *Sambucus nigra* L.

*Technique.* — 1° Pour toutes les essences énumérées, du tissu cambial prélevé suivant la méthode de Gioelli a été cultivé *in vitro* sur un milieu constitué par : solution de Knop diluée de moitié, gélose 1,3 %, glucose 2 % ([3]). La température était de 25°. Dans certaines expériences des séries de cultures ont été effectuées sur le même milieu additionné de pantothénate de calcium à $5.10^{-7}$.

Les prélèvements se sont échelonnés de fin septembre au début d'avril, et ont été effectués d'une part sur des arbres de futaie âgés de 60 à 100 ans, d'autre part sur des brins de taillis de 30 ans.

2° Ces expériences ont été complétées par la culture de rondelles de tiges d'arbres, à demi-immergées dans l'eau, sans apport d'aucun aliment ni d'aucun facteur de croissance et maintenues à 25°. Ces expériences complémentaires ont porté sur *Quercus pedunculata* (prélèvement le 10 janvier), *Fagus sylvatica* (25 janvier), *Tilia parvifolia* (6 février).

*Résultats.* — 1° Dans toutes les expériences le tissu cambial de *Populus Tremula*, *Betula verrucosa*, *Quercus pedunculata* et *Q. sessiliflora*, *Castanea vesca*, *Ulmus campestris*, *Tilia parvifolia*, *Robinia pseudacacia* a proliféré en formant d'une part un bourrelet autour des explantats et d'autre part une certaine épaisseur de tissus entre bois et liber. Le tissu libérien également, prolifère plus ou moins activement.

2° En ce qui concerne *Fagus sylvatica* les explantats prélevés le 20 mars ont activement proliféré. Le prélèvement du 25 janvier n'a fourni qu'une prolifération très faible, mais dans la rondelle de tige, prélevée à la même date et cultivée dans l'eau, le cambium a formé une couche de tissus en consommant l'amidon de l'aubier.

3° Le tissu cambial de *Sambucus nigra* n'a pas proliféré en l'absence de facteur de croissance, mais s'est développé très activement sur un milieu contenant du pantothénate de calcium à la concentration $5.10^{-7}$.

---

([3]) Ce milieu contient une petite quantité d'aneurine introduite par la gélose.

4° Dans les rondelles de tiges, à l'édification des tissus néoformés correspond une consommation rapide des substances d'accumulation de l'aubier.

5° Qu'il s'agisse des cultures suivant la méthode de Gioelli ou des cultures de rondelles de tiges, les cellules de la zone la plus interne de tissus néoformés ne se lignifient que sporadiquement et se différencient souvent en cellules ligneuses aberrantes présentant des épaississements réticulés.

*Conclusions.* — 1° Le tissu cambial de la majorité des essences étudiées dispose d'une réserve suffisante de facteurs de croissance pour pouvoir proliférer dès qu'il est soumis à une certaine température.

2° Chez *Sambucus nigra* le tissu cambial ne peut proliférer sans un apport d'acide pantothénique. Dans ce cas, la reprise d'activité du cambium serait normalement déterminée par l'afflux d'acide pantothénique élaboré par les pousses en voie de développement. Chez *Fagus sylvatica* la faculté de prolifération du tissu cambial en l'absence d'un facteur de croissance ne paraît pas constante.

3° Chez toutes les essences la lignification des tissus néoformés est aberrante et très partielle. Il semblerait donc que ce processus soit lié directement à l'activité des pousses.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Principes de l'identification des sporophylles chez les Angiospermes (Dicotylédones).* Note de M. **Pierre Gavaudan** et M^lle^ **Germaine Debraux**, transmise par M. Robert Courrier.

Exposé des principes généraux de morphologie comparée utilisés dans l'assimilation de l'étamine et du carpelle à des sporophylles; exemples chez les Rosacées et les Renonculacées.

Les principes suivants nous guident dans ces recherches :

1° La feuille des Dicotylédones est divisée en métamères [1] dont le nombre et le degré de développement sont variables mais qui conservent des valeurs constantes. La métamérisation de la feuille doit se retrouver dans les pièces sexuelles si ces dernières sont des sporophylles. Nous nous accordons ainsi avec Gluck [2] sur le principe de la recherche des homologies entre les parties constitutives de la feuille et celles des pièces florales.

2° On ne doit pas rechercher des homologies globales entre un type de feuille adulte abstrait et simplifié et les pièces sexuelles, mais entre les parties constitutives de ces dernières et les métamères de la feuille dont certains prédominent déjà au cours du cycle végétatif à la suite d'une

(1) P. Vuillemin, *Les anomalies végétales*, Paris, 1926.

(2) *Blatt und Blüte morphologische Studien*, Iéna, 1919.

croissance allométrique. Ceci entraîne l'existence de relations entre les polarités végétatives et sexuelles dans les sporophylles.

3° La variété des pièces sexuelles normales et tératologiques n'est pas due à des accidents imprévisibles et inexplicables si la construction des pièces obéit à un plan de composition.

4° On a parfois refusé tout intérêt phylogénique aux formes tératologiques parce qu'elles ne reproduisent pas des dispositifs ancestraux. Mais une analyse étendue des formes actuelles permet d'établir une typologie des pièces sexuelles expliquant des structures qui, autrement, demeurent incompréhensibles. En fait, la tératologie ne peut se séparer de la phylogénie, car certaines structures, toujours présentes dans nombre de familles, sont l'équivalent de cas tératologiques observables dans d'autres familles. Certaines structures staminales normales paraissent liées à l'hermaphroditisme des Angiospermes et se réalisent régulièrement en conséquence d'un certain équilibre génique, ou occasionnellement et tératologiquement, dans les fleurs doubles où cet équilibre est déplacé. Les recherches de Anderson et De Winton ([3]) et de Lamprecht ([4]) montrent d'ailleurs un parallélisme des altérations foliaires et florales dans certaines mutations.

Voici des exemples concrets de l'application de ces principes.

L'étamine est le plus souvent considérée sous la forme la plus simple d'une pièce formée d'une anthère et d'un filet, mais c'est une erreur de méthode de n'envisager que le type le plus réduit, et rares sont les morphologistes qui, tels Wilson ([5]), ont tenté d'expliquer les cas compliqués comme celui des étamines des Mélastomacées. Wilson a cru trouver là une application de la théorie du *télome*, encore que ces appendices puissent peut-être s'expliquer comme des reliquats d'une structure métamérisée (problème actuellement à l'étude). A côté des étamines à appendices latéraux, il existe des étamines à connectif porteur d'un prolongement apical : citons parmi des dizaines de familles, les Magnoliacées, Nymphéacées, Monimiacées, Eupomatiacées, Sargentadoxacées, Diptérocarpacées, Protéacées, Humiriacées, Apocynacées, Aristolochiacées, Cucurbitacées, Éléocarpacées, etc.; la répartition de ces appendices du connectif est donc très large. Les cas tératologiques, très fréquents chez *Rosa*, *Cratægus*, *Aquilegia*, *Pæonia*, montrent toutes les transitions entre étamines à connectif ordinaire ou muni de prolongements ressemblant plus ou moins à ceux que l'on trouve dans les familles précitées. Enfin l'étude des staminodes tératologiques indique les homologies suivantes : filet-base foliaire, anthère-base et marges du limbe, appendice-apex du limbe. L'existence

---

([3]) *Ann. Bot.*, 49, 1935, p. 671-688.

([4]) *Arch. Zürich Klaus-Stift,* 20 (Suppl.), 1945, p. 126-141.

([5]) *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 431-444.

d'anthères surmontées d'un vrai stigmate indique également l'homologie appendice-stigmate.

D'autre part, nous étendons aux *Pæonia* les considérations antérieurement développées à propos des *Rosa* (6) : les carpelles anormaux et ouverts montrent les homologies partie fertile-base foliaire et partie stérile ou stigmate-apex foliaire. Enfin, les pétales sont des écailles construites sur le type de la stipulation dite « totale » [Troll (7)], comme en témoigne souvent sur leur face dorsale la présence d'un rudiment limbaire émigré jusqu'à la base des pièces. Ce dernier phénomène permet de comprendre les carpelles à style latéral des Rosacées telles que les *Alchemilla* et *Fragaria*.

La métamérisation de la feuille végétative se retrouvant dans les pièces périanthaires et sexuelles, nous ne pouvons admettre les théories générales de Grégoire (8) et de Plantefol (9) niant l'existence de sporophylles chez les Angiospermes. Tous les phyllomes végétatifs et sexuels appartiennent à un type structural commun dont la définition est indépendante des circonstances ontogéniques ou phyllotaxiques.

Nous étudierons ultérieurement comment ces notions pourraient s'accorder avec la théorie du télome et avec l'hypothèse d'ancêtres des Angiospermes à pièces hermaphrodites.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un nouvel alcaloïde cristallisé extrait d'une Rubiacée gabonaise et appartenant à un type chimique inédit.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Grâce au concours du Professeur Auguste Chevalier et de l'Abbé Walker, j'ai pu disposer de quelques centaines de grammes d'écorces d'une Rubiacée du Mayombe accompagnées d'échantillons d'herbier fleuris et fructifiés prélevés sur l'arbre même qui les avait produites. Ces échantillons m'ont permis de rapporter la plante à la rare Rubiacée-Cinchonée que Good a décrite sous le nom de *Pausinystalia mayumbensis*, mais qui, comme je l'ai démontré, appartient en réalité au genre *Pseudocinchona* d'Auguste Chevalier.

Pour l'extraction de cette écorce, j'ai employé, en la modifiant quelque peu, la technique que j'avais utilisée précédemment pour le *Pseudocinchona africana* A. Chevalier.

L'écorce pulvérisée puis triturée avec une solution de carbonate de potassium est desséchée à environ 12°, puis extraite au Soxhlet par la benzine. Après concentration dans le vide, la liqueur benzénique est extraite par une

(6) P. Gavaudan et G. Debraux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 430.

(7) *Planta*, 17, 1932, p. 153-230.

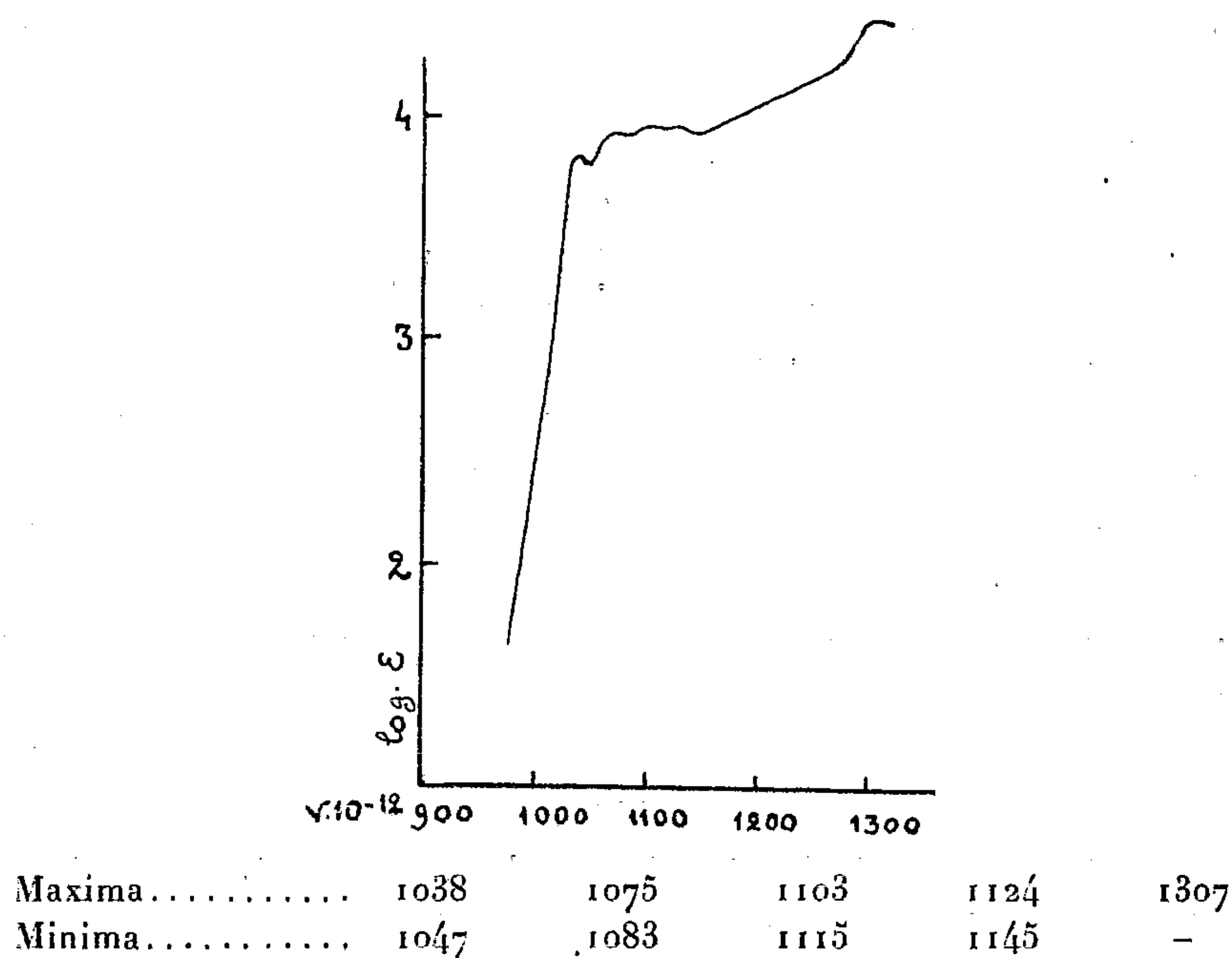
(8) *La Cellule*, 47, 1938, p. 285.

(9) *Fondements d'une théorie nouvelle; l'Ontogénie de la fleur*, Paris, 1949, p. 186.

solution à 2 % d'acide formique. Le soluté ainsi obtenu est alcalinisé par le bicarbonate sodique. Le précipité recueilli sur Schott, lavé puis desséché, est dissous dans une grande quantité d'eau faiblement acidifiée par l'acide chlorhydrique. Après filtration sur papier, la solution chlorhydrique est extraite par le chloroforme. Le soluté chloroformique est évaporé dans le vide et le résidu dissous dans une grande quantité d'eau bouillante qu'on alcalinise, après refroidissement et filtration, par un soluté de bicarbonate sodique. Le précipité recueilli sur Schott lavé à l'eau distillée est desséché dans le vide, puis dissous à l'ébullition dans le méthanol. On obtient ainsi la base cristallisée dont le chlorhydrate est préparé par addition à sa solution méthanolique, d'un soluté éthéré de gaz chlorhydrique sec. Ce chlorhydrate, quoique parfaitement blanc et cristallin est recristallisé dans le méthanol bouillant, et se présente alors sous la forme de petites plaquettes losangiques. Ses valeurs microanalytiques sont les suivantes : C 64,28 %; H 6,42 %; N 7,62 %; Cl 8,92 %; $OCH_3$ 8,13 %.

Calculé %, pour $C_{21}H_{26}N_2O_3$.HCl : C 64,53; H 6,91; N 7,17; Cl 9,09; 1 $OCH_3$ 7,93; pour $C_{21}H_{24}N_2O_3$.HCl : C 64,86; H 6,43; N 7,20; Cl 9,13; 1 $OCH_3$ 7,98.

Son pouvoir rotatoire dans le méthanol est de + 39°,3 alors que celui de la base dans la pyridine est de —26°,6. Son spectre d'absorption U/V est reproduit ici :




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Maxima........... | 1038 | 1075 | 1103 | 1124 | 1307 |
| Minima........... | 1047 | 1083 | 1115 | 1145 | – |

Par plusieurs de ses caractères et notamment par ses réactions colorées, le chlorhydrate obtenu se rapproche de ceux des isomères de la yohimbine,

mais son spectre d'absorption ultraviolet montre aussitôt qu'il possède un complexe chromogénique différent de celui qu'on trouve dans ces isomères.

Son extraction par le chloroforme et son spectre d'absorption ultraviolet l'apparentent au chlorhydrate de corynanthéine, mais il s'en éloigne par la possession d'un et non de deux méthoxyles.

Enfin sa très faible solubilité dans l'eau le rapproche du chlorhydrate de δ-yohimbine mais, alors que le pouvoir rotatoire de ce dernier est de même sens que celui de la base correspondante, il est dextrogyre alors que la base est lévogyre.

C'est pourquoi je considère comme nouveau l'alcaloïde que j'ai extrait des écorces de *Pseudocinchona mayumbensis* (Godd) R. H. et je le désigne sous le nom de mayumbine. Ses caractères permettent de le considérer comme le représentant d'un type nouveau d'alcaloïdes du groupe yohimbinique.

BIOLOGIE. — *Courbes de survie de levures haploïdes et diploïdes soumises aux rayons ultraviolets*. Note de M. **Luis Renato Caldas** et M^lle **Thérèse Constantin**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Les cellules haploïdes et diploïdes d'une même espèce sont inégalement sensibles aux rayons UV. Étude quantitative et qualitative des radio-lésions.

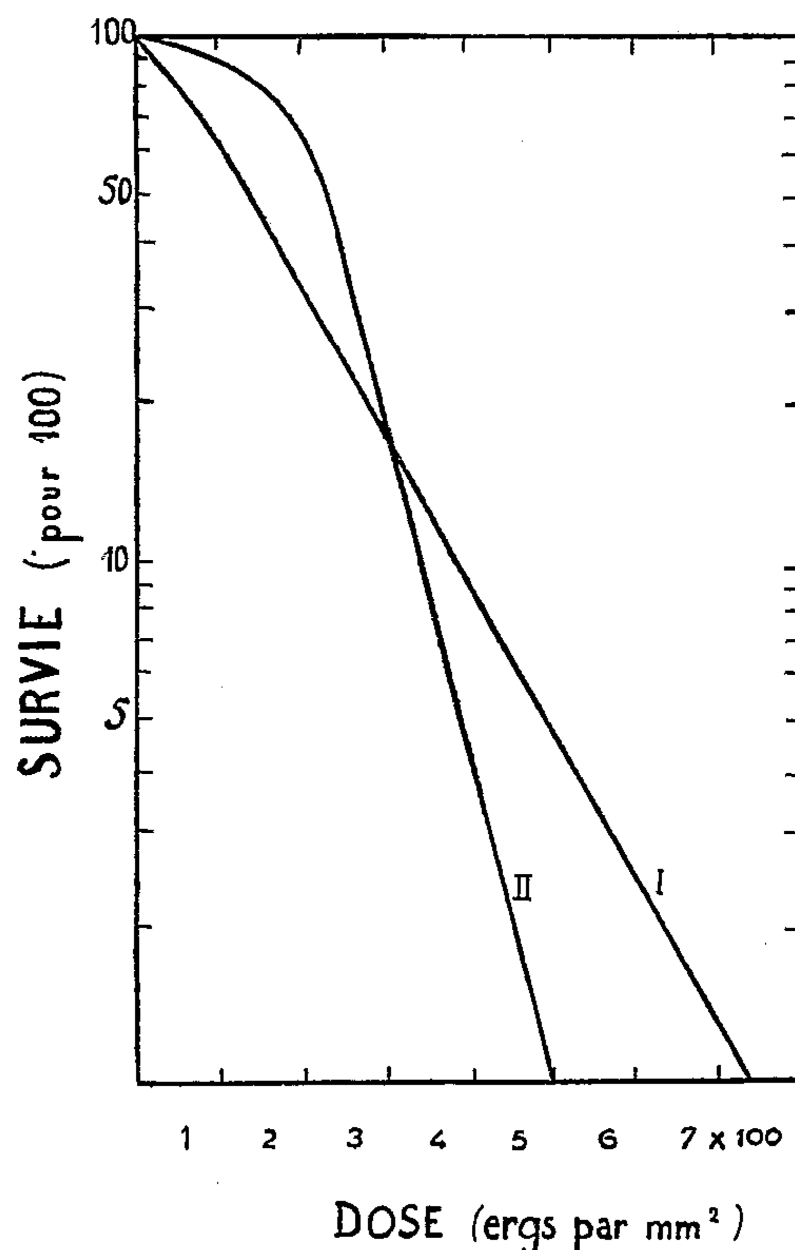
Latarjet et Ephrussi ont récemment observé des différences significatives entre les courbes de survie de levures haploïdes et diploïdes de même lignée soumises aux rayons X. Les haploïdes donnent des courbes exponentielles « à un coup »; les diploïdes donnent des courbes sigmoïdes « à deux coups » (1). Nous avons repris cette étude avec les rayons ultraviolets, sur les mêmes cellules : *a*. une lignée haploïde constituée à partir de spores isolées de *S. cerevisiæ*; *b*. la souche diploïde mère.

Les cellules d'une culture âgée de 6 jours étaient dispersées dans une solution isotonique transparente, puis soumises à des doses croissantes de rayons ultraviolets (lampe à vapeur de mercure à basse pression; intensité au niveau de la préparation : 125 ergs.$mm^{-2}.mn^{-1}$ pour λ 2 537 Å). Après irradiation, elles étaient étalées sur milieu nutritif gélosé et mises en incubation à 25°.

Pour l'établissement des courbes de survie, nous avons procédé comme dans le cas des rayons X, en considérant comme survivantes toutes les cellules capables de multiplication indéfinie. Celles-ci étaient dénombrées, soit par leurs colonies visibles à l'œil nu après 3 jours d'incubation, soit au microscope après 20 h en ne retenant que les colonies de plus de 5 cellules.

(1) R. Latarjet et B. Ephrussi, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 306.

Tout comme après les rayons X, les radio-lésions observées à la 20ᵉ heure sont ici distribuées différemment suivant que les cellules sont haploïdes ou diploïdes, à tel point que le simple examen au microscope de cette distribution permet de reconnaître à quelle catégorie de cellules on a




Courbes de survie des levures irradiées : I, Haploïdes; II. Diploïdes.

affaire. Chez les haploïdes, on observe des lésions irréversibles : morts immédiates (cellules uniques) et morts différées (doubles ou très rares chaînettes de quelques cellules géantes). Chez les diploïdes, on observe, en outre, les grappes bien connues de cellules géantes ([2]) et quelques figures de restauration, ces dernières étant moins fréquentes qu'après les irradiations X.

Après avoir répété l'expérience une vingtaine de fois, nous avons finalement obtenu les deux courbes de survie (60 points expérimentaux pour chacune) de la figure ci-jointe. Les diploïdes donnent une courbe de survie sigmoïde dont la multiplicité ($n = 10$) est égale à celle précédemment observée par Latarjet dans l'irradiation ultraviolette de *S. ellipsoideus* ([3]).

([2]) A. Lacassagne et F. Holweck, *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 1221.
([3]) R. Latarjet, *Ann. Inst. Pasteur*, 70, 1944, p. 277.

Les haploïdes donnent une courbe de type exponentiel ($n = 1$) dont la pente est moins accusée que celle de la courbe précédente. Aussi les deux courbes se coupent-elles en un point correspondant à une survie de 17 % et à une dose de 300 ergs : mm².

L'existence de cette intersection montre combien fragile est parfois la notion de radio-sensibilité cellulaire, puisqu'elle donne l'exemple d'une inversion, en fonction de la dose, des sensibilités relatives de deux cellules. A l'égard des faibles doses de radiations ultraviolettes, la cellule diploïde se comporte comme la plus résistante, tandis qu'elle devient la plus sensible aux fortes doses.

PHYSIQUE DU SOL. — *Mécanisme du soulèvement du sol sous l'influence du gel.* Note de MM. **Stéphane Hénin** et **Olivier Robichet**, présentée par M. Albert Demolon.

Ce travail repose sur une série d'observations effectuées à Versailles sur un sol de limon et en Sologne Bourbonnaise sur une série de terrains allant du sable presque pur jusqu'à la terre moyennement argileuse et contenant toujours une certaine proportion de sable grossier.

Lors de l'hiver 1946-1947, après un abaissement rapide mais prolongé de la température et en terrain bien drainé, le sol présentait une couche superficielle durcie qui atteignait 10 cm et se trouvait séparée du sous-sol par une couche de cristaux de glace. Dans le cas d'un terreau de jardinier ces cristaux avaient la forme d'aiguilles verticales avec des diamètres de l'ordre du 1/10 de millimètre et atteignant 1 à 2 cm de longueur. Une terre plus sableuse présentait de très petits cristaux de glace sans orientation marquée, formant une couche de l'ordre du millimètre d'épaisseur. Dans la masse de terre gelée, on pouvait distinguer également des cristaux de glace très petits avec tendance à la concentration en zones apparaissant blanchâtres sur la coupe. Dans les endroits plus humides, on pouvait observer, au-dessus de la terre gelée, une accumulation de cristaux de glace verticaux formant parfois cinq ou six lits superposés, chaque cristal pouvant avoir de 1 à 2 cm de longueur. Cet aspect s'observe sous une légère couche de feuilles. Certains de ces cristaux atteignent parfois des longueurs de 5 à 6 cm, mais ils présentent plusieurs zones caractérisées par une plus ou moins grande teneur en éléments terreux et se divisent en plusieurs branches s'écartant les unes des autres.

Au contraire, les abaissements de température de courte durée dans le sol de limon bien drainé, provoquent deux sortes de phénomènes suivant l'état du sol : en terre tassée les cristaux se développent en forme lamellaire qui se ramifient en arborescences. Par contre pour les terres en mottes, les agglomérats terreux s'allongent. Cette extension correspond simple-

ment à une réorganisation de l'eau sur place, car l'humidité de la motte est la même sur toute sa hauteur. Au contraire, en terrain plus humide, ces mêmes abaissements de température provoquent le développement de cristaux au voisinage de la surface. Là encore, ils sont de forme allongée et atteignent parfois 2 cm de longueur. Ils sont souvent recouverts d'une petite couche de terre mais peuvent également se former sous un couvert léger de feuilles ou de papier Mulch. Quand le sol a une consistance boueuse, ce qui peut être dû soit à une chute de pluie abondante, soit à un excès d'humidité de la surface provenant d'une série d'alternatives de gel et de dégel, le gel provoque la formation de cristaux en relief présentant l'aspect d'une broderie.

L'une des conséquences les plus connues du gel du sol est l'élévation du niveau du terrain. De nombreux auteurs en ont fait des mesures. Nous avons cependant cru utile de les répéter. Ceci nous a amenés à constater des soulèvements qui ont atteint jusqu'à 2,5 cm pour une profondeur gelée de 22 cm; mais il est courant de mesurer des exhaussements de l'ordre du centimètre pour une profondeur gelée de 2 cm environ. Il n'y a donc pas de relations de proportionnalité entre le soulèvement du sol et l'épaisseur de la couche gelée. D'ailleurs, le même sol, mais tassé, observé comparativement, n'a présenté que des soulèvements généralement très faibles, de l'ordre de quelques millimètres, et c'est seulement quand la terre a été gelée jusqu'à 22 cm de profondeur qu'un soulèvement de 2 cm a pu être mesuré, ce qui était, par conséquent, encore inférieur aux résultats constatés en sol non tassé.

On a attribué cet effet du gel à l'augmentation de volume de l'eau passant de l'état liquide à l'état solide. Cette hypothèse ne donne pas une idée exacte du phénomène. En effet, s'il en était ainsi, il devrait y avoir une relation étroite entre le soulèvement du sol et l'épaisseur de la couche gelée, ce qui n'est pas le cas ainsi que nous l'avons vu. Il est beaucoup plus vraisemblable que le soulèvement observé soit la conséquence du déplacement *per ascensum* de l'eau provoqué par sa prise en glace. On conçoit facilement, dans ce second cas, que l'on puisse observer des variations considérables de niveau du sol, même pour un gel assez faible, si l'on admet que le nouveau volume du sol représente la somme du volume de la masse solide, porosité comprise, et du volume de liquide primitivement inclus dans les pores, ce volume pouvant d'ailleurs être accru de celui d'une certaine quantité d'eau provenant des couches plus profondes. On sait en effet, que l'humidité des couches gelées a tendance à croître.

On peut montrer cet effet desséchant du gel en constatant que des corps poreux, pierre calcaire, bougie poreuse s'entourent, au moment du gel, d'un manchon de glace provenant, au moins en partie, de l'eau extraite de leur masse et du sol sur lequel ils reposent. C'est peut-être à un méca-

nisme semblable qu'est due la tendance au soulèvement que manifestent si fréquemment les terres calcaires. De même, lorsqu'un sol sableux ou même argileux est situé au voisinage immédiat d'un plan d'eau, il peut se former en surface des cristaux de glace verticaux atteignant plusieurs centimètres. Le sol semble alors jouer le rôle de mèche. Ces sortes de baguettes de glace peuvent se former en une nuit.

D'autre part, si l'on admettait que le soulèvement du sol résulte de la dilatation consécutive au passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide, on devrait observer des compressions latérales du sol sur les corps étrangers. Or, des manomètres constitués par des tubes de caoutchouc enfouis verticalement reliés à des tubes de verre émergeant du sol et remplis de mercure n'ont mis en évidence, lors de faibles gelées, aucune variation de niveau du ménisque; les mesures font plutôt apparaître une légère tendance à l'abaissement du niveau du mercure au moment du gel. Ainsi, peut-on dire, qu'au moins pour les faibles gelées, il n'y a pas extension latérale du sol. Au contraire, on observe souvent dans la nature des craquelures se développant par exemple le long des lignes de semis. Si de tels accidents sont parfois préjudiciables à la végétation, ils peuvent jouer un rôle favorable en facilitant l'écoulement de l'eau à travers le sol.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Voltinisme expérimental (suppression de la Diapause) imposé à plusieurs générations successives de* Bombyx mori *L.* Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Normalement, les femelles des races univoltines pondent au début de l'été des œufs fécondés dont le développement s'amorce, puis s'arrête au stade de la bandelette germinative. Des expériences ont été entreprises pour savoir si la diapause embryonnaire, qui s'installe alors et se prolonge jusqu'au printemps suivant, est un phénomène indispensable qu'on ne peut supprimer sans compromettre gravement la vitalité ou la fécondité des générations successives.

*Techniques.* — Divers procédés ont été imaginés ou perfectionnés : 1° pour recueillir les œufs par lots d'âge connu à une heure près, la ponte des papillons étant souvent capricieuse en raison des conditions climatiques du moment, ou en raison du « forçage » ayant déterminé le développement anachronique des géniteurs.

2° Pour réaliser, au moment favorable, variable suivant les générations et les pontes, la perméabilisation du chorion par l'acide chlorhydrique.

3° Surtout pour alimenter les vers éclos en automne et en hiver, de novembre à mars, c'est-à-dire une génération entière et une autre *pro parte*.

Après essais, fut adoptée une alimentation mixte : *Scorzonera* + *Morus* gardé en chambre froide et additionné de divers produits : glucose, latex, ce dernier conservé au frigorifique aussi, en ampoules scellées, depuis l'été.

RÉSULTATS : 1° *Race Gubbio (univoltine) :*

| | Élevage. | Durée (jours). | Éclosion. | Émergence des imagos. |
|---|---|---|---|---|
| 1re génération | (n° 3 *bis*)..... | 70 | 5 mai 1950 | 14 juillet 1950 |
| 2e » | (n° 14)....... | 55 | 26 juillet 1950 | 17 septembre 1950 |
| 3e » | (n° 24)....... | 56 | 4 octobre 1950 | 29 novembre 1950 |
| 4e » | (n° 30)....... | 79 | 1er décembre 1950 | 1er mars 1951 |
| 5e » | (n° 51-2)..... | 61 | 25 mars 1951 | 25 mai 1951 |
| 6e » | (n° 51-12).... | en cours | 8 juin 1951 | |

L'élevage n° 30, entièrement mené dans des conditions difficiles, et, volontairement restreint à un petit nombre d'individus, a été, une fois la période d'alimentation terminée, ralenti à dessein pour que la génération suivante trouvât, autant que possible, des pousses de Mûrier comme nourriture.

La 4e génération étant assez peu vigoureuse, on pouvait craindre que la 5e le fût encore moins, si la suppression répétée de la diapause devait, de plus en plus, faire sentir son effet. Il n'en a rien été. Élevée pendant les deux premiers âges avec des bourgeons non ouverts (la végétation était en retard cette année), à 20-22° en étuve, cette 5e génération s'est montrée remarquable par sa vitalité (pas de morts) et par la dimension des vers lors du filage (85 mm, c'est-à-dire à peu près la taille maximum constatée dans les élevages industriels).

La faiblesse de la 4e génération était donc due probablement et uniquement aux conditions précaires de son élevage en décembre, janvier et février.

Actuellement, les jeunes vers de la 6e génération paraissent également très vigoureux.

2° *Cas de la race Awoijku, naturellement bivoltine.* — Dans une telle race, après une première génération, issue au début du printemps, des œufs diapausiques ayant passé l'hiver, il se développe, immédiatement et spontanément, une 2e génération qui pondra, en été, des œufs dans lesquels les embryons s'endormiront et passeront l'hiver pour n'éclore qu'au printemps suivant.

*Résultats.* — Très analogues, dans ce cas particulier, à ceux obtenus par le même traitement chez les univoltins. C'est ainsi que, après une 2e génération, spontanément immédiate, en juillet-août, il a été obtenu une 3e génération de septembre à novembre, une 4e de décembre à mars, une 5e du 24 mars au 18 mai et une 6e, actuellement en cours d'élevage. Les deux dernières, très vigoureuses.

*Constatation importante.* — On pouvait se demander si, en relançant artificiellement le mécanisme réglant probablement dans ces races la succession, coup sur coup, de deux générations, on n'observerait pas un

couple de générations supplémentaires, anachroniques, mais toujours solidaires Cela ne s'est pas produit; il a fallu traiter les œufs pondus par la 3ᵉ génération comme ceux produits par la 2ᵉ génération (normalement diapausiques). Aucun œuf témoin, laissé sans traitement, n'a donné d'éclosion. Ainsi, à partir de la 2ᵉ génération, les œufs pondus ont toujours été diapausiques.

Les expériences et observations continuent, en particulier pour connaître le comportement des œufs de chaque génération non traités, ou traités sans succès.

*Conclusion.* — Compte tenu de la disparition du voltinisme chez les bivoltins naturels, la diapause embryonnaire ne paraît pas être un repos indispensable pour assurer la bonne vitalité des lignées de Ver à soie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constance de la teneur du noyau cellulaire en acide désoxyribonucléique.* Note de Mmes **Colette Vendrely**, **Cécile Leuchtenberger** et M. **Roger Vendrely**, transmise par M. Robert Courrier.

Une méthode de cytochimie quantitative et une méthode chimique appliquées parallèlement aux mêmes noyaux nous ont permis de confirmer la constance de la teneur des noyaux cellulaires en acide désoxyribonucléique dans deux cas particuliers (cas du Rat et cas du Bœuf) discutés par certains auteurs.

En 1948, nous avons publié (1) et (2) une étude chimique de la teneur individuelle en acide désoxyribonucléique (ADN) des noyaux cellulaires de différents organes d'un même animal. Cette étude démontrait que la teneur absolue en ADN d'un noyau somatique diploïde est la même, quel que soit l'organe considéré, et que cette teneur constante représente le double de la teneur en ADN du spermatozoïde chez le même animal. Ceci nous paraissait constituer un bon argument en faveur de l'importance de l'ADN dans la constitution chimique des gènes.

Nos constatations ont déjà été confirmées par un certain nombre d'auteurs (3), (4) et, partiellement seulement, par Mirsky et Ris (5). Mais Pasteels et Lison (6), se basant sur ce désaccord partiel de nos résultats avec ceux de Mirsky et Ris chez le Bœuf, et, d'autre part, sur leurs propres travaux histophotométriques chez le Rat, contestent la signification et la

(1) A. Boivin, R. Vendrely et C. Vendrely, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1061.
(2) R. Vendrely et C. Vendrely, *Experientia*, 4, n° 10, 1948, p. 434.
(3) J. M. Davidson. et I. Leslie, *Biochem. J.*, 40, 1950, p. 46.
(4) H. H. Swift, *Physiol. Zool.*, 23, 1950, p. 169.
(5) *Nature*, 163, 1949, p. 666.
(6) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 780.

portée de nos résultats chimiques. C'est pourquoi il nous a paru utile de revenir sur les données contradictoires qui rendent confuse cette question. Nous pensons pouvoir y apporter quelques précisions grâce à un travail en équipe qu'il nous a été donné d'effectuer aux U. S. A. Deux techniques différentes ont pu être appliquées parallèlement sur un même matériel : une méthode cytochimique par C. Leuchtenberger, permettant de déterminer la teneur en ADN d'un seul noyau et la technique chimique (R. Vendrely, C. Vendrely) basée sur des déterminations effectuées sur de grandes quantités de noyaux.

En 1949, Mirsky et Ris ont trouvé, dans les noyaux de thymus, de rein de veau et de foie de bœuf une teneur en ADN de 2,5 à 3 fois supérieure à celle du spermatozoïde, c'est-à-dire une valeur bien plus élevée que la valeur théorique (2 fois celle du spermatozoïde). D'autre part, Pasteels et Lison, en 1950, travaillant sur le Rat, ont rapporté, pour les noyaux des cellules diploïdes du foie et du pancréas, une teneur en ADN de 1,3 à 1,5 fois seulement la teneur du spermatozoïde, ce qui est bien inférieur à la valeur théorique.

De telles déviations fourniraient évidemment un argument de poids contre la théorie de la constance de l'ADN dans les noyaux. Nous avons donc repris l'étude de ces deux matériels, Bœuf et Rat. Nous avons exposé récemment [7] le détail de ces expériences et nous nous bornerons ici à en rapporter les conclusions.

Par la méthode chimique et par la méthode cytochimique, nous avons trouvé une même teneur en ADN dans les noyaux du foie et du rein de bœuf et cette teneur est exactement le double de celle du spermatozoïde. Ce résultat est en opposition avec celui de Mirsky et Ris. Les valeurs élevées obtenues par ces auteurs ne peuvent être expliquées par une éventuelle polyploïdie, car Mirsky rapporte avoir compté les noyaux polyploïdes et effectué les corrections nécessaires. La proportion de noyaux polyploïdes dans le foie de bœuf est d'ailleurs extrêmement faible. Il nous est donc impossible d'expliquer cette divergence de résultats.

En ce qui concerne le Rat, la méthode cytochimique a montré au niveau du foie la présence de trois classes de noyaux, dont la teneur en ADN est respectivement de 2, 4, 8 fois la teneur du spermatozoïde. Ces trois classes ont déjà été signalées par Ris et Mirsky [8] et par Swift [9]. Pasteels et Lison ont également trouvé trois classes de noyaux dans le foie du Rat. Pour ces deux auteurs, les teneurs respectives des noyaux en ADN étaient bien des multiples à peu près exacts d'une classe à l'autre, mais la valeur

---

(7) C. Leuchtenberger, R. Vendrely et C. Vendrely, *Proceed. Nation. Acad. Sc.*, 37, 1951, p. 33.

(8) *J. Gen. Physiol.*, 33, 1949, p. 125.

minimum était de 30 % inférieure à celle des noyaux des autres organes (dont la teneur est le double de celle du spermatozoïde). Par exemple, la teneur rapportée pour le rein (qui ne contient qu'une classe de noyaux) étant 227, les noyaux du foie avaient les teneurs 156, 347 et 772, pour chacune des trois classes.

Nos résultats diffèrent donc de ceux de Pasteels et Lison. Bien que nous ayons aussi trouvé, dans le foie du Rat, trois classes de noyaux, ceux qui appartiennent à la classe inférieure diploïde ont la même teneur en ADN que les noyaux de la classe unique du rein. L'analyse chimique nous a donné, pour les noyaux du foie de rat, une valeur moyenne ($8,2 \times 10^{-6}\ \gamma$), nettement supérieure à celle des noyaux du rein ($5,5 \times 10^{-6}\ \gamma$) qui est parfaitement en accord avec les résultats de l'analyse cytochimique.

Par conséquent, l'utilisation de deux techniques extrêmement différentes nous a permis de démontrer plus complètement encore la constance de la teneur en ADN des noyaux diploïdes dans différents tissus, cette teneur étant le double de celle du spermatozoïde. Elle nous a permis, en outre, de montrer que les noyaux polyploïdes de certains organes (foie du Rat) sont exactement des multiples de deux des noyaux diploïdes (noyaux tétra- et octoploïdes). Soulignons enfin que nos études ont toujours porté sur des noyaux normaux en phase de repos mitotique. Nous n'avons jamais prétendu, comme certains auteurs le suggèrent ([9]), que la constance de l'ADN dans les noyaux cellulaires s'étendît à des tissus embryonnaires, en voie d'active multiplication ou en cours de différenciation. Remarquons d'ailleurs que les variations que l'on peut constater, en ce qui concerne la teneur en ADN des noyaux dans de tels cas particuliers, n'ont de véritable intérêt que si l'on tient pour acquise la constance de cette teneur dans les noyaux au repos.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Modifications de l'état des acides ribonucléiques sous hautes pressions en présence ou en absence de nucléodépolymérase.* Note ([*]) de MM. **Pierre Vignais, Emanoil Barbu, Jacques Basset** et **Michel Macheboeuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

*L'acide ribonucléique* utilisé provenait de levure; il fut purifié par la méthode de Sevag ([1]) à pH 7, puis précipité par l'alcool en milieu acide (pH 5). La *ribonucléodépolymérase* provenait de pancréas de Bœuf;

---

([9]) J. Pasteels et J. Lison, *Arch. Biol.*, 62, 1951, p. 2.

([*]) Séance du 11 juin 1951.

([1]) *J. Biol. Chem.*, 124, 1938, p. 425.

elle fut cristallisée selon Kunitz ([2]). La technique de travail aux hautes pressions est celle habituelle dans notre laboratoire ([3]).

Nous voulions suivre les variations de l'état de polymérisation des nucléotides, mais nos échantillons étaient limités par le volume des presses. Pour tenter de différencier les divers états de polymérisation, nous avons effectué des précipitations fractionnées par des volumes croissants d'acide acétique concentré. La précipitation fut suivie par opacimétrie ou par dosages de phosphore et d'azote dans les précipités. Pour une solution de notre acide nucléique initial, il faut ajouter près de 20 vol. d'acide acétique pour atteindre le maximum de précipitation. Il reste alors 42 % de très petits polymères que l'on peut précipiter par l'acétate d'uranyle ([4]). En opérant sur une série d'échantillons identiques, mais en ajoutant des quantités différentes d'acide acétique, on peut avoir une idée des proportions relatives des hauts et moyens polymères.

| Acide acétique pour précipiter ... | 1 vol. | 2,5 vol. | 5 vol. | 20 vol. | Précipitation par uranyle. |
|---|---|---|---|---|---|
| Témoin initial ............ | 34 | 120 | 223 | 420 | 640 ± 5 |
| » pression 1-16 h .... | 20 | 85 | 170 | 410 | 640 ± 5 |
| 2 000 kg : cm² ............ | 10,5 | 21 | 102 | 320 | 640 ± 5 |
| 4 000 » ............ | 23 | 77 | 158 | 400 | 640 ± 5 |
| 8 000 » ............ | 44 | 143 | 246 | 445 | 640 ± 5 |
| 12 000 » ............ | 50 | 168 | 261 | 450 | 640 ± 5 |
| 14 000 » ............ | 100 | 186 | 290 | 473 | 640 ± 5 |

1. *Essais sans addition de ribonucléase.* — On prépare une solution aqueuse contenant 7,5 mg : ml d'acide nucléique (amenée à pH 5,6). Des échantillons identiques sont soumis, pendant 16 h, à 38° C à chacune des pressions étudiées. Les chiffres du tableau (microgrammes de phosphore dans le précipité par millilitre de solution) correspondent à un acide nucléique commercial pauvre en hauts polymères.

Les pressions faibles de l'ordre de 2 000 kg : cm² font diminuer la proportion de hauts polymères, tandis que les pressions élevées font apparaître des hauts polymères en quantités importantes (en utilisant pour cela de très petits polymères). Notons que les hauts polymères ainsi formés sont peu stables, ils disparaissent assez rapidement à la pression ordinaire.

2. *Essais avec addition de ribonucléodéopolymérase.* — L'acide nucléique étudié ci-dessus contenait peut-être encore des traces d'enzymes, malgré les purifications. Nous avons effectué des essais en lui ajoutant de la dépoly-

---

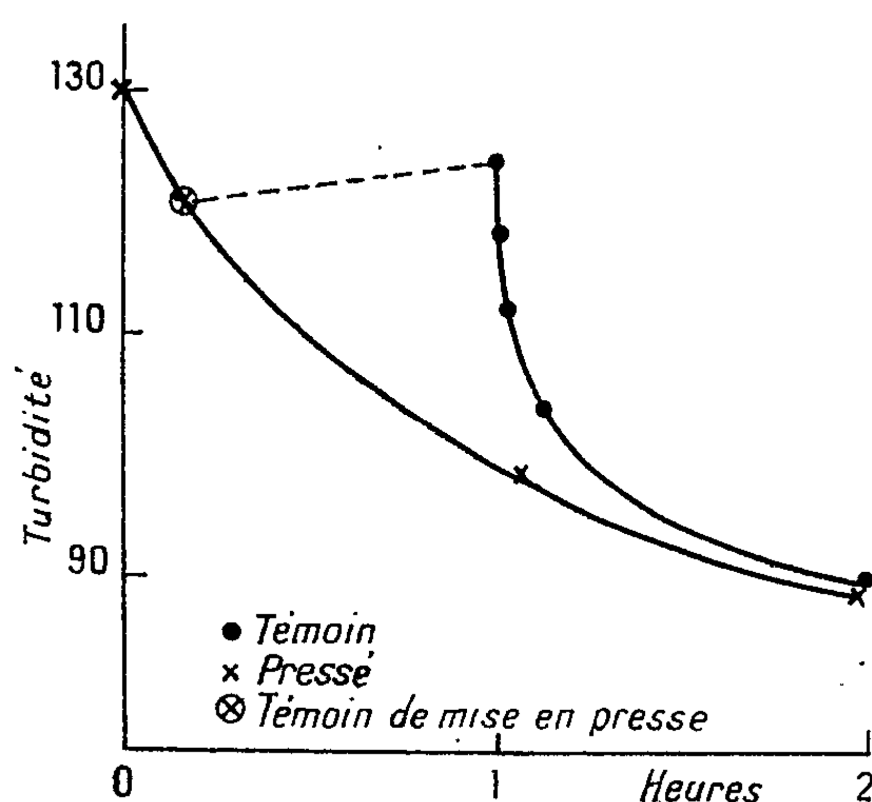
([2]) *J. Gen. Physiol.*, **24**, 1940, p. 15.

([3]) E. Barbu, J. Basset et M. Macheboeuf, *Ann. Inst. Past.*, **75**, 1948, p. 58.

([4]) Mac Feyden, *J. Biol. Chem.*, **107**, 1934, p. 297.

mérase. Rapportons ici seulement des expériences correspondant à 6 000 kg : $cm^2$ à 37° C. Dans ces conditions, l'enzyme n'est pas détruit, car il retrouve son activité lors de la décompression. On note un fait curieux : pendant les premières minutes qui suivent la décompression, la dépolymérisation est extrêmement rapide. Ce fait est à rapprocher de celui noté en l'absence d'enzyme : les hauts polymères formés sous pression sont peu stables.

La figure correspond à des essais à dose moyenne d'enzyme (opacimétrie après précipitation des hauts et moyens polymères par 5 vol. d'acide acétique).




Le résultat observé à la sortie des presses dépend des proportions d'enzyme et de substrat. Lorsqu'il y a peu ou pas d'enzyme, on observe une polymérisation. Si la proportion d'enzyme est moyenne, on n'observe ni polymérisation ni dépolymérisation importante, mais on note la présence de hauts polymères instables. Si la proportion d'enzyme est grande, on obtient une dépolymérisation notable pendant la compression, mais on observe également des polymères instables.

Dans la mesure où la précipitation fractionnée par l'acide acétique renseigne sur la polymérisation, on peut interpréter ces faits comme le résultat de la superposition d'actions diverses : 1° polymérisation sous pression; 2° diminution de l'activité de l'enzyme sous pression; 3° récupération de cette activité lorsque la pression est relâchée; l'enzyme agit alors particulièrement bien sur les polymères formés sous pression et provoque leur rapide dépolymérisation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Obtention de vasopressine hautement active.* Note de MM. **Pierre Fromageot** et **Hanns Maier-Hüser**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours d'investigations faites sur les peptides à action hormonale du lobe postérieur de l'hypophyse, nous avons obtenu deux substances à activité vasopressique intense, dont l'une, possédant une activité correspondant à environ 1000 U. I. : mg, représente probablement une vasopressine pure. Les essais physiologiques sont exécutés sur le Rat (1). On prépare la vasopressine comme il suit : 4,5 g de poudre acétonique du lobe postérieur d'hypophyse de bœuf sont extraits à chaud à deux reprises par chaque fois 225 ml d'acide acétique à 0,3 %; le filtrat est agité pendant 1 h 30 mn, une première fois avec 12,5 g de silice préparée selon Maier-Hüser (2), puis sans filtrer on ajoute à la suspension précédente 12,5 g de silice et on agite en même temps. Enfin, on remet 25 g de cet adsorbant dans les mêmes conditions d'agitation. On récupère la silice par filtration et l'on soumet le filtrat à deux nouveaux traitements, respectivement par 12,5 et 25 g de silice dans les mêmes délais. On obtient ainsi environ 200 g de silice humide ayant adsorbé toute l'activité hormonale des hypophyses initiales, ocytocine, vasopressine, intermédine.

Environ 85 % de l'ocytocine sont sélectivement élués à l'ébullition par une solution d'acide acétique à 0,5 %. La silice ainsi traitée conserve environ 90 % de la vasopressine initiale. La silice humide ainsi obtenue est remise en suspension dans 300 ml d'une solution d'ammoniaque à 0,50 % et additionnée de la quantité suffisante d'ammoniaque concentrée pour atteindre un pH de 9,3 (environ 3 ml). Le tout est agité à 0° pendant 10 mn. On filtre sur Büchner refroidi, et le résidu de silice détaché du filtre est repris par 200 ml de la solution d'ammoniaque à 0,50 %, et agité dans les mêmes conditions. Ces opérations permettent d'éliminer les protéines retenues initialement sur la silice, ainsi que la plus grande partie de l'ocytocine résiduelle. Les sels ammoniacaux sont éliminés par un lavage de la silice avec 300 ml de solution d'acide acétique à 3 %, puis 300 ml de solution à 1 %.

La silice est alors convenablement tassée dans une colonne (30-35 mm de diamètre intérieur) et éluée à la température ordinaire par une solution de sulfate de sodium M/58, contenant $2.10^{-5}$ g % de zéphirol et 0,1 % d'acide

(1) F. W. Landgrebe, M. H. I. Macaulay et H. Waring, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, B. 62, 1946, p. 202.

(2) Sous presse.

acétique, s'écoulant à la vitesse de 1,2 à 1,3 ml : mn, et ce pendant 20 h. L'éluat renferme 55 à 58 % de l'activité vasopressique des hypophyses mises en jeu. Après concentration, il est additionné, en agitant, à 0°, d'une solution d'acide salicylique dans l'acétone (30 g %) à raison de 4 g d'acide salicylique pour 1000 U. I. de vasopressine. L'acide salicylique précipite en adsorbant l'activité, et l'agitation est maintenue dans l'eau glacée pendant 15 h.

On filtre à froid, on recueille le précipité, et on le met en présence d'un mélange hétérogène d'eau et d'éther éthylique privé de peroxydes. L'acide salicylique se dissout dans l'éther, laissant dans la phase aqueuse la vasopressine adsorbée.

L'acide salicylique en suspension est complètement éliminé par l'éther, mais il doit en rester un peu en solution afin de conserver un pH de 3,6. La phase aqueuse est privée d'éther par distillation.

Au cours de cette adsorption, la quasi-totalité des sels minéraux et organiques (zéphirol) reste dans les eaux mères, alors que 30 % environ de l'activité se trouve extraite. En répétant cette opération on parvient à retirer 87 % de la vasopressine présente dans la solution saline, soit environ 47 % de l'activité initiale des hypophyses.

La solution aqueuse obtenue, concentrée fortement à température inférieure à 5°, est additionnée de 3 volumes d'alcool éthylique à 95°, refroidi et maintenu une heure à — 2°. Il se forme un précipité de sulfate de sodium; on filtre et on distille l'alcool sans dépasser 5° et sous courant d'azote. Les pertes d'activité sont ici pratiquement nulles si l'on opère à froid.

La solution vasopressique amenée à 5 ml est alors soumise à l'extraction fractionnée selon Jantzen ([3]), par 15 fois 5 ml de *n*-butanol renfermant 10 mg d'acide salicylique par millilitre, en détruisant, après chaque équilibre, les émulsions par centrifugation. La répartition de l'activité présente deux maximums nettement séparés, dont l'un permet de retrouver près de 20 % de l'activité vasopressique initiale; la substance correspondante est un peptide. Pour déterminer son poids sec, on la place à l'étuve à + 120° jusqu'à poids constant, ce qui permet d'éliminer l'acide salicylique qui l'accompagnait. Ramenée au poids sec ainsi déterminé, l'activité vasopressique de la substance avant séchage est d'environ 1000 U. I. de vasopressine par milligramme, cette activité restant accompagnée d'une activité ocytocique qui, calculée en ocytocine, représente 18 U. I. d'ocytocine par milligramme.

---

([3]) *Das fraktionierte Verteilen* (*Dechema Monographie*, n° 48, 1932).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une réaction colorée des digitaliques.*
Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Roger Heim.

Depuis que Baljet ([1]) a montré que les solutions d'hétérosides digitaliques se colorent en rouge par adjonction d'acide picrique, suivie d'une addition de potasse alcoolique, on a essayé de substituer à l'acide picrique d'autres dérivés nitrés pour caractériser et même doser les digitaliques ([2]). Les dérivés nitrés utilisés sont : le nitroprussiate de sodium (qui donne une coloration rouge), le métadinitrobenzène (coloration bleu violet), l'acide 1.3-dinitrobenzoïque (coloration violette). Ces divers dérivés nitrés donnent des colorations peu stables; la coloration est moins fugace toutefois avec l'acide dinitrobenzoïque, mais elle est aussi moins sensible.

Au cours de nos recherches nous avons été amené à remplacer l'acide picrique par le 1.3-dinitronaphtalène; ce réactif donne avec les digitaliques une coloration rouge *stable* très sensible; elle est à vrai dire gênée par une coloration parasite, heureusement fugace, due à l'action des alcalis sur le dérivé nitré utilisé. Nous relatons ci-dessous quelques remarques au sujet des avantages comparés des divers réactifs nitrés.

Rappelons tout d'abord que le nitroprussiate ne fournit une coloration qu'avec les digitaliques dont la génine possède une chaîne lactonique à cinq atomes (type digitoxine); la réaction est négative si la chaîne lactonique est hexatomique (type scillarènes). Nous avons au contraire observé que la réaction est positive avec tous les digitaliques si l'on utilise comme réactif le dinitrobenzène ou le dinitronaphtalène; elle est en particulier positive avec les scillarènes A et B; elle l'est également avec le venin de crapaud, dont on sait qu'il renferme des complexes stéroïdes avec chaîne latérale hexatomique.

Le métadinitrobenzène donne une coloration bleue avec un grand nombre de cétostéroïdes ([3]). Nous avons également constaté que le 1-3-dinitronaphtalène donne une coloration rouge avec les stéroïdes suivants : déhydroandrostérone et œstrone (17-céto), androstandienoione et testostérone (3-céto), prégnélonone (20-céto), progestérone (3-20 dicéto) et cortisone (3-11-20 tricéto). Remarquons que ces réactions colorées sont attribuées à la présence d'un hydrogène actif d'un groupe—$CH_2$—CO—; on s'explique mal, avec cette hypothèse, que les corps obtenus par hydrogénation de la double liaison lactonique des digitaliques ne donnent plus de colorations avec aucun réactif nitré.

---

([1]) *Schweitz. Apoth. Ztg.*, 56, 1918, p. 84.
([2]) P. Bellet, *Ann. pharm. françaises*, 8, 1950, p. 471.
([3]) M. Pesez et M. Herbain, *Bull. Soc. chim.*, 1948, p. 104

Nous avons trouvé commode d'utiliser ces réactions colorées sous une forme qui permet d'opérer sur une goutte de solution, même aqueuse, de digitalique; ce procédé est particulièrement pratique pour suivre la marche de l'élution lors des chromatographies de mélanges contenant des digitaliques; nous utilisons pour cela des papiers trempés dans une solution au millième de dinitrobenzène ou de dinitronaphtalène; ces papiers séchés à 80° sont de bonne conservation; on dépose une goutte de la solution à examiner sur ce papier, on sèche à l'étuve; on pulvérise ensuite sur le papier une solution de potasse alcoolique normale. Si la goutte prélevée contient plus de 4 à 5 μg de digitalique (papier au dinitrobenzène), on voit apparaître une tache bleue fugace; si la goutte contient plus de 1 à 2 μg de digitalique (papier au dinitronaphtalène), on voit apparaître après quelques minutes une tache rouge stable.

On pourait penser que les stéroïdes décelables par ce procédé sont ceux qui sont décelables par la technique habituelle dans un tube à essai. Il n'en est rien (4). Avec les papiers imprégnés au dinitrobenzène, seuls sont décelables les digitaliques avec chaîne lactonique à cinq atomes (5); par contre avec les papiers au dinitronaphtalène, on obtient une réaction positive pour tous les digitaliques et tous les cétostéroïdes mentionnés plus haut.

Nous pensons que le nouveau réactif que nous proposons et les remarques faites sur l'emploi des dérivés nitrés sont susceptibles de rendre des services dans l'étude des digitaliques, étant bien entendu que le nouveau réactif, pas plus que ceux antérieurement proposés, ne saurait être considéré comme ayant une spécificité absolue.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Étude, au laboratoire, de l'action de l'acide p-sulfamido o-aminophénylarsinique sur l'amibiase expérimentale du Rat.* Note de MM. **Jean Schneider** et **Georges Montezin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'acide *p*-sulfamido *o*-aminophénylarsinique est, de tous les médicaments que nous avons jusqu'à présent étudiés sur l'amibiase expérimentale du Rat, celui qui s'est montré avoir l'activité la plus grande par rapport à sa toxicité.

Dans une précédente Note (1), M. J. Tréfouël, Mme J. Tréfouël et

(4) O. Schinder et T. Reichstein (*Helv. Chim. Acta*, 24, 1951, p. 109) ont fait une observation analogue.

(5) Toutefois la déhydroanstérone donne une tache très faible dans ces conditions.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2273.

M. M. Perret ont résumé les recherches qui les ont conduits à la préparation de l'acide *p*-sulfamido *o*-aminophénylarsinique.

Nous rapportons ici les résultats que nous avons obtenus au laboratoire en étudiant son activité sur l'amibiase expérimentale du Rat.

Dans une série de Notes ([2]) nous avons décrit une technique expérimentale permettant d'étudier, *in vivo*, chez le Rat, l'activité de médicaments vis-à-vis des formes végétatives de l'amibe dysentérique.

Nous obtenons, dans plus de 90 % des cas, en injectant des suspensions virulentes d'amibes par voie cæcale, après laparatomie, des lésions macroscopiques du cæcum, caractérisées par de l'œdème, des ulcérations, des suffusions hémorragiques, et l'examen microscopique du mucus cæcal de ces animaux met en évidence un nombre considérable d'amibes dysentériques hématophages.

Notre test thérapeutique consiste à comparer les lésions cliniques et la densité des parasites constatés chez les rats traités par le médicament à étudier (administré pendant 4 jours), à celles observées chez des sujets témoins, non traités, infestés identiquement le même jour, avec le même matériel virulent, les animaux étant tous sacrifiés 8 jours après leur infestation.

L'absence de lésions macroscopiques et de parasites chez les sujets traités, permet d'apprécier l'activité de ce médicament.

Nous avons pu ainsi préciser l'efficacité, au laboratoire, de corps dont l'action sur l'amibiase humaine était déjà bien connue : émétine, stovarsol, yatren, auréomycine, conessine; pour chacun de ces médicaments, nous avons déterminé sa dose minima active : celle-ci, pour l'émétine, le stovarsol et le yatren, est très proche de la dose toxique mortelle et ne laisse qu'une marge de sécurité thérapeutique très faible.

Nous avons ainsi étudié, dans les mêmes conditions, l'activité de l'acide *p*-sulfamido *o*-aminophénylarsinique vis-à-vis de l'amibiase expérimentale :

Dans un premier temps, nous avons constaté que ce médicament avait une toxicité très faible pour le Rat, et que la dose maxima tolérée en une fois, par voie bucale, est supérieure à 10 g : kg d'animal.

Nous avons ensuite précisé les limites de son activité thérapeutique; nos essais successifs sont rapportés dans le tableau de la page suivante. Jusqu'à la dose de 1,250 g : kg, administrée par voie orale, le médicament est constamment actif; la dose que l'on peut considérer comme dose minima active est très voisine de 500 mg : kg, soit le 1/20 de la dose tolérée.

---

([2]) J. Schneider et G. Montezin, *Bull. Soc. Path. Exot.*, (7), 41, 1948, p. 521; (3), 42, 1949, p. 94; (7), 43, 1950, p. 413; G. Montezin et J. Schneider, *Bull. Soc. Path. Exot.*, séance du 14 mars 1951 à paraître dans le Bulletin.

| Dose quotidenne exprimée en mg : kg et répétée pendant 4 jours. | Nombre de rats en expérience. | | Nombre de rats infestés. | |
|---|---|---|---|---|
| | Traités. | Témoins. | Traités. | Témoins. |
| 5 000 | 11 | 18 | 0 | 17 |
| 2 500 | 13 | 20 | 0 | 20 |
| 1 250 | 18 | 22 | 0 | 21 |
| 500 | 5 | 7 | 1 | 7 |

Ce large coefficient de sécurité, particulièrement rare dans la série des amoebicides, nous a incités à entreprendre, depuis plusieurs mois, des essais de traitement chez l'Homme : les résultats obtenus ont été satisfaisants et seront rapportés ultérieurement.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 30 mn.

R. C.

---

## *ERRATA.*

(*Comptes rendus* du 7 mai 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Élie Roubine*, Sur les ondes guidées par des circuits hélicoïdaux :

Page 1749, équation (1), dans l'expression de $b_n(r)$, *au lieu de* $D_{n-1}$, *lire* $D_n$ et équation (2), dans l'expression de $M_n(r)$, *au lieu de* $+ D_n$, *lire* $- D_n$.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1951.

*Cours de Cinématique*, par René Garnier. T. I. *Cinématique du point et du solide. Composition des mouvements.* T. II. *Roulement et viration. La formule de Savary et son extension dans l'espace.* Deuxième édition revue et corrigée. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 2 vol. 25,5 cm.

Histoire du chercheur à travers les âges. *Descartes, théoricien, géant et solitaire*, par Paul Dupont. Paris, La Clé d'or, 1951; 1 vol. 19 cm.

*Compléments d'hydraulique.* Deuxième partie, par Léopold Escande. Préface de M. Ch. Camichel. Paris, Dunod, 1951; 1 vol. 27,5 cm.

*Rudžer Bošhović.* Grada Kujigà 1. Zagreb, Jugoslavenska Akademija znanosti i umjetnosti, 1950; 1 vol. 20 cm.

*Schutzimpfungsversuche an weitzen Mäusen gegen Abortus Bang mittels Adsorbatvaccinen,* von Hans Ulrich Helfer. Extrait de *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. 129 1948; 1 fasc. 23 cm.

*Untersuchungen über die Adsorption des Maul-und Klauenseuche Virus an Aluminium-hydroxyd,* von Hans Karl Wunderli. Bern, 1950; 1 fasc. 23 cm.

Office vétérinaire fédéral, Berne. Directeur G. Flückiger. *Étude de quelques facteurs influençant le développement des aphtes lors de l'inoculation artificielle des animaux destinés à la production de vaccin antiaphteux.* Thèse, par Joseph Parrat. Zürich, 1948; 1 fasc. 21cm.

Id. — *Statistiques et évaluations des dommages causés par les épizooties en Suisse de* 1886 *à* 1946. Thèse, par Gustave Grandchamp. Lausanne, Imprimerie vaudoise, 1948; 1 fasc. 23 cm.

Id. — *Étude sur le vaccin adsorbé antirouget préparé selon le procédé de Traub.* Thèse, par Pierre-André Schneider. Lausanne, Imprimeries réunies, 1950; 1 fasc. 23 cm.

Id. — *Essais d'utilisation de la déviation du complément dans le diagnostic de la tuberculose bovine.* Thèse, par Samuel Debrot. Extrait de la *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, n° 624, 1951. Meaux, Imprimerie André Pouyé, 1951; 1 fasc. 24 cm.

*Stability studies of structural frames*, by Abraham Slavin. Reprinted from the *Transactions of the New York Academie of sciences.* Séries 2. Vol. XII, n° 3, 1950; 1 fasc. 25 cm (présenté par M. A. Caquot).

*La métallurgie des poudres*, par Robert Girschig. Préface de M. P. Nicolau, in *Bibliothèque de l'ingénieur mécanicien constructeur.* Paris, Éditions de la « Revue d'Optique », 1951; 1 fasc. 24 cm (présenté par M. A. Caquot).

*Les systèmes asservis*, par PIERRE NASLIN. Préface de M. P. NICOLAU, in *Bibliothèque de l'ingénieur mécanicien constructeur*. Paris, Éditions de la « Revue d'Optique », 1951; 1 vol. 24,5 cm (présenté par M. A. Caquot).

Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale. Deuxième rapport annuel, 1949; 1 vol. 24,5 cm.

*Rœntgen examination of pleural fluid. A study of the localization of free effusions, the potentialities of diagnosing minimal quantities of fluid and its existence under physiological conditions*, by INGEMAR HESSÉN, in *Acta Radiologica*. Supp. 86. Stockholm, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

*Quelques expériences sur les poteaux traités par le procédé Boucherie*, par ERNST GÄUMANN. Berne, Imprimerie Büchler, 1950; 1 fasc. 22 cm.

Extraits de *Phytopathologische Zeitschrift*. Bd 17. Heft 1, 1950 : *Über induzierte Abwehrreaktionen bei Orchideen*, von ERNST GÄUMANN, RUDOLF BRAUN, GIOVANNI BAZZIGHER. Heft 2, 1950 : *Boden bewohnende Algen als Wuchsstoffspender für bodenbewohnende pflanzenpathogene Pilze*, von ERNST GÄUMANN, OTTO JAAG. *Über die Inaktivierung von Lycomarasmin durch Strepogenin*, von ERNST GÄUMANN, STEPHI NAEF-ROTH, PIERRE REUSSER. Heft 3, 1950 : *Über die unterschiedliche biologische Wertigkeit junger Gewebe von verschieden alten Pflanzen*, von ERNST GAÜMANN, STEPHI NAEF-ROTH. Heft 4, 1950 : *Über den Einfluss der Bodentemperatur auf die Symptomausprägung bei der Blattrollkrankeit der Kartoffeln*, von ERNST GÄUMANN. 5 fasc. 24,5 cm.

Extraits de *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, 1950. Bd 60 : *Über einen neuen Uromyces auf Calycotome spinosa* LK., von ERNST GÄUMANN, CHARLES TERRIER. Bd 61 : *Puccinia baldensis n. sp.*, von ERNST GÄUMANN; 2 feuillets 23 cm.

Extraits de *Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen*, n° 1, 1951 : *Über das Kastaniensterben im Tessin*, von ERNST GÄUMANN. Nos 2-3 ; *Neuere Erfahrungen über die Mistel*, von ERNST GÄUMANN, JAMES PÉTER-CONTESSE; 1 fasc. et 1 feuillet 23 cm.

Extraits de *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. Heft 1, 1930 : *Die Bedeutung der serologischen und bakteriologischen Präparate für die tierärztliche Praxis*, von G. FLÜCKIGER. Heft 2, 1932 ; *Die spezifische Behandlung des Geburtsrauchbrandes und anderer Gasoedemerkrankungen der Haustiere*, von G. FLÜCKIGER. Heft 10, 1936 ; *Die Bekämpfung der chronischen Seuchen*, von G. FLÜCKIGER. Fasc. 11. Vol. LXXVIII, 1936 ; *Le traitement des cadavres et des produits d'origine animale au point de vue de la prophylaxie vétérinaire et projet de réglementation*, par G. FLÜCKIGER. Heft 9, 1939 ; *Zur frage der Abschlachtung bei Maul-und Klauenseuche*, von G. FLÜCKIGER. Heft 2-3, 1941 ; *Versuche mit neuzeitlichen Immunisierungsmethoden gegen Schweinerotlauf und-pest in der Schweiz*, von G. FLÜCKIGER. Heft 10, 1942 ; *Die Anwendung der Schutzimpfung bei der inskünftigen Bekämpfung der Maul-und Klauenseuche*, von G. FLÜCKIGER. Heft 8, 1943 ; *Die Bedeutung der Vakzineforschung für die Wirtschaft*, von G. FLÜCKIGER. Heft 12, 1950 ; *Zu den Verhandlungen des Verbandes der europäischen Landwirtschaft* (*CEA*) *über die Bekämpfung der Rindertuberkulose*, von G. FLÜCKIGER; Heft 1, 1951 ; *Anderungen in der Bekämpfung des Rotlaufs der Schweine*, von FLÜCKIGER; 10 fasc. 21 cm.

Extraits des *Annales de médecine vétérinaire*, n° 1, 1949 : *Les principes modernes de la prophylaxie de la fièvre aphteuse*, par G. FLÜCKIGER. Fasc. 1, 1950 ; *Considérations sur l'éradication de la tuberculose bovine*, par G. FLÜCKIGER. N° 6, 1950 ; *Notions nouvelles sur l'étiologie et la prophylaxie du rouget et du porc*, par G. FLÜCKIGER; 3 fasc. 22,5 cm.

Extraits de l'*Office international des épizooties*, 1933, R. 40 : *Réglementation des transports internationaux des animaux et produits animaux sur route par automobiles*, par G. Flückiger. 1937, R. 88 : *La marque des animaux en police sanitaire*, par G. Flückiger. 1938, R. 93 : *Indications respectives de l'abatage et de l'immunisation dans la fièvre aphteuse*, par G. Flückiger. 1939, R. 107 : *Étude d'une législation concernant la mise en vente des remèdes préconisés contre les maladies animales*, par G. Flückiger; 4 fasc. 25 cm.

*Elfter Internazionaler Tierärztlicher Kongress*. London, 1930 : *Standardisation der biologischen Präparate*, von G. Flückiger. London, John Bale, Sons and Danielsson, 1930; 1 fasc. 25 cm.

*La lutte moderne contre la fièvre aphteuse*, par G. Flückiger. Reprinted from the *Proceedings of the Twelf International Veterinary Congress;* 1 fasc. 23 cm.

*Ueber die Bekämpfung chronischer Tierseuchen (Tuberkulose, Abortus Bang, Gelber Galt)* in *Verbindung mit den staalichen Viehversicherungen*, von G. Flückiger : 1 fasc. 21 cm.

*Au sujet de la prophylaxie de la tuberculose bovine*, par G. Flückiger, in *Journal d'agriculture suisse;* 1 feuillet 25 cm.

*Ueber das Zustandekommen und das Wesen der Tuberkulinreaktion*, von G. Flückiger; 1 feuillet 21 cm.

*Die Anwendung der üblichen Seuchenbekämpfungsmatznahmen gegen die Ridentuberkulose*, von G. Flückiger, in *Schweiz. Landwirtschaftl. Zeitch. Die Grüne*; 1 feuillet 24 cm.

*Lutte internationale contre la fièvre aphteuse par vaccination*, par G. Flückiger, in *Acta Tropica*. Vol. II, nº 1, 1945; 1 fasc. 24 cm.

*Eidgenössische Tierseuchengesetzgebung im* Wandel *der letzten* 25 *Jahre*, von G. Flückiger. Bern, 1946; 1 fasc. 21 cm.

*Ueber die Bangsche Krankheit bei Mensch und Tier*, von G. Flückiger; 1 fasc. 20 cm.

*Organizzazione Internazionale della lotta contro le epizoozie*, par G. Flückiger. Estratto dalla Rivista *Zooprofilassi*, Anno III, nº 6, 1948; 1 fasc. 24,5 cm.

*Zur Tilgung der Rindertuberkulose*, von G. Flückiger. Bern, 1948; 1 fasc. 20 cm.

*Combating foot-and-mouth disease by modern scientific methods*, by G. lückiger, in *The Vetenary Journal*. Vol. CIV, nº 5. 1948; 1 fasc. 25 cm.

*Die Bekämpfung der Rindertuberkulose in der Schweiz*, von G. Flückiger, in *Schweizerische Zeitschrift für Tuberkulose*. Vol. VI. Fasc. 6, 1949; 1 fasc. 24,5 cm.

*Considérations fondamentales sur la prophylaxie de la tuberculose bovine*, par G. Flückiger. Extrait de la *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale* T. L, nº 616, 1950; 1 fasc. 24 cm.

*Neue Erkenntnisse in der Ätiologie und Bekämpfung des Rotlaufes der Schweine*, von G. Flückiger, in *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*. Heft 6, 37, 1950; 1 feuillet 24,5 cm.

*Champs thermiques et flux calorifiques*. Première Partie : *Étude graphique des régimes permanent et variable*, par Marcel Véron, in *Bulletin technique de la Société française des constructions Babcock and Wilcox*, nº 23, octobre 1950; 1 fasc. 27 cm.

Aus dem eidgenössischen Veterinäramt. *Vorträge gehalten an den Fortbildungskursen für amtliche Tierärzte im Jahre* 1942-1943 *und* 1944-1945 *bis* 1949, 1949 *und* 1950. Sammelband nº 1 à 4. Zusammengestellt von Prof. G. Flückiger; 4 fasc. 21 cm.

*Körpergrösse und organzahl der organismen*, von F. A. Schilder, in *Hallische monographien*, n° 18. Halle (Saale), Max Niemeyer, 1950; 1 fasc. 25 cm.

*Anleitung zu biostatistischen Untersuchungen*, von Franz Alfred Schilder and Maria Schilder. Halle (Saale) Max Niemeyer, 1951; 1 fasc. 21 cm.

Protectorat de la République française au Maroc. Gouvernement chérifien. Service géologique. *Terrains sédimentaires. Roches éruptives.* 500 000e. *Feuille Hammada du Guir.* Carte dressée par MM. G. Choubert, L. Clariond, P. Deleau, G. Dubar, P. Gevin, J. Hindermeyer, F. Joly, R. Lavocat, N. Menchikoff, A. Meyendorf et J. Agard, G. Choubert, G. Jouravsky, F. Permingeat et D. Keguith ; 1 planche 112 × 73,5 cm.

*Mémoires de la Société géologique de France.* Nouvelle série. T. XXVI. Fasc. 3, Feuilles 14 à 18. *Reproduction artificielle de minéraux silicatés à haute pression. Métamorphisme artificiel des roches*, par Albert Michel-Lévy et Jean Wyart. Paris, Société géologique, 1947; 1 fasc. 32,5 cm.

*Discussions of the Faraday Society.* N° 5, 1949. *Crystal Growth. The synthesis of crystals produced in gaseous media by detonation of explosive mixtures*, by Albert Michel-Lévy; 1 feuillet 25 cm.

*Sur l'utilisation des rencontres d'ondes de choc dans l'argon comme source lumineuse brève et puissante*, par Albert Michel-Lévy et Henri Muraour. Extrait du *Mémorial de l'Artillerie française*, 1949, 1er fasc. Paris, Imprimerie nationale, 1949; 1 fasc. 23,5 cm.

Extrait des *Annales Hébert et Haug.* T. VII. *Livre jubilaire Charles Jacob*, 1949; 1 fasc. 24 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G. F. De Witte, avec* W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel, R. Verheyen (1946-1949). Fasc. 3. *Onitini* (Coleoptera Lamellicornia. Fam. Scarabæidæ), par A. Janssens. Bruxelles, 1951; 1 fasc. 28,5 cm.

Organisation météorologique internationale. Sous-commission mixte d'aérologie expérimentale (J. S. Ae). Sous-commission pour la comparaison des radiosondes (C. R. VI Europe). *Comparaison mondiale des radiosondes. Acte final de la station aérologique de Payerne* (Suisse), 8 au 30 mai 1950. Vol. I contenant la comparaison numérique de tous les radiosondages effectués et destinés aux *aérologistes praticiens.* Vol. II. Id. et le taux d'exactitude des mesures destinées aux *météorologistes synopticiens*; 2 vol. 29 cm polycopiés à la Station. centrale suisse de météorologie, février 1951.

*Flore de Madagascar et des Comores* (Plantes vasculaires). Fam. 1 à 4 : *Marattiacées, Ophioglossacées, Hyménophyllacées, Cyathéacées*, par Mme Tardieu-Blot. Fam. 21 et 22 : *Potamogétonacées, Naiodacées*, par H. Jumelle. Fam. 41 à 43 : *Amaryllidacées, Vellosiacées, Taccacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Fam. 44 et 44 *bis* : *Dioscoréacées*, par I. H. Burkill. *Trichopodacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Fam. 72 à 76 : *Basellacées, Caryophyllacées, Nymphéacées, Cératophyllacées, Renonculacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Fam. 81 : *Lauracées*, par André J. G. H. Kostermans. Fam. 104 et 105 : *Rutacées, Simarubacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Fam. 108 : *Malpighiacées*, par J. Arènes. Fam. 123, 132 à 134 et 135 à 136 et 142 : *Rhamnacées, Dilléniacées, Ochnacées, Théacées, Hypéricacées, Guttifères, Turnéracées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Fam. 146 : *Thyméléacées*, par J. Leandri. Fam. 154 et 155 : *Œnothéracées, Halorrhagacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Paris, Firmin-Didot, 1950 et 1951 ; 14 fasc. 25 cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 25 JUIN 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **A. Christomanos**, Professeur à l'Université d'Athènes, **Paul E. Gagnon**, Directeur de l'École des Gradués à l'Université Laval de Québec, **Edgard Piret**, Professeur de génie chimique à l'Université de Minnesota, **Francesco Severi**, Professeur à l'Université de Rome, qui assistent à la séance.

*Notice nécrologique sur* Frédéric Marguet (1874-1951),
par M. l'Amiral **Georges Durand-Viel**.

Né en 1874, Frédéric Marguet est entré en 1891, un an avant moi, à l'École navale où il n'a pas tardé à se distinguer.

Après une douzaine d'années passées à la mer, il est revenu à l'École en qualité de professeur d'Architecture navale, puis d'Astronomie et de Navigation. Il y a fait toute sa carrière, dans le cadre actif d'abord, puis dans le cadre « de résidence fixe » réservé aux officiers dont certaines aptitudes spéciales étaient utiles à la Marine dans d'importantes fonctions sédentaires exclusives du service général.

Parvenu à la limite d'âge en 1933, dans le grade de capitaine de vaisseau, il fut maintenu à l'École à titre civil comme secrétaire archiviste, en fait Directeur des études. Il se retira ensuite à Paris, en 1937, puis à Villeneuve-Loubet en 1940.

Son enseignement a eu sur les jeunes générations maritimes une influence considérable aussi bien dans la Marine marchande que dans la Marine militaire. Beaucoup des professeurs de navigation actuellement en exercice sont des élèves du commandant Marguet qui s'est montré dans ce domaine le continuateur de l'œuvre du commandant Guyou dont le souvenir est encore si vivant parmi nous.

Cet enseignement se trouve exposé dans deux Ouvrages : *Cours d'Astronomie de l'Ecole Navale* et *Cours de Navigation et de Compas*, plusieurs fois réédités. Le second de ces ouvrages renferme un grand nombre de développements inédits portant principalement sur la théorie des courbes de hauteur et les propriétés des segments capables sphériques. En 1926, l'Académie reconnut la haute valeur de ces innovations en attribuant le prix Plumey à leur auteur.

Cette consécration nous dispense d'énumérer les nombreuses publications dans lesquelles F. Marguet avait signalé les résultats originaux de ses recherches personnelles. Mentionnons cependant qu'il ne cessa pas de les poursuivre et d'en faciliter l'application à l'Aéronautique, comme en témoigne une Note fort intéressante sur le point au moyen des relèvements radiogoniométriques insérée aux *Comptes rendus*, en 1935.

Frédéric Marguet s'est montré aussi très habile observateur. Une longue série d'observations précises des satellites de Jupiter entreprise à Brest avait attiré sur lui l'attention de notre regretté confrère Andoyer qui en a utilisé les résultats pour rectifier les tables des satellites dans la Connaissance des Temps. On doit aussi savoir gré à F. Marguet d'avoir largement contribué par ses publications dans la *Revue maritime* et dans les mémoires de l'Académie de Marine à divulguer les idées nouvelles sur les mouvements généraux de l'atmosphère et la genèse des marées.

Enfin, F. Marguet a consacré une partie importante de son œuvre à l'Histoire des sciences et à la Philosophie. Son Histoire de la longitude à la mer au XVIII^e siècle lui a valu, en 1915, une part du prix Binoux de l'Académie des sciences et une médaille d'or de la Société de géographie.

Cette remarquable esquisse a été complétée par une Histoire générale de la navigation du XV^e au XX^e siècle (1931) qui constitue un admirable monument auquel devront se reporter les historiens et érudits de l'avenir.

Nous avons encore à signaler d'intéressantes études sur la Connaissance des Temps, le Planisphère de Mercator, les Portulans, la Mission du passage de Vénus à l'île Saint-Paul, le Périple de Baudin en Australie, etc.

Du côté philosophique, il convient surtout de retenir un article sur l'Origine des Espèces, favorablement apprécié par Bergson; un important Mémoire inséré dans la *Revue de métaphysique* et de *morale* (1902-1903) sous le titre : *Essai d'ontologie*; enfin une belle étude sur l'Idée de Patrie (*id.* 1904).

En résumé F. Marguet s'est affirmé comme un théoricien nautique de grande valeur, un observateur habile, un historien maritime hors de pair et un esprit éminemment distingué. C'est à tous ces titres qu'il a été, en 1937, élu Correspondant de l'Académie dans la Section de géographie et navigation, dernière consécration d'une belle carrière vouée au service du pays, de la marine et de la science.

Les dernières années de sa vie ont été assombries par la perte d'un fils qu'il chérissait, le capitaine Marguet, mort pour la France en Indochine. Il n'en a pas moins travaillé jusqu'au terme de son existence à compléter sa grande Histoire de la navigation.

Que M[me] Frédéric Marguet et M[me] Bensa si éprouvées par deux deuils successifs, veuillent bien trouver dans cet hommage à la mémoire de leur mari et père, présenté au nom de l'Académie par son ancien camarade d'école et de carrière, quelque adoucissement à leur profonde douleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons moléculaires colorées entre la phénazine et son N-dihydrure : corps bleu et corps violet.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Edmond Toromanoff.**

Une nouvelle combinaison cristalline violette entre la phénazine et son N-dihydrure, distincte de la combinaison bleue, correspondant à une quinhydrone, déjà connue, est décrite. Les compositions de ces deux associations moléculaires sont établies. On étudie, enfin, les conditions de leurs formations et de leurs transformations réciproques sous vide.

Ayant entrepris l'étude des propriétés photochimiques de la phénazine, I, en relation avec celles des corps à structure acénique, nous avons observé, dès les premiers essais, l'apparition de corps colorés : nous avons dû nous occuper de ceux-ci avant d'aller plus loin.

La production d'un corps bleu a été signalée aussitôt après la découverte de la base (1) et elle a été retrouvée fréquemment depuis. C'est une association de phénazine, I, et de son dihydrure, II, donnée comme équimoléculaire (2). L'existence de cristaux violets n'a été mentionnée qu'une seule fois (3), sans autre indication que la couleur.

Nous avons repris la question à sa base en déterminant les compositions par des titrages oxydants.

La principale difficulté du travail, celle qui a déjà beaucoup gêné les observations des auteurs dans le passé, est la facilité avec laquelle la mésodihydrophénazine, II, libre ou associée, s'autoxyde au contact des solvants et surtout quand elle est en solution. En vue d'y parer, les préparations ont été faites sous vide, en tubes scellés, et les dosages ont été effectués à l'abri de l'air. Grâce à ces précautions, on a obtenu des résultats parfaitement reproductibles, avec des écarts inférieurs à 1 %.

Avec cette nouvelle technique, nous avons commencé par vérifier que

---

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) A. Claus, *Ann.*, 168, 1873, p. 1.

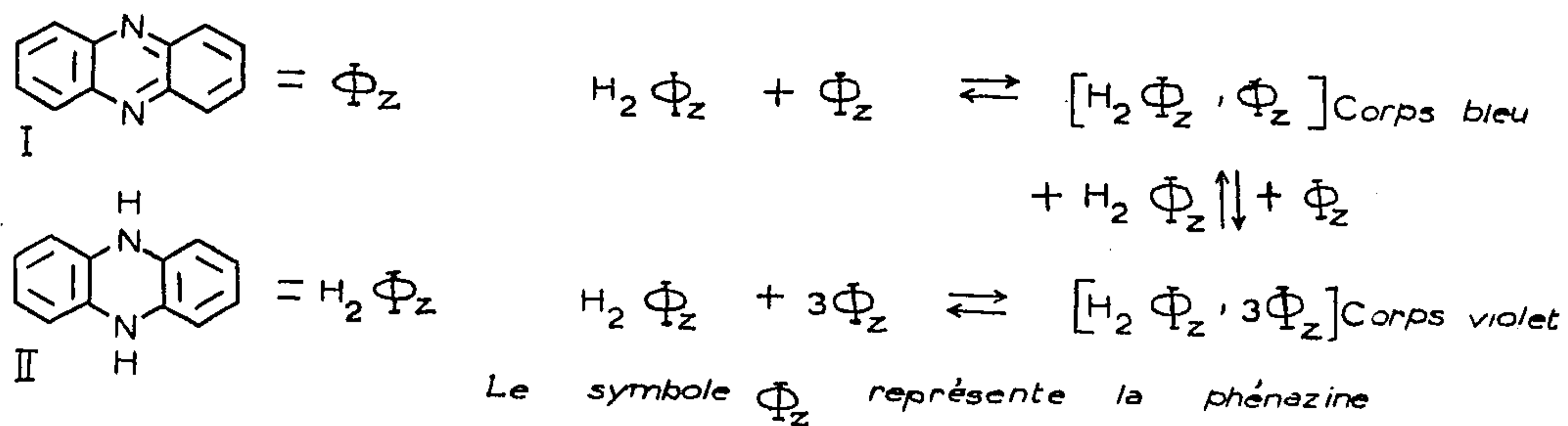
(2) W. Schlenk et E. Bergmann, *Ann.*, 463, 1928, p. 306.

(3) *Monatshefte*, 39, 1918, p. 231.

le corps bleu, celui qui était connu depuis longtemps, avait bien la composition équimoléculaire ($C_{12}H_8N_2 + C_{12}H_{10}N_2 = C_{24}H_{18}N_4$) admise auparavant.

En essayant de confirmer cette composition par les conditions de préparation, nous avons retrouvé le corps violet, à peine entrevu par Scholl ([3]), et nous avons établi qu'il était chimiquement distinct du corps bleu, sa composition s'établissant à trois molécules de phénazine pour une de son dihydrure : $3\,(C_{12}H_8N_2) + C_{12}H_{10}N_2 = C_{48}H_{34}N_8$.

Les teintes des cristaux du corps violet sont assez variables, allant du gris au violet franc, en passant par le rouge violacé, mais l'identité chimique est la même sous ces diverses apparences : nous n'avons pas trouvé de compositions intermédiaires entre une et trois molécules de phénazine par molécule de dihydrure, quand l'examen microscopique ne révélait pas la présence de cristaux bleus mélangés aux violets. Il ne s'est pas manifesté, non plus, de composé plus riche en phénazine, même avec un grand excès de celle-ci.




Le corps bleu et le corps violet sont typiquement des combinaisons cristallines, n'existant pas en dehors du réseau cristallin. Traités par un solvant ils subissent une dissolution plus ou moins complète suivant la température et les proportions, mais la couleur des solutions résultantes n'est que le jaune pâle de la phénazine qu'elles contiennent, sans la moindre teinte bleue ou violette. Les deux corps colorés n'ont donc aucune solubilité propre.

Ainsi, malgré cette insolubilité, la précipitation ne pourra pas être intégrale, quand on mélangera les solutions des constituants ou quand on ajoutera l'un d'eux à la solution de l'autre sans excès considérable. Il en résulte l'idée de l'existence d'un état d'équilibre au contact des solvants entre phénazine, dihydrophénazine, corps bleu et corps violet. C'est ce qu'a démontré la reproduction du même état par les deux voies inverses : dissolution et précipitation. On enferme, par exemple, dans deux tubes scellés sous vide les mêmes quantités d'alcool éthylique, de phénazine et de son dihydrure, puis un seul des tubes est chauffé jusqu'à dissolution

complète des réactifs, après quoi on abandonne à la température du laboratoire. Après quelques jours les deux tubes contiennent les mêmes dépôts cristallins, en mêmes quantités, et les liqueurs surnageantes ont la même composition.

Le corps bleu et le corps violet développent donc dans les solvants où ils baignent une sorte de « tension de dissociation », le mot « tension » étant pris dans un sens analogue à celui qu'envisageait Van't Hoff pour les corps dissous dans les phénomènes de pression osmotique.

Vues sous ce jour, les particularités, fort compliquées au premier abord, des formations de chacun des deux corps, ou de leur mélange, deviennent parfaitement claires.

Mouillé de solvant pur, le corps bleu se dissocie partiellement sans changer de nature. Par contre, la dissociation du corps violet dans les mêmes conditions le transforme progressivement en corps bleu, jusqu'à ce que la « tension » de la phénazine dans la solution atteigne une valeur limite, dépendant de la température. Avec une quantité suffisante de solvant la transformation en corps bleu est intégrale. Réciproquement, on arrête le changement, ou bien on le fait rétrograder si l'on augmente la « tension » de la phénazine, c'est-à-dire si l'on surcharge la solution en ce réactif. En bref, le dihydrure tend à favoriser la production du corps bleu et la phénazine celle du corps violet : ainsi, un excédent non dissous de dihydrure ne s'accommode pas de la présence de corps violet, tandis qu'un excédent non dissous de phénazine ne tolère pas le corps bleu. Par suite, le mélange de corps bleu et de corps violet ne peut subsister qu'en l'absence de l'un quelconque des constituants indissous.

On voit se préciser par là les conditions de passage du corps bleu au corps violet et *vice versa*. On en déduit les techniques de préparation des corps bleu et violet purs, chacun exempt de l'autre corps coloré. Le corps bleu pur s'obtiendra en mouillant de solvant un mélange équimoléculaire de dihydrure et de phénazine, ou, à la rigueur, ne contenant qu'un faible excédent de celle-ci. Au contraire, pour rester seul, le corps violet exigera un excédent de phénazine par rapport à sa propre composition. Cet excédent ne pouvant être que dissous, sa valeur est réglée par la quantité et par les constantes de la solution en équilibre avec les cristaux : en alcool éthylique à 20°, la concentration de la phénazine ne doit pas être inférieure à la demi-saturation, ce qui a pour effet d'abaisser au 1/8 de la saturation la teneur en dihydrophénazine et qui, avec des solubilités respectives de 16 et 2,5 g au litre, établit au coefficient 30 environ l'excédent de phénazine sur son hydrure dans la liqueur.

Ce qui précède ne concerne que l'état d'équilibre, car le corps violet, qui précipite le plus rapidement, peut apparaître transitoirement pour

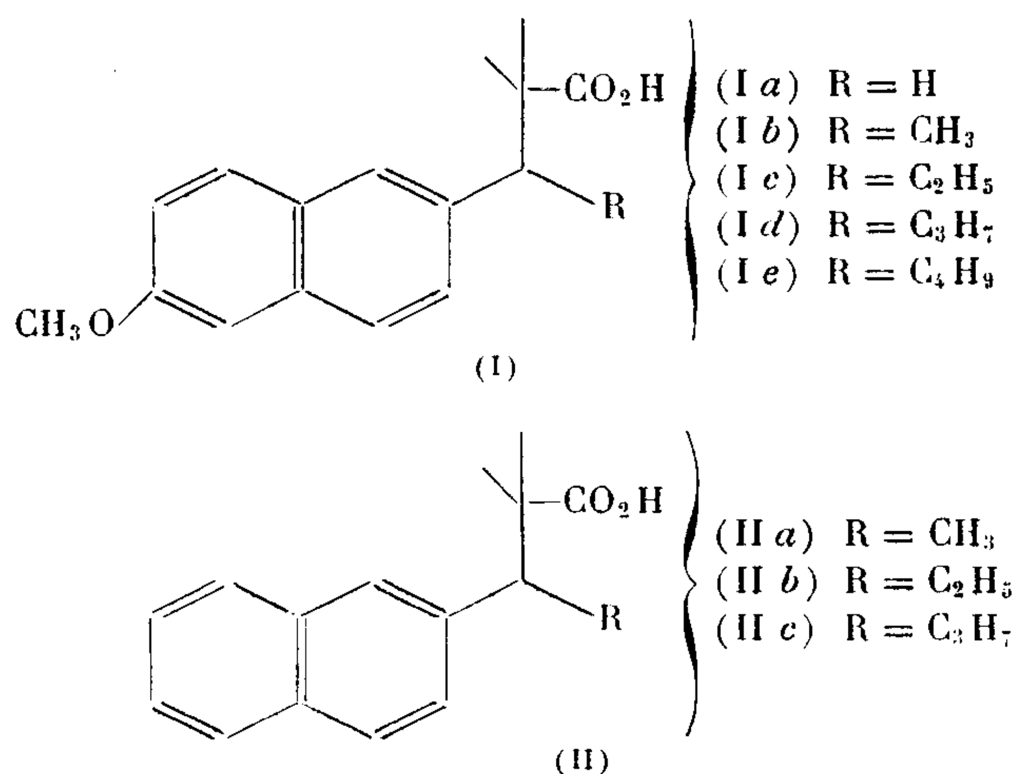
disparaître ensuite quand les proportions des constituants ne lui permettent pas de subsister dans l'état final.

Resterait maintenant à connaître la constitution des deux corps.

Une analogie apparaît entre le corps bleu et les quinhydrones, résultant ici et là d'une association équimoléculaire colorée entre un corps et son dihydrure : Clémo et Mc Ilwain ([4]) l'avaient même explicitée en donnant au corps bleu le nom imagé de « phénazhydrine ». Toutefois les ressemblances entre les deux catégories de corps sont assez superficielles et la phénazine, corps de structure et de comportement acénique, n'a rien qui la rapproche d'une quinone. L'existence d'une deuxième association définie entre forme réduite et forme oxydée accentue les différences entre le cas des phénazines et celui des quinones. Au reste, les raisons structurales de la coloration des quinhydrones étant encore à découvrir, le rapprochement n'éclairerait guère la cause des couleurs si profondes des corps bleu et violet phénaziniques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Œstrogènes artificiels : nouveau dérivé très actif dans la série allénolique.* Note de MM. **Robert Courrier**, **Alain Horeau** et **Jean Jacques**.

Dans le cadre des recherches que nous poursuivons sur les relations entre la structure chimique et l'activité œstrogène, nous nous sommes proposé de faire subir à la molécule du type (I) des variations portant sur la longueur de la chaîne R.




Nous avons déjà décrit les substances pour lesquelles R=H, $CH_3$, $C_2H_5$ : dans ces trois cas, l'activité œstrogène augmente à mesure que la chaîne hydro-

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 1991.

carbonée s'allonge et l'éther méthylique de l'acide αα-diméthyl-β-éthyl-allénolique (I*c*) est actif sur la rate castrée à la dose de 1,5 γ environ, en une seule injection ([1]). Nous pensions avoir atteint le maximum d'activité dans cette série, il n'en est rien. D'après nos derniers résultats, l'éther méthylique de l'acide αα-diméthyl-β-propyl-allénolique (I*d*) ($R = C_3H_7$) provoque le rut chez nos rates à la dose de 1 γ. Lorsqu'à la chaîne carbonée, on ajoute un atome de carbone supplémentaire, l'activité œstrogène diminue notablement : l'acide αα-diméthyl-β-*n*-butyl-allénolique (I*e*) ($R = C_4H_9$) n'a presque plus d'action à la dose de 20 γ.

Les données biologiques que nous résumons dans le tableau I montrent clairement que, dans cette série, l'activité œstrogène passe par un maximum pour $R = C_2H_5$ et $R = C_3H_7$.

TABLEAU I.

| Formules. | R. | Dose injectée (γ). | Résultats positifs (%). |
|---|---|---|---|
| (I*a*).............. | H | 1000 | 0 |
| (I*b*).............. | $CH_3$ | 10 | 100 |
| | | 5 | 0 |
| (I*c*).............. | $C_2H_5$ | 1,5 | 60 |
| | | 1 | 0 |
| (I*d*).............. | $C_3H_7$ | 1 | 70 |
| | | 0,5 | 0 (+ 30 % proœstrus) |
| (I*e*).............. | $C_4H_9$ | 20 | 20 |
| | | 10 | 0 (+ 40 % proœstrus) |

Dans la série désoxyallénolique [de formule générale (II)], nous avions décrit précédemment avec S. Julia ([2]) les acides pour lesquels $R = CH_3$ et $C_2H_5$. Afin de poursuivre la comparaison, nous avons préparé l'acide (II*c*)($R = C_3H_7$). D'après nos essais biologiques préliminaires, il ne semble pas qu'ici le radical propyle soit aussi favorable que l'éthyle. Nos résultats sont résumés dans le tableau II.

TABLEAU II.

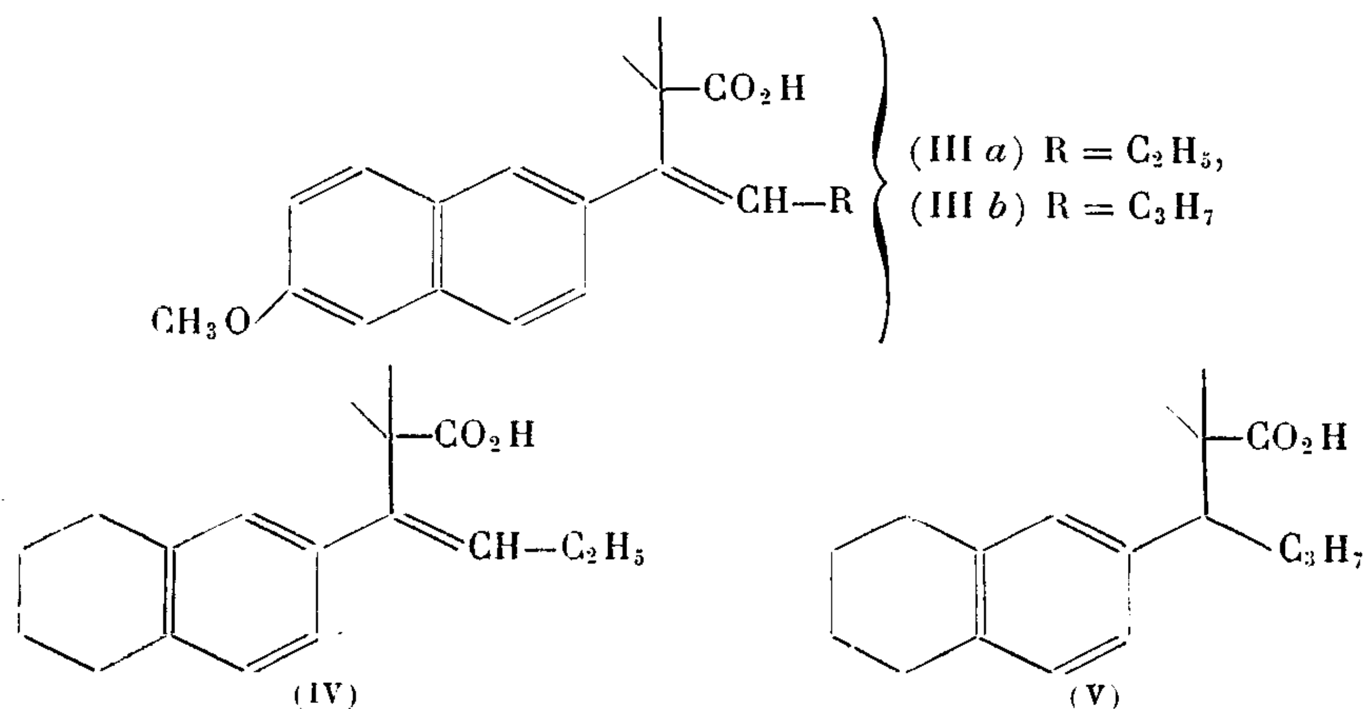
| Formules. | R. | Dose injectée (γ). | Résultats positifs (%). |
|---|---|---|---|
| (II*a*)............. | $CH_3$ | 100 | 75 |
| (II*b*)............. | $C_2H_5$ | 25 | 100 |
| | | 10 | 25 (+ 25 % proœstrus) |
| (II*c*)............. | $C_3H_7$ | 10 | 0 |

([1]) COURRIER, HOREAU et JACQUES, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1401.
([2]) HOREAU, JACQUES et S. JULIA, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1278.

Les acides (I *d*) et (I *e*) ont été obtenus en suivant la série de réactions que nous avons utilisées antérieurement pour la préparation des homologues inférieurs ([3]).

Le méthoxy-6 *n*-butyryl-2 naphtalène F 89-90° ([4]), préparé par réaction de Friedel-Crafts entre la néroline et le chlorure de *n*-butyryle dans le nitrobenzène, est condensé selon Reformatzki avec le bromo isobutyrate d'éthyle. L'acide éthylénique (III *a*) F 95-96° ($C_{19}H_{22}O_3$ : calculé % C 76,5; H 7,4; trouvé % C 76,4; H 7,4), obtenu après déshydratation et saponification du produit de la réaction, est hydrogéné en présence de platine, dans l'acide acétique. On a finalement l'acide (I *d*) F 136-137° ($C_{19}H_{24}O_3$ : calculé % C 76,0; H 8,05; trouvé % C 76,0; H 8,2).

Pour atteindre l'acide (I *e*), on isole les intermédiaires suivants : méthoxy-6 *n*-valéryl-2 naphtalène F 65-66° ($C_{16}H_{18}O_2$ : calculé % C 79,3; H 7,5; trouvé % C 79,15; H (7,6); acide éthylénique (III *b*) F 125-127° ($C_{20}H_{24}O_3$ : calculé % C 76,9 H 7,7; trouvé % C 76,4, H 7,7); éther méthylique de l'acide αα-diméthyl-β-butyl-allenolique F 125-126° ($C_{20}H_{26}O_3$ : calculé % C 76,4; H 8,3; trouvé % C 76,4; H 8,4).




L'acide (II*c*) a été préparé en passant par les étapes suivantes : *n*-butyryl-tétraline ([5]) $E_{20}$ 184-187°; acide éthylénique (IV) F 92-93° ($C_{18}H_{24}O_2$ : calculé %, C 79,4; H 8,9; trouvé %, C 79,1; H 8,6); acide (V) F 97-98° ($C_{18}H_{26}O_2$ : calculé %, C 78,8; H 9,55; trouvé %, C 78,6; H 9,7). L'ester méthylique de cet acide est déshydrogéné par le soufre à 225°. Après saponification on obtient l'acide (II*c*) F 111-112° ($C_{18}H_{22}O_2$ : calculé %, C 80,0; H 8,2; trouvé %, C 79,4; H 8,4).

---

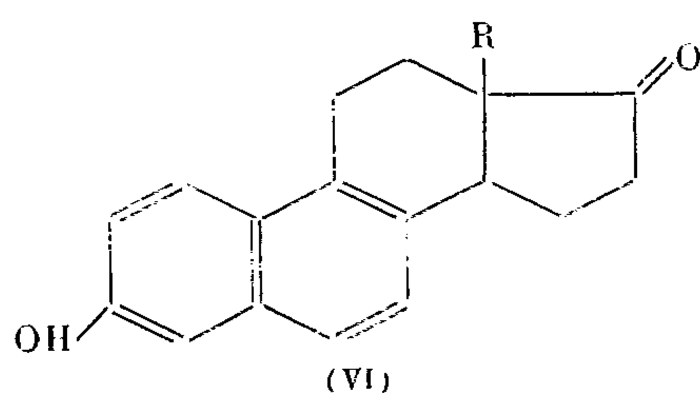
([3]) Jacques et Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, **15**, 1948, p. 711.

([4]) Desai et Waravdekar, *Proc. Ind. Acad. Sci.*, **24** A, 1946, p. 382.

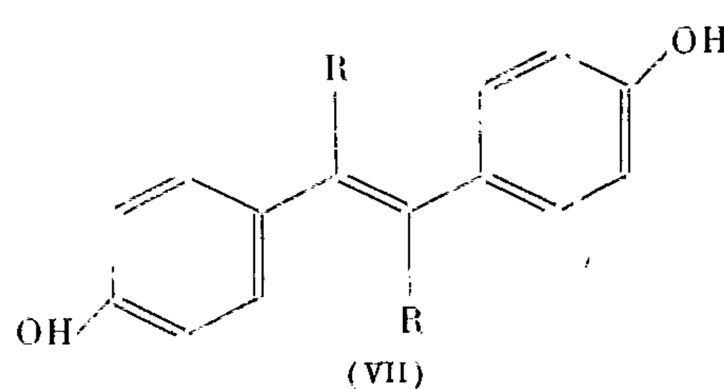
([5]) Barbot, *Bull. Soc. Chim.*, **47**, 1930, p. 1320.

Les faits que nous présentons sont à rapprocher des résultats obtenus par Bachmann et Holmes ([6]) dans la série de l'équilénine (VI), lorsqu'on remplace le méthyle angulaire en 18 par des radicaux de plus en plus lourds. Pour $CH_3$, on a une activité de 60γ, pour $C_2H_5$ de 100γ et pour $C_3H_7$ de 25γ (dans la série normale racémique).

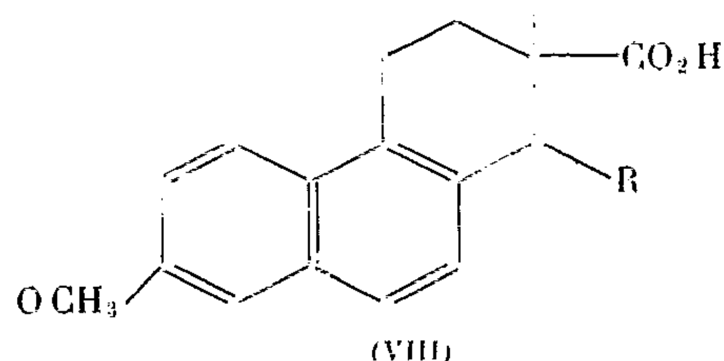
Parmi les homologues du stilboestrol (VII), au contraire, le dipropylstilboestrol est notablement moins actif que le diéthylstilboestrol ([7]); de même dans la série de l'hexoestrol. Par ailleurs dans le cas des acides bisdéhydrodoisynoliques (VIII), si l'on connaît les dérivés où R = H, $CH_3$, $C_2H_5$,



(VI)



(VII)



(VIII)

on ne possède pas de données pour des chaînes aliphatiques plus longues ([8]). La comparaison serait incontestablement intéressante à poursuivre dans cette série.

Ces résultats, s'ils ne modifient pas radicalement l'hypothèse de travail que nous avions admise jusqu'ici, et selon laquelle une activité œstrogène notable a le plus de chance d'être atteinte quand une molécule artificielle recouvre la structure des hormones naturelles, nous montrent qu'il ne peut s'agir là que d'une première approximation. Une certaine imprécision dans la ressemblance reste possible et d'autres facteurs interviennent que nous ne connaissons pas encore.

---

([6]) Bachmann et Holmes, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2592.

([7]) Dodds, Robinson et coll., *Proc. Roy. Soc.* (London), B 132, 1944, p. 83.

([8]) Heer et Miescher, *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 1506.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en manganèse des Phanérogames.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein.**

A la suite de la découverte par Scheele en 1774, découverte étonnante pour l'époque, de très petites quantités de manganèse dans les cendres du cumin sauvage et dans celles du bois, plusieurs chimistes ont signalé la présence de ce métal dans quelques substances ou tissus d'origine vivante ([1]). Certains physiologistes ont même tenté des expériences pour savoir si cet élément est nécessaire ou seulement utile soit aux plantes, soit aux animaux. Aucun résultat n'avait encore pu, à la fin du siècle dernier, apporter une certitude quelconque sur ces questions.

La connaissance de la laccase et du rôle joué par le manganèse dans les phénomènes oxydasiques a donné un nouvel essor aux recherches biochimiques et suscité, notamment, la détermination quantitative du manganèse dans un grand nombre de matériaux d'origine végétale.

Mais, comme on ne tarde pas à s'en apercevoir quand on scrute les résultats publiés, les analyses n'ont guère porté que sur des parties de plantes ([2]). Or il est connu aujourd'hui que la composition chimique élémentaire varie beaucoup quantitativement d'un organe à l'autre d'une même plante ([3]) et qu'elle subit, en outre, des modifications importantes avec l'âge ([4]). Il n'est donc, pour ainsi dire, pas possible de se servir des analyses publiées jusqu'ici pour se faire une idée un peu précise des besoins en manganèse d'une espèce végétale donnée et, à plus forte raison, de comparer utilement à ce point de vue plusieurs espèces.

L'intérêt de combler cette lacune nous a paru d'autant plus grand qu'il y avait lieu aussi de rechercher si les relations récemment mises en évidence entre certains groupes naturels de plantes et leurs teneurs soit en bore, soit en rubidium ([5]), s'étendaient à d'autres éléments.

Nos analyses ont porté pour chaque plante sur la partie aérienne entière, récoltée en bon état de développement et au moment de la floraison (c'est-à-dire à l'âge physiologique qui semble le plus convenable).

Pour commencer, nous avons limité notre étude aux Phanérogames,

---

([1]) G. Bertrand, *Rev. gén. Chimie*, 8, 1905, p. 68.

([2]) *Voir* notamment : Jadin et Astruc, *Comptes rendus* 155, 1913, p. 406; G. Bertrand et M. Rosenblatt, *Ibid.*, 173, 1921, p. 333; D. H. Wester, *Biochem. Zts.*, 118, 1921, p. 158; *Ber. deuts. Pharmaz. Ges.*, 32, 1922, p. 16.

([3]) Pour le manganèse, par exemple, *voir* : G. Bertrand et M. Rosenblatt, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1118.

([4]) G. Bertrand et M. Rosenblatt, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 491.

([5]) Dernière publication relative à ce sujet : G. et D. Bertrand, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2065.

dont nous avons analysé 160 espèces. Les échantillons de ces plantes provenaient, en grande partie, de récoltes faites au cours de ces dernières années et avaient servi à des recherches sur le rubidium, un certain nombre aussi aux recherches sur le bore.

La méthode d'analyse employée a été celle décrite en détail par l'un de nous en 1911, à cela près que nous avons utilisé un électro-colorimètre pour la mesure finale ([6]).

Il est à peine besoin de signaler que le manganèse a été retrouvé dans toutes les plantes. La connaissance qualitative de la présence générale de cet oligoélément dans la matière vivante trouve seulement dans nos résultats, par leur grand nombre, une importante confirmation.

Examinés au point de vue quantitatif, ces résultats montrent en premier lieu que les teneurs en manganèse, rapportées au kilogramme de plante sèche, varient d'environ 15 mg (*Galium Mollugo*, Origan, *Allium carinatum*, *Iris germanica*) à plus de 0,5 g et même de 1 g.

Si l'on range ces teneurs par ordre de croissance, on reconnaît ensuite que les plus faibles jusqu'à 20 mg sont peu fréquentes (7 %) et que celles dépassant 200 mg ne le sont pas davantage (7 %).

Ce sont les espèces contenant entre 20 et 60 mg de métal par kilogramme sec qui existent dans la plus grande proportion (55 %). Celles dont la teneur s'élève de 60 à 100 mg ne sont déjà plus que 15,5 %.

Nous n'avons pas manqué de comparer les teneurs moyennes qui reviennent à certains groupes de plantes pour voir s'il se manifeste dans la répartition quantitative du manganèse parmi ces groupes des relations analogues à celles rencontrées avec le bore et le rubidium : les Graminées et les Labiées sont encore apparues parmi les plantes dont les besoins en oligoéléments sont les moins élevés. Mais nous attendrons d'avoir augmenté le nombre d'analyses dont nous disposons avant de formuler des conclusions plus étendues.

BIOLOGIE. — *De la fragilité relative des tissus de la cornée transparente de l'œil aux avitaminoses* A *et* C. Note (*) de MM. **Georges Mouriquand** et **Jacques Rollet**.

Dans l'avitaminose A, le biomicroscope révèle la fréquence de lésions de l'épithélium cornéen rendues plus précoces par des facteurs de révélation. Dans l'avitaminose C, pas de lésions de l'épithélium, mais troubles nutritifs du stroma conjonctif révélés par certains traumatismes.

La cornée oculaire, du fait de sa transparence, offre la possibilité, à l'aide

([6]) G. Bertrand, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 9, 1911, p. 361.

(*) Séance du 18 juin 1951.

du biomicroscope, d'examiner et de distinguer, dans certains cas très nettement, les processus intéressant, soit son épithélium antérieur, soit le stroma conjonctif sous-jacent. L'expérimentation permet de vérifier que l'un ou l'autre de ces tissus sont électivement touchés au cours des avitaminoses A et C.

Au cours de l'avitaminose A, on peut, grâce au biomicroscope, constater que les lésions cornéennes y sont presque constantes; elles débutent, comme nous l'avons montré, au niveau de l'épithélium antérieur de la cornée, et même plus exactement au niveau de la couche liquide pré-cornéenne qui le recouvre (1). L'épithélium antérieur perd sa surface régulière, brillante et lisse. C'est même plus exactement, au niveau de la couche de liquide pré-cornéenne que surviennent les premières manifestations morbides, modification du chatoiement antérieur, irrégularité du liquide qui perd sa viscosité et son homogénéité, des grumeaux apparaissent au milieu d'une plus grande fluidité et parfois une hypersécrétion discrète précède la diminution qui conduira à la xérose. Ainsi, au début, il y a beaucoup plus modifications qualitatives que quantitatives du liquide pré-cornéen. Puis rapidement, mais secondairement, les couches les plus superficielles de l'épithélium antérieur perdent leur transparence. Les cellules sont le siège d'un œdème trouble et grisâtre. Il y a ainsi diminution de transparence des plans cornéens les plus antérieurs. Cette perturbation, bien visible au biomicroscope cornéen, est, au contraire, difficile à déceler sur les coupes histologiques au microscope classique. Ces troubles en s'intensifiant donnent l'aspect classique de la xérose, à moins qu'il n'y ait nécrose et chute des éléments les plus superficiels, d'où ulcère avec possibilité d'infection surajoutée, mais contingente.

Avant que de telles lésions ne deviennent spontanément évidentes, il est possible, par différents moyens, de révéler ces modifications encore inapparentes des tissus, cette précarence en un mot. C'est ainsi que des scarifications superficielles de la cornée, ou mieux des irradiations exactement dosées avec une lampe à ultraviolet nous ont permis de provoquer des lésions, qui, alors que celles des animaux témoins guérissaient spontanément et rapidement, persistaient, au contraire, sur les animaux en état de précarence, se confondant avec les lésions d'avitaminose dans la suite et les aggravant.

Au cours de l'avitaminose C, on n'observe habituellement pas de lésions de la cornée. Cependant, il se produit des perturbations dans son métabolisme (2), (3) comme le prouve, en clinique, l'amélioration de certaines

(1) G. Mouriquand, J. Rollet et Mme Chaix, *C. R. Soc. Biol.*, **106**, 1931, p. 453.
(2) H. E Henkes, *Ophthalmogia* (Bâle), **112**, n° 3, 1946, p. 113.
(3) F. W. Campbell et I. D. Ferguson, *Bristish Journal of Ophthalmology*, **34**, n° 6, p. 329-334.

lésions ulcéreuses ou infectieuses de son parenchyme, par l'adjonction de vitamine C. Nous nous sommes demandé si chez des animaux privés de vitamine C il ne serait pas possible, à l'aide de facteurs du même genre que ceux ci-dessus, de révéler les modifications inapparentes des tissus cornéens.

En provoquant des brûlures de l'épithélium antérieur par irradiations à la lampe à ultraviolets, nous n'avons constaté aucune différence dans l'intensité des lésions ni dans leur évolution, ni dans leur évolution chez les animaux témoins et ceux soumis à un régime alimentaire carencé. Par contre, des scarifications profondes, faites à la lance triangulaire, intéressant largement les lames du tissu conjonctif, mais sans pénétrer jusqu'à la chambre antérieure de l'œil, déterminent incontestablement un trouble grisâtre œdémateux, de voisinage, beaucoup plus marqué chez les animaux carencés que chez les témoins. Dans certains cas, ce trouble œdémateux atteint une dimension double ou quadruple de la zone lésée par la lance, chez les carencés, alors que chez les témoins le trouble dépasse à peine la zone traumatisée, en conditions aseptiques. Toutefois, ce trouble grisâtre, observé sur les animaux carencés, disparaît très vite en 24 ou 48 h, à l'examen biomicroscopique et, finalement, la lésion traumatique y guérit aussi bien et aussi complètement chez les animaux carencés et chez les témoins, laissant une cicatrice à peine perceptible.

Ainsi, au cours de l'avitaminose C, où spontanément ne surviennent pas de modifications de la cornée, il est possible, par un facteur de révélation, d'y constater une atteinte du terrain, discrète mais réelle, au niveau du stroma.

D'autre part, si l'on compare les manifestations cornéennes de ces deux avitaminoses, on constate qu'il y a en quelque sorte une opposition entre elles.

L'avitaminose A touche plus particulièrement l'épithélium antérieur, sécrétoire ou de revêtement, comme dans le reste de l'organisme. L'avitaminose C intéresse uniquement le tissu de soutien de la cornée, son stroma conjonctif riche en collagène, son squelette, en quelque sorte. On retrouve ainsi un dualisme de ces deux avitaminoses. Une telle analyse est facilitée par l'utilisation de certains facteurs de révélation.

M. **Pierre-Paul Grassé** présente à l'Académie un Ouvrage écrit par M. **Lucien Cuénot** avec la collaboration de **Andrée Tétry**, intitulé : *L'Évolution biologique. Les faits. Les incertitudes.*

Il fait ensuite hommage des deux fascicules du tome X : *Insectes supérieurs et hémiptéroïdes*, du *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*, publié sous sa direction.

M. **Marcel Dehalu** adresse à l'Académie son Ouvrage : *Cours de Topographie* et une collection de fascicules et de tirages à part constituant son œuvre scientifique.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Maurice Caullery** : Jean Rostand. *Les origines de la biologie expérimentale et l'Abbé Spallanzani*;

par M. **Donanien Cot** : *Traité de Géodésie*. Deuxième édition, par Pierre Tardi et Georges Laclavère. Tome I. *Triangulations*. Fascicule 1.

## DÉSIGNATIONS.

MM. **Gabriel Bertrand**, **Émile Roubaud**, **Roger Heim** et **Albert Demolon** sont désignés pour représenter l'Académie à la Séance solennelle annuelle que tiendra l'**Académie d'Agriculture de France** le 27 juin 1951.

## CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion du **IV<sup>e</sup> Congrès international de chauffage industriel** (**Thermique et Thermodynamique appliquée**), qui se tiendra à Paris, à la fin de 1952.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Réunion des Astronomes des Pays voisins, Membres de l'Union Astronomique Internationale. Bruxelles, 30 mai-3 juin 1950. *Communications*.

2° *A description of the International Council of Scientific Unions and of the adhering International Unions*.

3° *Meteoros*. Revista de meteorologia y geofisica del Servicio meteorologico nacional. Buenos Aires. Año I, n° 1.

4° *Technology Reports of the Osaka University*. Vol. 1, n^os^ 1-9.

ALGÈBRE. — *Sur la formation de matrices définies positives*.
Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Divers problèmes que nous avons étudiés précédemment nous ont conduit à donner une solution de la question suivante : étant donnée une matrice carrée d'ordre $n$ à éléments réels, $A=(a_{ij})$, trouver une limite supérieure des modules des petites variations $\eta_{ij}$ que l'on peut faire subir aux éléments $a_{ij}$

$(i, j = 1, 2, \ldots, n)$, pour que la matrice variée $(a_{ij} + \eta_{ij})$ soit également définie positive ([1]).

La méthode que nous indiquions reposait sur un théorème dû à M. Ostrowski ([2]) et demandait le calcul de la matrice inverse de $(a_{ij})$ ainsi que celui des inverses des matrices de la chaîne de ses mineurs principaux; nous nous proposons de donner une autre forme de notre problème dont la solution ne demandera alors que le calcul de la matrice inverse de $(a_{ij})$ si toutefois cette dernière est *symétrique*.

Nous allons montrer que le calcul de cette seule matrice inverse permet de donner une limite supérieure de l'expression

$$\sum_{i,j} |\eta_{ij}|^2 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$

de laquelle nous pourrons déduire une valeur maximum des $|\eta_{ij}|$, limite telle que si la matrice $(a_{ij})$ est définie positive, la matrice variée $(a_{ij} + \eta_{ij})$ l'est également.

Étant donné un déterminant non nul, d'ordre $n$, $\|a_{ij}\|$, M. Ostrowski ([3]) a montré que tant que les petites variations $\eta_{ij}$ que l'on fait subir aux $a_{ij}$, sont telles que

$$(1) \qquad \sum_{ij} |\eta_{ij}|^2 < \frac{1}{\sum_{i,j} |\alpha_{ij}^{(n)}|^2} \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$

où les $\alpha_{ij}^{(n)}$ sont les éléments de la matrice inverse $A^{-1}$ de $A = (a_{ij})$, le déterminant $\|a_{ij} + \eta_{ij}\|$ ne pouvait s'annuler; ainsi étant donné le déterminant *positif* d'ordre $n$, $\|a_{ij}\|$, si la relation (1) est satisfaite, le déterminant $\|a_{ij} + \eta_{ij}\|$ est également positif.

Soit maintenant une matrice symétrique, définie positive, carrée, d'ordre $n$, $A = (a_{ij})$; pour que la matrice variée $(a_{ij} + \eta_{ij})$ soit également définie positive, il suffit que l'inégalité (1) pour A et les inégalités analogues écrites pour les déterminants de la chaîne de ses mineurs principaux soient satisfaites. Ceci conduit, en principe, à calculer $A^{-1}$ et les matrices inverses de ses mineurs principaux; nous allons voir que le seul calcul de $A^{-1}$ suffit.

Soient en effet

$$\alpha_{ij}^{(n)}, \quad \alpha_{ij}^{(n-1)}, \quad \ldots,$$

les éléments de $A^{-1}$ et ceux des matrices inverses de chaîne des mineurs principaux de A; considérons la suite

$$\sum_{i,j} |\alpha_{ij}^{(n)}|^2, \quad \sum_{i,j} |\alpha_{ij}^{(n-1)}|^2, \quad \ldots,$$

([1]) *J. Phys.*, 10, 1949, p. 348.

([2]) *Bull. Sc. math.*, 61, 1937, p. 19.

([3]) *Loc. cit.*

De nombreux calculs numériques ([4]) effectués sur des matrices symétriques définies positives nous avaient donné à penser que cette suite était décroissante; M. Ostrowski a bien voulu nous signaler que cette proposition était exacte et nous communiquer le principe de la démonstration qu'il en donnerait et qui sera publiée dans un autre Recueil.

Dans ces conditions, si la relation (1) est satisfaite, toutes les inégalités analogues afférentes aux mineurs principaux de la matrice définie positive A, le sont également; ainsi la détermination d'une limite supérieure de

$$\sum_{i,j} |\eta_{ij}|^2 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n)$$

telle que la matrice variée $(a_{ij} + \eta_{ij})$ soit définie positive, ne demande que le calcul de la matrice inverse de A.

En particulier, si

$$|\eta_{ij}|^2 < \frac{1}{n^2 \sum_{i,j} |\alpha_{ij}^{(n)}|^2} \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n)$$

la matrice $(a_{ij} + \eta_{ij})$ est définie positive.

Ce résultat permet de simplifier notablement la méthode qne nous avons indiquée par ailleurs ([5]), de recherche d'une limite supérieure des parties réelles des racines de l'équation aux fréquences propres d'un réseau électrique.

## TOPOLOGIE. — *La transgression dans les espaces fibrés principaux.* Note de M. **Armand Borel**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le but principal de cette Note est d'indiquer comment un théorème énoncé dans une Note antérieure et le théorème de classification des espaces fibrés principaux permettent d'étudier la transgression dans les espaces fibrés principaux et la cohomologie des espaces classifiants.

Nous conservons les notations des Notes ([1]); on dira que l'espace X est sans $k$-torsion si le sous-groupe des éléments d'ordre fini de H(X, Z) ne contient pas d'élément non nul d'ordre divisible par $k$; en particulier X est toujours sans O-torsion. On désigne par (E, B, F) un espace E connexe fibré, localement trivial, de fibre F et de base B; dans tous les espaces fibrés considérés ici on suppose la base localement compacte, paracompacte et de dimension finie.

([4]) Ces calculs ont été effectués sur les machines de la Société d'Électronique et d'Automatisme.

([5]) *Loc. cit.*

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1951, p. 943, et 232, 1951, p. 1628. Ces Notes seront désignées par (I) et (II).

1. *Espaces universels et espaces classifiants.* — Soit G un groupe de Lie compact, nous noterons $E(n, G)$ un espace fibré principal de fibre G, universel pour G et pour la dimension $n$ [2] et qui soit un polyèdre fini; de tels espaces existent pour $n$ et G quelconques (variétés de Stiefel); la base $B(n, G)$ de $E(n, G)$ sera appelée *espace classifiant* pour G et pour la dimension $n$. Le théorème de classification affirme que tout espace fibré principal (E, B, G) à base de dimension $n$ peut être appliqué homomorphiquement dans $E(m, G)$ si $m > n$ et que les classes d'application de B dans $B(m, G)$ sont en correspondance biunivoque avec les structures d'espaces principaux (E, B, G) [3]. Si A est un anneau de coefficients, une application $f: B \to B(m, G)$ produit un homomorphisme $f^*: H(B(m, G), A) \to H(B, A)$, dont l'image est le sous-anneau caractéristique de la fibration correspondante, définie comme image réciproque de $E(m, G)$ par $f$; c'est bien un invariant de (E, B, G) car on démontre que :

*Le sous-anneau caractéristique de* (E, B, G) *ne dépend pas de l'espace universel dans lequel on applique* E *homomorphiquement. Deux espaces classifiants pour des dimensions* $\geq n$ *ont des anneaux de cohomologie isomorphes jusqu'à* $n$.

On suppose dorénavant G connexe; $E(n, G)$, étant un polyèdre, a une cohomologie de Čech triviale jusqu'à $n$ et le théorème 1 de (I) donne le

THÉORÈME 1. — *Soit* A *un anneau égal* à Z *ou à un corps, et supposons que* $H(G, A)$ *soit l'algèbre extérieure d'un* A*-module libre ayant une base* $p_1, \ldots, p_r$ *formée d'éléments de degrés* $m_1, \ldots, m_r$ *impairs.*

*Alors, jusqu'à* $n$, $H[B(n, G), A] \simeq A[q_1, \ldots, q_r]$ *où* $q_i$ *est de degré* $m_i + 1$.

Rappelons que la démonstration du théorème de Hopf [4] montre que $H(G, K_p)$ [resp. $H(G, Z)$] est l'algèbre extérieure d'un espace vectoriel (resp. d'un groupe abélien) ayant une base formée d'éléments de degrés impairs si G est sans $p$-torsion (resp. sans torsion).

2. *La transgression.* — Les définitions et le théorème de ce numéro valent notamment en cohomologie singulière ou de Čech-Alexander. Soit (E, B, F) un espace fibré à fibre et à groupe structural connexes. L'injection $i$ d'une fibre dans E et la projection $p$ de E sur B induisent des applications $i^*$ des cochaînes de E sur celles de F et $p^*$ des cochaînes de B dans celles de E. On dit que $h \in H(F, A)$ est transgressive dans E s'il existe une cochaîne $c$ de E dont le cobord soit dans l'image de $p^*$ et telle que $i^*(c)$ soit un cocycle de $h$ [5]; $h \to dc$

---

(2) Pour ces notions, *cf.* N. E. STEENROD, *The topology of fibre bundles*, Princeton, 1951, § 8 et 19.

(3) Si la base est un polyèdre, *cf.* N. E. STEENROD, *loc. cit.*; avec les hypothèses formulées ici, *cf.* H. CARTAN, *Notes polycopiées du Séminaire de Topologie de l'E. N. S.*, Paris, 1949-1950, Exp. VIII.

(4) *Annals of Mathematics*, 42, 1941, p. 22-53.

(5) Cette notion a été introduite par S. S. Chern, G. Hirsch et J. L. Koszul.

définit alors une application élevant le degré de 1 d'un sous-groupe de H(F, A) dans un quotient de H(B, A). Si E est compact, la transgression se traduit dans l'anneau spectral de $p: h \in H^s(F, A)$ est transgressive si et seulement si son image dans l'anneau spectral est un cocycle pour les différentielles $d_k (k < s)$, et la restriction de $d_s$ aux éléments transgressifs de H(F, A) est la transgression.

Si F est un groupe de Lie compact connexe G, on dira que $h \in H(G, A)$ est *absolument transgressive* si elle est transgressive dans tout espace fibré principal (E, B, G).

THÉORÈME 2. — *Si* G *est sans p-torsion, (resp. sans torsion),* $H(G, K_p)$ [*resp.* H(G, Z], *est l'algèbre extérieure d'un espace (resp. d'un groupe) univoquement déterminé ayant une base formée d'éléments absolument transgressifs* ([6]).

Vu le n° 1, il suffit d'établir le théorème 2 dans les espaces universels, pour lesquels il résulte du théorème 1 de (I), qui montre de plus que l'on peut prendre pour générateurs (jusqu'à $n$) de $H(B(n, G))$ les classes des cobords des cochaînes de transgression d'une base de H(G).

3. *Transgression et espaces classifiants en cohomologie mod 2.* — Beaucoup de groupes de Lie ont de la 2-torsion et l'on ne peut leur appliquer les théorèmes 1 et 2. Dans (II) on a vu que pour $G = SO(n)$, spin $(n)$, $G_2$, $F_4$, l'algèbre $H(G, Z_2)$ avait un système simple de générateurs. En fait cela vaut pour tout groupe de Lie et résulte d'une précision au théorème de Hopf qui sera indiquée dans une prochaine Note. Mais dans les cas particuliers précités, on peut de plus *vérifier* que $H(G, Z_2)$ a un système simple, unique, de générateurs absolument transgressifs; dans tous ces cas on pourra donc appliquer l'analogue (faible) suivant du théorème 1 :

THÉORÈME 3. — *Si* $H(G, Z_2)$ *a un système simple de générateurs absolument transgressifs* $p_1, \ldots, p_r$ *de degrés* $m_1, \ldots, m_r$, *alors* $H(B(n, G), Z_2) \simeq Z_2[q_1, \ldots, q_r]$, *jusqu'à* $n$, $q_i$ *se déduisant de* $p_i$ *par transgression.*

Pour $G = SO(n)$, on retrouve un théorème de Pontrjagin sur les grassmanniennes de plans orientés ([7]). D'autre part J. P. Serre a montré que les $Sq^i$ de Steenrod commutent à la transgression ([8]) (de même que les $p$-puissances réduites en cohomologie mod $p$). Les formules de Wu Wen Tsün sur les $Sq^i$ dans les grassmanniennes ([9]) donnent alors complètement les $Sq^i$ dans les groupes orthogonaux et en particulier les cup-carrés annoncés dans (II).

---

([6]) Pour la cohomologie réelle des espaces fibrés différentiables, les théorèmes 1 et 2 sont essentiellement dus à A. Weil; *cf.* H. CARTAN, *Colloque de Topologie algébrique*, Bruxelles, 1950.

([7]) *Rec. Math. Moscou S. N.*, 21, 1947, p. 233-284.

([8]) *Thèse*, à paraître aux *Annals of Math.*

([9]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 918-920; les formules sont données pour les grassmanniennes de plans non orientés, mais on passe facilement à leurs revêtements simplement connexes.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Les images géométriques des idéaux de polynomes.* Note de M. **Francesco Severi**, transmise par M. Gaston Julia.

Dans le développement de la géométrie algébrique, on rencontre trois conceptions de variété. La première envisage la variété comme ensemble des zéros d'un système d'équations algébriques en $S_r$ et elle fait abstraction des particularités des équations dans chaque zéro. Nous la disons une *variété simple* W, *interférence* complète du système donné. Elle se compose d'un nombre fini de composantes irréductibles (Kronecker); si elle est irréductible, elle peut être toujours représentée par $h \leqq r$ équations (Kronecker-Perron).

La deuxième conception (envisagée elle-même depuis longtemps) a été précisée, sur son terrain naturel, par des travaux critiques que j'ai publiés dès 1933. J'attache à chaque point P de W la *multiplicité d'intersection* (M. I.), $\nu$, en P des équations de W (dont le nombre peut être quelconque). Après cette association, W devient une *variété intersection* des hypersurfaces envisagées. L'entier $\nu \geqq 1$ peut être caractérisé par des propriétés infinitésimales à un point de vue « dynamique »; et on peut le rattacher à un point de vue « statique » (van der Waerden, Weil). Le point de vue dynamique se transporte de suite aux systèmes d'équations holomorphes dans le domaine d'un zéro commun.

Bornons-nous aux M. I. des équations sur toute composante irréductible V de W : c'est-à-dire à la M. I., $\nu$, dans un point *générique* de V (pouvant exister sur V une sous-variété algébrique de points où la M. I. est $> \nu$). Alors V devient une *variété multiple* $\nu$V (simple pour $\nu = 1$). J'ai démontré que toute variété simple irréductible V en $S_s$ est intersection complète *simple* de $h \leqq r+1$ hypersurfaces (la M. I. étant $\nu = 1$ en *tout* point de V, si V n'a pas des points multiples).

Venons à la troisième conception, qui se pose lorsqu'on a égard aux liens entre la géométrie et l'algèbre abstraite. On trouve des précédents de cette conception dans la géométrie classique, lorsqu'on bâtit la théorie des systèmes linéaires de courbes dans le plan ou de surfaces dans l'espace ordinaire (ou d'hypersurfaces de $S_r$, sous certaines hypothèses restrictives). Il s'agit-là de l'ensemble, pour ainsi dire potentiel, des points base des systèmes linéaires d'un ordre quelconque. La totalité des systèmes linéaires de tous les ordres, ayant un groupe base fixé, donne déjà un idéal de polynomes ou un H-idéal (en coordonnées homogènes). Mais pour donner validité pleine et rigoureuse à la conception avec les moyens classiques, il faut avoir recours aux singularités infiniment voisines, ce qui aujourd'hui peut se faire seulement pour les courbes et les surfaces, n'existant pas encore une théorie générale des singularités des variétés quelconques.

M. Gröbner, dans un Ouvrage récent et intéressant, identifie les variétés algébriques avec les H-idéaux; mais, comme MM. Cohen et Seidenberg l'ont

remarqué, il se borne seulement à quelques inductions sur leurs images géométriques, en s'appuyant sur les infiniments voisins. Eh bien ! on peut éviter la difficulté des infiniment voisins de la façon que je vais exposer.

Soit $\mathfrak{J}$ un H-idéal constitué des formes (dans la suite j'use le mot « forme » soit dans le sens de polynome homogène, soit comme ensemble des zéros d'un tel polynome ou hypersurface) s'annulant sur une variété simple W et *seulement* sur celle-ci. Envisageons la totalité des branches analytiques de tous les ordres, nous les dirons brièvement les branches $\gamma$, ayant leurs origines dans les points de W et *n'appartenant pas* à W. A chaque $\gamma$ il est associé par $\mathfrak{J}$ un nombre entier $i \geqq 1$, qui est la valeur minimum des M. I. d'une forme quelconque $\varphi = 0$ de $\mathfrak{J}$ avec $\gamma$, dans l'origine de $\gamma$. L'ensemble des couples $(\gamma, i)$ est le *comportement effectif* (C. E.) $c$ de $\mathfrak{J}$ sur W. La variété W associée à $c$ est ce que je nomme une *variété base* (W, $c$). Comme il n'y a pas en $\mathfrak{J}$ *aucune* $\varphi = 0$ qui ait effectivement par rapport à chaque $\gamma$ la M. I. $i$ (pour une $\varphi = 0$ quelconque de $\mathfrak{J}$ il y a toujours des $\gamma$ auxquelles sont associées des M. I. plus grandes que $i$, même $i = +\infty$, si $\gamma$ appartient à $\varphi = 0$), nous disons que les formes de $\mathfrak{J}$ ont sur W le *comportement virtuel* (C. V.) $c$.

L'idéal $\mathfrak{J}$ peut ne pas être *complet;* mais en tout cas la totalité des formes ayant sur W le C. *virtuel* $c$ appartient à un même idéal bien déterminé, comprenant $\mathfrak{J}$ et possédant sur W le même C. *effectif* $c$ de $\mathfrak{J}$. L'idéal complet est le plus grand commun diviseur des idéaux ayant sur W le C. E. $c$. Nous le désignons avec $\mathfrak{J}$ (W, $c$).

Les formes d'ordre $l$ appartenant à un idéal (complet ou incomplet) $\mathfrak{J}$, relatif à (W, $c$), constituent un système linéaire $\Sigma_l$. Une forme d'ordre $l$ de $\mathfrak{J}$ sera dite *générique* par rapport à une certaine propriété dont la négation soit algébrique, si elle n'appartient pas à la sous-variété algébrique des formes de $\Sigma_l$ qui satisfont à la propriété négative. Eh bien ! étant donné une branche $\gamma$, la M. I. d'une forme générique $\varphi = 0$ de $\mathfrak{J}$, dans l'origine de $\gamma$, *lorsque $l$ est suffisamment grande* ($l \geqq \lambda$), est exactement égale à $i$. Si $l < \lambda$ il peut se faire que *toute* forme de $\mathfrak{J}$ ait avec quelque $\gamma$ M. I. plus grande que $i$. Par exemple lorsque toutes les formes d'un ordre $l$ donné $< \lambda$ appartenant à $\mathfrak{J}$, ont en conséquence une variété ultérieure commune appuyée à W dans un point P, il y a des branches d'origine P ayant, avec toute $\varphi = 0$, M. I. $> i$.

La variété (W, $c$) est déterminée univoquement par tout système linéaire ayant sur W le C. E. $c$. Ce système détermine aussi l'idéal complet $\mathfrak{J}$(W, $c$).

En ajoutant aux variétés base les *variétés vides* images des idéaux triviaux (sans points base), on a une correspondance biunivoque entre les H-idéaux et les variétés base et *celles-ci peuvent être en conséquence envisagées comme les images géométriques des idéaux de polynomes.*

Dans une seconde Note je résumerai quelques propriétés des variétés base que je développerai complètement ailleurs.

MÉCANIQUE. — *Fondements d'une mécanique projective.* Note (*) de M. **Jésus-Marie Tharrats Vidal**, présentée par M. Louis de Broglie.

La Mécanique classique n'a pas seulement les inconvénients qui ont été éliminés par la Mécanique quantique et la Mécanique relativiste. L'évolution d'un système résulte d'un faisceau continu de transformations (ensemble de transformations en correspondance continue avec une variable topologique $\lambda$), et la Mécanique classique immerge toujours les domaines de ces transformations dans un espace euclidien. On évalue aussi la variable $\lambda$ en l'identifiant avec le temps, lequel a été évalué d'abord par un mouvement ou par une relation d'intensités d'un corps radioactif[1]; donc on a toujours une variable métrique.

Nous ne prétendons pas construire ici la théorie la plus générale d'une Mécanique topologique qui supprimerait cette difficulté d'une manière radicale; nous allons étudier seulement un cas très spécial dont nous avons tiré toute la théorie de la dilatation des corps anisotropes par la chaleur.

Supposons que l'évolution des points d'un milieu continu résulte d'un faisceau linéaire de transformations projectives affines :

$$(1) \qquad \rho x'^i = (\delta^i_k + a^i_k \lambda)\, x^k \qquad \left(i, k = 1, \ldots, 4;\ a_4 = a^i_4 \delta^i_4;\ \delta^i_k = \begin{cases} 0\ i \neq k \\ 1\ i = k \end{cases}\right)$$

(en coordonnées homogènes).

On voit par un simple calcul que les droites unies sont indépendantes de $\lambda$; si nous les prenons comme axes de coordonnées, les (1) se transforment en :

$$(2) \qquad x'_1 = \frac{1 + a_1\lambda}{1 + a_4\lambda} x_1, \qquad x'_2 = \frac{1 + a_2\lambda}{1 + a_4\lambda} x_2, \qquad x'_3 = \frac{1 + a_3\lambda}{1 + a_4\lambda} x_3$$

(en coordonnées cartésiennes, en général non orthogonales).

Le phénomène de la dilatation des corps par la chaleur résulte de cette loi, comme nous le montrerons dans d'autres Notes.

Pour incorporer cette évolution dans la mécanique classique, on peut avoir recours à deux méthodes :

1° Identifier $\lambda$ avec le temps, mais il faut connaître $\lambda(t)$ fonction étrangère à la théorie.

2° On peut substituer $\lambda$ par une variable métrique T : le rapport des volumes ou une fonction linéaire de ce rapport

$$T = A\,\frac{\partial(x'^i)}{\partial(x^i)} + B,$$

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) Remarquons l'analogie entre ce temps et la distance dans une géométrie hyperbolique unidimensionelle :

$$t_{I_0 I} = \frac{1}{\lambda}\log\frac{I_0}{I} = \frac{1}{\lambda}\log\frac{I_0 - 0}{I - 0} = \frac{1}{\lambda}\log(0\infty I_0 I).$$

C'est ce qu'on fait pour définir la température.

On voit facilement que ce choix est tout à fait artificiel et qu'on ne pourra entrer dans l'essence du phénomène qu'avec un abandon total de la métrique. Mais pour cela il faut établir une loi et une λ non métriques, c'est ce que nous allons faire dans ce qui suit.

Les équations (2) nous montrent que *cette loi est projective, tous les points parcourent des échelles droites projectives entre elles.* Ainsi pour déterminer la position des points sur chaque trajectoire, *la mesure et la connaissance du plan de l'infini ne sont pas nécessaires, c'est un problème de position.* Il suffit de connaître trois points sur chaque droite correspondant à trois points d'une trajectoire déterminée, et le mouvement des points de celle-ci nous donne le mouvement de tous les points du système.

La variable λ est un nombre qui nous donne l'évolution de chaque point dans l'espace. Si nous formons un réseau de Möbius généralisé avec tous les nombres réels, cette échelle est projectivement équivalente à toutes les séries des trajectoires des points et nous obtenons donc une variable abstraite sur une droite qui remplit le même rôle que le temps dans les évolutions métriques.

De plus ces trajectoires constituent un complexe tétraédral de droites, le tétraèdre fondamental de ce complexe est celui formé par les plans unis du faisceau de projectivités affines et le rapport anharmonique constant, caractéristique du complexe, est précisément $k=(a_1\ a_2\ a_3\ a_4)$.

Ainsi donc le rapport anharmonique des points d'intersection des trajectoires (ici rapport simple), avec les faces du tétraèdre de coordonnées est

$$(P_1\ P_2\ P_3\ \infty)=\frac{P_1P_3}{P_2P_3}=k.$$

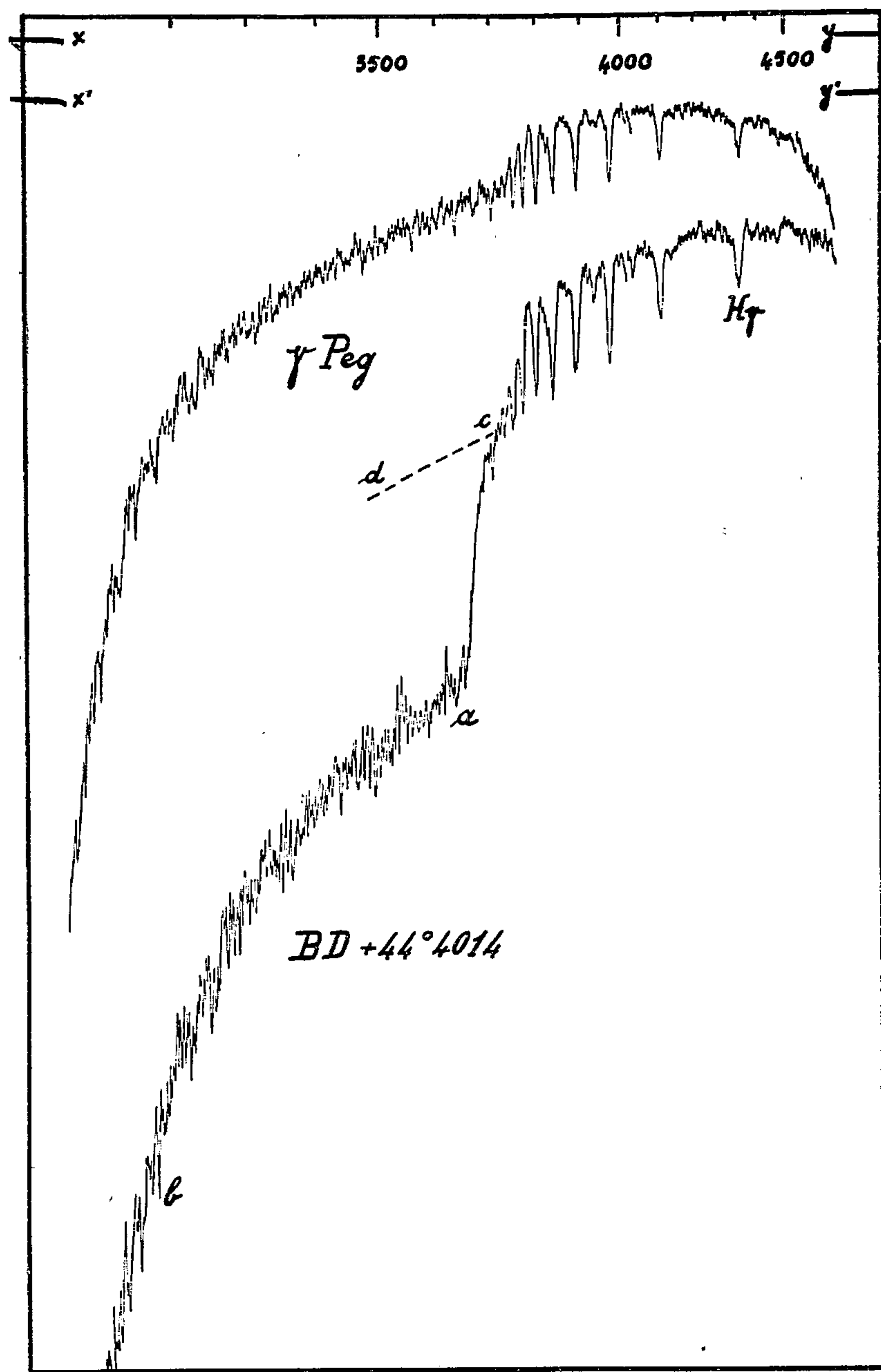
Donc *la connaissance des directions des trajectoires qui passent par chaque point de l'espace est indépendante de la mesure* (*angles*); elle s'obtient par un nombre $k$. Les lignes de courant sont des courbes du complexe, c'est-à-dire des cubiques gauches.

Comme nous l'avons dit, l'évolution des corps due à la chaleur se conforme à cette mécanique, la température s'identifiant avec l'échelle abstraite de Möbius. Nous donnerons dans d'autres travaux des lois de dilatation découlant d'une manière naturelle de cette mécanique et dont nous avons fait nous-même la preuve expérimentale.

ASTROPHYSIQUE. — *La discontinuité de Balmer de quelques étoiles à atmosphère étendue.* Note de M. **Jacques Berger**, M^lle **Renée Canavaggia**, M. **Daniel Chalonge** et M^lle **Anne-Marie Fringant**, présentée par M. André Danjon.

La discontinuité de Balmer D a été mesurée pour les quatre étoiles à atmosphère étendue (shell-stars) désignées dans le tableau I. L'étude de la

première est déjà ancienne (¹), celle des trois autres a été faite sur des spectres obtenus par R. Canavaggia et V. Kourganoff à l'Observatoire




Microphotogrammes des spectres de γ Peg et BD + 44°4014. Pour être bien séparés les deux enregistrements ont été décalés dans le sens des ordonnées : $xy$ et $x'y'$ sont les lignes de zéro (transparence nulle) correspondant respectivement à γ Peg et à BD + 44°4014.

(¹) D. Barbier et D. Chalonge, *Ap. J.*, 90, 1939, p. 627.

Mc Donald à l'aide du petit spectrographe ultraviolet déjà mentionné et en utilisant la méthode décrite [2].

TABLEAU I.

| | Type. | D. | $D_0$. |
|---|---|---|---|
| ζ Tau | B 2 | 0,18 | 0,12 |
| BD + 44° 4014 | B 2 | 0,34 | 0,12 |
| BD + 29° 3982 r | B 3 | 0,40 | 0,18 |
| HD 190073 | A0 | 0,59 | 0,47 |

L'examen du spectre visible de chacune de ces étoiles permet de faire une estimation de son type spectral [3] (colonne 2 du tableau I).

La figure 1 qui reproduit les enregistrements des spectres de BD + 44° 4014 et de γ Peg (B 2 V) permet de juger de leur analogie dans la région visible.

Les valeurs des discontinuités de Balmer mesurées D sont contenues dans la troisième colonne.

Il est facile d'estimer quelle serait la valeur $D_0$ de la discontinuité de chacune des étoiles si elle n'avait pas d'enveloppe : dans le cas de BD + 44° 4014 (*fig.* 1) le spectre continu ultraviolet, au lieu d'être représenté par *ab*, correspondrait à une courbe telle que *cd*, où *c* est un point de l'enregistrement situé juste au delà de la dernière forte raie de Balmer, et l'on trouve $D_0 = 0,12$.

La quatrième colonne du tableau donne les valeurs de $D_0$ ainsi obtenues pour les quatre étoiles : elles correspondent à des étoiles de la série principale ayant les types indiqués dans la colonne 2. Le fait que la longueur d'onde du point *c* soit, pour les quatre étoiles, voisine de 3720 Å, c'est-à-dire assez éloignée de la limite théorique de Balmer, permettait de prévoir que ces étoiles (privées de leur enveloppe) n'étaient pas supergéantes. Par contre, la longueur d'onde du début *a* du spectre continu ultraviolet de l'étoile complète est, dans les quatre cas, de l'ordre de 3655 Å; de plus, les dernières raies de Balmer apparaissent à peine dans la partie *ca* de la discontinuité qui correspond à l'enveloppe et doivent, par suite, être fines : ces deux caractères montrent bien que l'enveloppe est à très faible pression.

En résumé la discontinuité de Balmer des étoiles B et A à atmosphère étendue est beaucoup plus grande que celle des étoiles normales (et *a fortiori* que celle des supergéantes) de même type et constitue un critère simple et caractéristique pour les reconnaître.

---

(2) J. BERGER, R. CANAVAGGIA et D. CHALONGE, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1124 et J. BERGER, R. CANAVAGGIA, D. CHALONGE et A.-M. FRINGANT, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2079.

(3) Les raies de H, He et Ca sont les seules utilisables avec la faible dispersion employée. Le type de HD 190073 a été donné par Swings et Struve (*Ap. J.*, 91, 1940, p. 546).

ASTROPHYSIQUE. — *Probabilités de transition des molécules biatomiques symétriques (spectre de vibration).* Note de M. **Roger Bouigue**, présentée par M. André Danjon.

Cette Note a pour but de donner les expressions mathématiques qui permettent de calculer les probabilités de transition vibrationnelle d'une molécule biatomique symétrique, lorsque l'énergie potentielle est décrite par la fonction proposée par P. M. Morse (1).

1° Lorsqu'on désire calculer ces probabilités, on fait généralement plusieurs hypothèses simplificatrices parmi lesquelles l'une des plus importantes paraît être celle qui concerne la nature du mouvement vibratoire de la molécule. Quand on s'en tient aux premiers nombres quantiques, on a l'habitude d'admettre que la vibration a lieu selon des oscillations harmoniques et les calculs se font alors suivant le processus proposé par E. Hutchisson (2).

En fait, on sait que l'énergie potentielle de la molécule est bien représentée par l'expression de Morse et qu'elle se distingue donc nettement de celle du vibrateur harmonique. Dans cette voie, Hutchisson a complété ses premières formules en introduisant la notion de perturbation; mais les calculs sont compliqués et valables seulement pour les premiers nombres quantiques de vibration (3).

De son côté, en partant de son expression, Morse a écrit et résolu l'équation d'onde correspondante. Mais la complexité de la fonction d'onde n'a pas permis jusqu'ici l'utilisation de cette méthode et les calculs ont toujours été limités à des intégrations numériques longues et fastidieuses

Nous nous proposons d'indiquer une méthode de résolution plus commode et plus rapide.

2° La fonction d'onde a la forme

$$\psi_{e,\nu} = \mathrm{N}_\nu\, e^{-\frac{k}{2} e^{-a(r-r_e)}} \left[k\, e^{-a(r-r_e)}\right]^{\frac{k-2\nu-1}{2}} \mathrm{L}_{k-\nu-1}^{k-2\nu-1}\left[k\, e^{-a(r-r_e)}\right],$$

où $\mathrm{N}_\nu$ sont les facteurs de normalisation, L les polynomes de Laguerre, $k = \omega_e / x_e \omega_e$ et où $a$, $r$, $r_e$ désignent les constantes moléculaires habituelles.

On sait qu'il s'agit d'évaluer les intégrales

$$\mathrm{I} = \int_0^\infty \psi_{e',\nu'} \psi_{e'',\nu''}\, dr,$$

où $\psi_{e',\nu'}$ et $\psi_{e'',\nu''}$ désignent les fonctions d'onde relatives aux niveaux vibratoires supérieur et inférieur.

(1) *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 57.
(2) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 410.
(3) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 45.

3° Posons

$$U = e^{-r}, \qquad m = \frac{k'}{2} e^{a' r'_e}, \qquad n = \frac{k''}{2} e^{a'' r''_e}, \qquad \alpha = \frac{k' - 1}{2} a' + \frac{k'' - 1}{2} a''.$$

Pour la bande (0, 0), la probabilité de transition est proportionnelle à

$$F(\alpha) = \int_0^1 e^{-(mU^{a'} + nU^{a''})} U^{\alpha - 1}\, dU.$$

Pour la bande ($v'$, $v''$), la probabilité est une fonction linéaire des expressions $F(\alpha - ia' - ja'')$, où $i = 0, 1, \ldots, v'$ et $j = 0, 1, \ldots, v''$.

Or, une intégration par parties conduit à la formule de récurrence suivante où des termes parfaitement négligeables ont été supprimés :

$$(\alpha - ia' - ja'')\, F(\alpha - ia' - ja'') = ma' F[\alpha - (i-1)a' - ja''] + na'' F[\alpha - ia' - (j-1)a'']$$

Grâce à cette formule et en raison du fait que les probabilités cherchées sont à rapporter à celle de la bande origine (0, 0), seules sont à évaluer numériquement les fonctions particulières

$$Q'_i = \frac{F[\alpha + i(a'' - a')]}{F(\alpha)}, \qquad Q''_j = \frac{F[\alpha - j(a'' - a')]}{F(\alpha)}.$$

4° Pour calculer ces ($v' + v''$) fonctions, il suffit de remarquer que $a'$ et $a''$ sont toujours assez voisins; on recherche alors les exposants $a_s$ tels que

$$e^{-(mU^{a'} + nU^{a''})}\, U^{\alpha \pm s(a'' - a') - 1} \qquad \text{et} \qquad e^{-(m+n)U^{a_s}}\, U^{\alpha \pm s(a'' - a') - 1}$$

aient même valeur maximum. Cet exposant ne varie d'ailleurs avec S que lorsque $a'$ et $a''$ diffèrent notablement l'un de l'autre (quelques dixièmes en $A^{-1}$) et même dans ce cas, seules les valeurs extrêmes sont à calculer, les autres s'obtenant par simple interpolation linéaire.

En posant

$$(m + n)\, U^{a_s} = x,$$

on a alors

$$\frac{F[\alpha + s(a'' - a')]}{F(\alpha)} = \frac{a_0}{a_s} (m + n)^{A_0 - A_s} \frac{\int_0^\infty e^{-x} x^{A_s - 1}\, dx}{\int_0^\infty e^{-x} x^{A_0 - 1}\, dx} = \frac{a_0}{a_s} (m + n)^{A_0 - A_s} \frac{\Gamma(A_s)}{\Gamma(A_0)},$$

avec

$$A_0 = \frac{\alpha}{a_0}, \qquad A_s = \frac{\alpha + s(a'' - a')}{a_s}.$$

L'addition de la zone d'intégration $(m + n)$ à $+\infty$ n'introduit en effet qu'une quantité toujours parfaitement négligeable.

Finalement, le rapport des deux fonctions eulériennes s'évalue très facilement au moyen de la formule de Stirling limitée à ses premiers termes, car les

quantités situées entre parenthèses sont grandes et diffèrent peu l'une de l'autre.

A titre indicatif nous pouvons signaler que parmi les calculs que nous avons déjà effectués, l'un des plus défavorables ($a' - a'' = 0{,}500$) concernant la transition $B^2\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$ de la molécule d'azote, a donné les mêmes résulats que ceux que D. R. Bates ([1]) a obtenus à partir d'intégrations numériques portant sur 70 valeurs, et le calcul complet du tableau (2, 2) des probabilités de transition a été fait en trois heures avec une machine à calculer électrique (capacité $9 \times 8 \times 13$) et une table de logarithmes à sept décimales.

Cette méthode paraît donc utilisable dans la majorité des cas.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Application du calcul symbolique à la résolution de la méthode des perturbations de Dirac.* Note de M. **Michel Fabre de la Ripelle**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons un système physique régi par l'équation d'onde

$$(1) \qquad \{ H_0 + H \} \psi = - i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}, \qquad \psi(\vec{r}, t) \text{ normé.}$$

La méthode des perturbations consiste à développer la fonction d'onde $\psi$ dans le système complet des fonctions propres $\psi_m$ orthonormées de l'hamiltonien non perturbé $H_0$, et à écrire que ce développement est solution de (1).

$$(2) \qquad \begin{cases} \psi(\vec{r}, t) = \sum_m b_m(t)\, \psi_m(\vec{r}, t), \\ \psi_m(\vec{r}, t) = \Phi_m(\vec{r})\, e^{i\nu_m t}, \qquad H_0 \Phi_m(\vec{r}) = \hbar \nu_m \Phi_m(\vec{r}); \end{cases}$$

$$(3) \qquad - i\hbar \dot{b}_n(t) = \sum_{m \neq n} H_{nm} b_m(t)\, e^{i\nu_{mn} t}, \qquad \hbar \nu_{mn} = E_m - E_n;$$

où $b_m(t)$ représente l'amplitude de probabilité de trouver le système dans l'état $\psi_m$ à l'instant $t$.

La résolution de (3) s'obtient en faisant correspondre à chaque $b_m(t)$ une fonction image $\varphi_m(s)$, à $\psi(\vec{r}, t)$ correspondra ainsi une image $\Phi(\vec{r}, s)$

$$(I) \qquad \begin{cases} \Phi(\vec{r}, s) = \sum_m \varphi_m(s - i\nu_m)\, \Phi_m(\vec{r}), \\ \Phi(\vec{r}, s) \subset \psi(\vec{r}, t), \qquad \varphi_m(s) \subset b_m(t). \end{cases}$$

Les $\varphi_m(s)$ étant solution de la transformée de Laplace de (3).

Lorsque les $H_{nm}$ ne dépendent pas explicitement du temps la transformée

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 196, 1949, p. 217.

de (3) s'écrit

(II) $$i\hbar[b_n(0) - s\varphi_n(s)] = \sum_{m \neq n} H_{nm}\,\varphi_m(s - i\nu_{mn}).$$

Lorsque H dépend explicitement du temps nous admettrons que nous pouvons écrire

$$H_{nm}(t) = \sum_{\nu} H_{nm}(\nu)\,e^{i\nu t}.$$

Posant alors :

$$b_n(t) = \sum_{\nu} b_n(\nu;\, t) \qquad \varphi_n(s) = \sum_{\nu} \varphi_n(\nu;\, s),$$

la transformée de (3) deviendra

(III) $$i\hbar[b_n(\nu; 0) - s\varphi_n(\nu; s)] = \sum_{m \neq n} H_{nm}(\nu)\,\varphi_m[s - i(\nu + \nu_{mn})].$$

L'image $\varphi_m(s)$ admet une interprétation physique très simple. Si $b_m(t)$ admet une transformée de Fourier on aura précisément :

$$b_m(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_m(i\varepsilon)\,e^{i\varepsilon t}\,d\varepsilon$$

et $|\varphi_m(i\varepsilon)/2\pi|^2$ sera la densité de probabilité de trouver le système dans un état $\psi_m$ d'énergie $\hbar(\nu_m + \varepsilon)$. L'étude des largeurs de niveau s'effectuera donc d'une manière particulièrement simple à l'aide des fonctions images.

Pour étudier les probabilités des différents états, nous resterons dans l'espace image, la conservation de la probabilité au cours du temps s'écrira

$$\sum_m \theta_m(s) = \frac{1}{s}, \qquad \theta_m(s) \subset |b_m(t)|^2,$$

L'expression de $\theta_m(s)$, lorsque $\varphi_m(s)$ n'admet pas de singularités dans le demi-plan $\mathcal{R}(s) > 0$, cas qui se présente précisément dans notre problème, s'écrira

(IV) $$\theta_m(s) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-i\infty}^{+i\infty} \varphi_m(z)\,\varphi_m^*[(s - z)^*]\,dz.$$

Si le système se trouve à l'instant initial dans un état propre de l'hamiltonien non perturbé, $b_m(0) = \delta_{m0}$, et le système (II) se résout par approximations successives.

Au premier ordre, on obtient

$$\varphi_0(s) = \frac{1}{s + \dfrac{\omega_0(s)}{2}},$$

$$\varphi_m(s) = \frac{i}{\hbar}\,\frac{H_{m0}}{s}\,\frac{1}{s - i\nu_{0m} + \dfrac{\omega_0(s - i\nu_{0m})}{2}},$$

où

$$\omega_0(s) = \frac{2i}{\hbar^2}\sum_{m\neq 0}\frac{H_{0m}\,H_{m0}}{\nu_{m0}+is}.$$

Lorsque la somme porte sur des états continus, $\omega_0(s)$ devient une constante quand $s$ est voisin de zéro, et l'on voit ainsi apparaître la décroissance de l'état initial sous la forme

$$b_0(t) = e^{-\omega_0(0)\frac{t}{2}}$$

qui est la forme admise dans la théorie du « damping ».

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Les méthodes de la seconde quantification et de l'espace de configuration en théorie relativiste des systèmes de particules.* III. *Dérivation d'équations relativistes pour des particules en interaction.* Note de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les méthodes esquissées dans deux précédentes Notes ([1]) pour la construction explicite d'une représentation de Fock pour le vecteur d'état de la théorie quantique des champs, peuvent être étendues au cas de champs en interaction. Lorsqu'on utilise la représentation d'interaction, les opérateurs de champs satisfont aux équations des champs non interagissants, de telle sorte qu'on peut encore construire des éléments de base $\overline{\Phi}(x_1, \ldots, x_n; x'_1, \ldots, x'_{n'})$ et $\chi(y_1, \ldots, y_m)$ formellement identiques à ceux de I et II. Après multiplication par des coefficients $F(x_1, \ldots, x_n; x'_1, \ldots, x'_{n'}; y_1, \ldots, y_m)$, qui sont les fonctions d'ondes de l'espace de configuration, et après sommation sur une même surface $\sigma$, on obtient, d'une manière très similaire à celle utilisée en I et II, des vecteurs de base $\Psi_{n,n',m}[\sigma]$ correspondant aux valeurs propres $n$, $n'$, $m$ des opérateurs nombre de fermions, antifermions et bosons ([2]). Cependant, du fait de l'interaction, les nombres d'occupation ne sont pas des nombres quantiques : seul l'opérateur Q de la charge totale commute avec l'hamiltonien du système ([3]). On peut donc adopter une représentation dans laquelle l'opérateur Q est diagonal. Le vecteur $\Psi_{Q'}[\sigma]$, Q' étant la valeur propre de Q, est alors une combinaison linéaire convenable des vecteurs de base $\Psi_{n,n',m}[\sigma]$.

Les indications ci-dessus peuvent être utilisées, en particulier, pour déduire des équations relativistes pour des systèmes de particules en interaction. Nous envisagerons ici le problème de deux nucléons en théorie mésique. Si l'on admet que le couplage est faible et que la méthode de perturbation est applicable, on peut alors éliminer les effets du premier ordre par la transformation

([1]) M. Jean, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1183 et 1200, désignées par I et II.

([2]) Dans le cas de bosons chargés on introduit les nombres d'occupation $m_+$ et $m_-$.

([3]) Dans le cas de fermions neutres il faut remplacer Q par N — N' (*cf.* I).

canonique de Schwinger. On obtient alors, au second ordre, après élimination des termes de self-énergie et d'énergie du vide, l'équation (4)

$$i\frac{\partial}{\partial t}\Psi(t) = \{ H_{2,0}(t) + H_{1,1}(t) \} \Psi(t),$$

où $H_{1,1}$ est associé à la diffusion de mésons par les nucléons et $H_{2,0}$ décrit l'interaction entre nucléons. On a explicitement (5)

$$H_{2,0}(t) = -\frac{1}{4}\int d^3x \int d^4x' \{ R(x),\ R(x') \}_2 \overline{D}(x-x'),$$

avec $R(x) = \overline{\psi}(x)\, O\, \psi(x)$, $\overline{\psi} = \psi^* \gamma_4$, $O = f$ dans le cas de mésons scalaires et $O = if\gamma_5$ dans le cas pseudoscalaire. L'indice 2 réfère à la classification en opérateur à deux particules suivant Schwinger. Cette classification se fait aisément par la technique de décomposition en produits normaux développée par Wick (6). On fait ainsi apparaître des opérateurs décrivant les changements d'états de deux nucléons ou antinucléons, le changement d'état d'un nucléon ou antinucléon avec création ou absorption d'une paire, etc. L'introduction de la représentation de Fock permet d'effectuer le passage à l'espace de configuration. On obtient un système infini d'équations couplées dont on peut, par substitutions successives, déduire une équation ne faisant intervenir que l'état à deux nucléons. On vérifie que les états correspondant à la présence d'un certain nombre de paires et de mésons à côté des deux nucléons ne contribuent à l'équation finale qu'à des ordres supérieurs au second. On a, en définitive, une équation du second ordre qui résulte simplement de l'application de $H_{2,0}$ sur le vecteur de base $\Psi_{2,0,0}$ correspondant aux deux nucléons seuls. Après passage à la représentation de Schrödinger l'équation prend une forme simple dans l'espace des moments. On a pour des états stationnaires

$$\begin{aligned} &\{ E - \Lambda^{(+)}(p_1)\varepsilon_{p_1} - \Lambda^{(+)}(p_2)\varepsilon_{p_2} \} U(p_1, p_2) \\ &= -\frac{1}{2}\frac{1}{(2\pi)^3}\int d^3q [\Lambda^{(+)}(p_1)\, O\, \Lambda^{(+)}(p_1-q)] [\Lambda^{(+)}(p_2)\, O\, \Lambda^{(+)}(p_2+q)] \\ &\times \left\{ \frac{1}{\epsilon_q^2 - (\varepsilon_{p_1-q} - \varepsilon_{p_1})^2} + \frac{1}{\epsilon_q^2 - (\varepsilon_{p_2+q} - \varepsilon_{p_2})^2} \right\} U(p_1-q,\ p_2+q), \end{aligned}$$

où $\epsilon_q = \sqrt{q^2+\mu^2}$, $\varepsilon_p = \sqrt{p^2+m^2}$, $\Lambda^{(+)}(p)$ est l'opérateur de projection qui discrimine les solutions à énergie positive de l'équation de Dirac pour les nucléons libres. Le formalisme permettant le passage à l'espace de configuration impose à la fonction d'ondes $U(p_1, p_2)$ d'être fonction propre de l'opéra-

(4) La surface $\sigma$ a été spécialisée à un plan $t = \text{const.}$

(5) M. JEAN et J. PRENTKI, *J. Phys.*, 11, 1950, p. 33.

(6) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 268.

teur $\Lambda^{(+)}(p_1)\ \Lambda^{(+)}(p_2)$. Cette condition permet de simplifier l'équation ci-dessus, cependant la forme sous laquelle elle est donnée fournit des solutions qui satisfont automatiquement la condition.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Compatibilité des équations de la théorie unitaire des champs.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Examen de la compatibilité des équations $\mathcal{R}^{\mu\;\nu}_{+\,-}:\rho = 0$ avec la définition de la connexion affine qu'elles supposent.

La détermination de la connexion affine $\Delta$ en fonction des champs se ramène toujours à la résolution d'une équation

$$\mathcal{R}^{\mu\;\nu}_{+\,-}:\rho = 0 \tag{1}$$

dont nous avons donné la solution générale. D'autre part, il se trouve que les combinaisons linéaires $\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho}$ des coefficients ont, par définition, une valeur bien déterminée qui dépend d'ailleurs du tenseur de base adopté. Il n'est donc pas certain *a priori* que cette définition et les équations du type (1) soient compatibles. M. A. Einstein a attiré mon attention sur cette difficulté.

1. Considérons d'abord (1) sans faire aucune hypothèse préalable sur la connexion qu'elle détermine. Il n'est pas nécessaire de résoudre (1) pour déterminer $\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho}$. On a en effet [1] :

$$\mathcal{R}^{\nu\;\rho}_{-\,+}:\rho - \mathcal{R}^{\rho\;\nu}_{+\,-}:\rho \equiv 2\mathcal{F}^{\nu} - 2\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\lambda}\rho}\,\mathcal{G}^{\lambda\nu}. \tag{2}$$

Si (1) est satisfaite, le second membre de (2) doit être nul. Par un calcul classique de déterminants on obtient

$$\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho} = g_{\mu\nu} f^{\nu} = (\gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\rho}\varphi_{\nu\sigma}\gamma^{\rho\sigma}) = f_{\mu} - f_{\overline{\overline{\mu}}}, \tag{3}$$

une équation (1) est compatible avec cette seule valeur de $\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho}$. Si, par définition,

---

(1) Nous désignerons la connexion affine par $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\underline{\mu\nu}} + \Gamma^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$. Les autres notations sont celles de nos précédentes Notes : $\mathcal{R}^{\mu\nu} = \sqrt{-r}\, r^{\mu\nu} = \mathcal{G}^{\mu\nu} + \mathcal{F}^{\mu\nu}$, $\mathcal{F}^{\mu} = \sqrt{-r}\, f^{\mu} = \partial_{\rho}\,\mathcal{F}^{\mu\rho}$,

$r^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} + f^{\mu\nu}$, $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}$, $g g^{\mu\nu} = \text{mineur}\, g_{\mu\nu}$, $\gamma\gamma^{\mu\nu} = \text{mineur}\, \gamma_{\mu\nu}$.

Rappellons que :

$$f_{\mu} = \gamma_{\mu\rho} f^{\rho},\qquad f_{\overline{\mu}} = \varphi_{\mu\rho} f^{\rho} = \varphi_{\mu\rho}\gamma^{\rho\lambda} f_{\lambda},\qquad f_{\overline{\overline{\mu}}} = \varphi_{\mu\rho}\gamma^{\rho\sigma}\varphi_{\sigma\nu}\gamma^{\nu\lambda} f_{\lambda},\qquad \ldots,$$

$$f^{\mu} = \gamma^{\mu\rho} f_{\rho},\qquad f^{\overline{\mu}} = \gamma^{\mu\rho} f_{\overline{\rho}} = \gamma^{\mu\rho}\varphi_{\rho\lambda} f^{\lambda},\qquad f^{\overline{\overline{\mu}}} = \gamma^{\mu\rho}\varphi_{\rho\sigma}\gamma^{\sigma\nu}\varphi_{\nu\lambda} f^{\lambda},\qquad \ldots,$$

*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 182 et *J. Phys.* **12**, 1951, p. 81.

elle est réalisée, on a toujours

$$\mathcal{R}^{\underset{+}{\nu}\underset{-}{\rho}}_{\ }:\rho - \mathcal{R}^{\underset{+}{\rho}\underset{-}{\nu}}_{\ }:\rho \equiv 0. \tag{4}$$

2. On part souvent du tenseur de base

$$R_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\mu\nu\rho} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu,\rho} - \Gamma^{\rho}_{\mu\rho,\nu} + \Gamma^{\rho}_{\mu\nu}\Gamma^{\sigma}_{\rho\sigma} - \Gamma^{\sigma}_{\mu\rho}\Gamma^{\rho}_{\sigma\nu}. \tag{5}$$

Par variation des $\Gamma$ on obtient (1) à condition de rapporter la dérivation covariante à la connexion $\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + 2/3\,\delta^{\rho}_{\mu}\Gamma_{\nu}$. On définit donc des $\Delta$ tels que $\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho} = 0$ et, d'après le paragraphe 1, cette valeur ne peut être solution de (1) qu'avec la condition supplémentaire $\mathfrak{F}^{\mu} = 0$. Dans ce cas, mais dans ce cas seulement, les équations de la théorie sont compatibles.

3. Partons du tenseur défini en fonction des $\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + 1/3\,(\delta^{\rho}_{\mu}\Gamma_{\nu} - \delta^{\rho}_{\nu}\Gamma_{\mu})$,

$$R_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\Delta) = \Delta^{\rho}_{\mu\nu,\rho} - \Delta^{\rho}_{\mu\rho,\nu} + \Delta^{\rho}_{\mu\nu}\Delta^{\sigma}_{\rho\sigma} - \Delta^{\rho}_{\mu\sigma}\Delta^{\sigma}_{\rho\nu}. \tag{6}$$

Par variation des $\Delta$, dont 60 sont indépendants $\left(\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho} = 0\right)$, on obtient

$$\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}}:\rho = \mathcal{R}^{\underset{+-}{\nu\lambda}};_{\lambda}\,\delta^{\mu}_{\rho}. \tag{7}$$

Ces équations qui ont un second membre sont certainement compatibles avec $\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho} = 0$ puisqu'elles forment quatre identités pour $\rho = \nu$. On montre facilement que le second membre ne dépend que de $\mathfrak{F}^{\nu}$ car $\mathcal{R}^{\underset{+-}{\nu\rho}}:\rho = -2/3\,\mathfrak{F}^{\nu}$. Pour faire disparaître le second membre il suffit alors de faire le changement de variables qui définit la connexion :

$$6\,\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = 6\Delta^{\rho}_{\mu\nu} + 3r_{\mu\nu}(f^{\rho} + f^{\bar{\rho}}) - 3\,\delta^{\rho}_{\mu}r_{\nu\lambda}(f^{\lambda} - f^{\bar{\lambda}}) + \delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda}f^{\lambda} - 3\,\delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda}f^{\bar{\lambda}}. \tag{8}$$

Si ; désigne la dérivation covariante effectuée avec $\Delta'$, on obtient ainsi simplement $\mathcal{R}^{\mu\nu};\rho = 0$.

4. L'équation (7) n'est pas hermitienne au sens d'Einstein. On peut définir le tenseur hermitien

$$4\,U_{\mu\nu} = 2[R^{\rho}{}_{\mu\nu\rho}(\Delta) + R^{\rho}{}_{\nu\mu\rho}(\tilde{\Delta})] - [R^{\rho}{}_{\rho\mu\nu}(\Delta) + R^{\rho}{}_{\rho\nu\mu}(\tilde{\Delta})]. \tag{9}$$

Par variation des $\Delta\left(\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho} = 0\right)$ on obtient

$$3\,\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}}:\rho = -\left(\delta^{\mu}_{\rho}\mathcal{R}^{\underset{++}{\nu\rho}}:\rho - \delta^{\nu}_{\rho}\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\sigma}}:\rho\right) \tag{10}$$

relation compatible avec $\Delta^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu}\rho}$ puisqu'elle se réduit à quatre identités pour $\rho = \nu$. Comme au paragraphe 2 le second membre ne dépend que de $\mathfrak{F}^{\mu}$ car $\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\rho}}:\rho = \mathfrak{F}^{\mu}$. Il peut disparaître aussi par le changement de variables

$$6\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = 6\Delta^{\rho}_{\mu\nu} + 3r_{\mu\nu}f^{\bar{\rho}} + (\delta^{\rho}_{\mu}r_{\lambda\nu} - \delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda})f^{\lambda} - 3(\delta^{\rho}_{\mu}r_{\nu\lambda} - \delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda})(f^{\lambda} - f^{\bar{\lambda}}) \tag{11}$$

pour aboutir à l'équation $\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}};\rho = 0$.

Les changements de variables (8) et (11) conduisent à une même valeur de $\Delta'^{\rho}_{\mu\rho}$. On a en effet dans les deux cas :

$$\Delta'^{\rho}_{\mu\rho} = \Delta^{\rho}_{\mu\rho} + r_{\mu\rho}(f^{\rho} - f^{\bar{\rho}}) = f_{\mu} - f_{\bar{\bar{\mu}}}. \quad (12)$$

C'est précisément cette valeur qui, d'après le paragraphe 1, vérifie toujours une équation du type (1) que nous avons obtenue dans tous les cas. En choisissant les tenseurs $R_{\mu\nu}$ et $U_{\mu\nu}$ des paragraphes 3 et 4 $\Delta'^{\rho}_{\mu\rho} = f_{\mu} - f_{\bar{\bar{\mu}}}$ (c'est-à-dire $\Delta^{\rho}_{\mu\rho} = 0$) est donc toujours solution d'une équation sans second membre, (4) toujours satisfaite, et les équations de la théorie compatibles quel que soit $r_{\mu\nu}$.

La résolution de (1) est la même dans tous les cas. On peut procéder selon la méthode indiquée [2]. Seul le calcul de $\Delta$ à partir de $\Delta'$ diffère selon le choix de $R_{\mu\nu}$. Toutefois, si l'on aboutit à des équations $R_{\mu\nu} = 0$, $\mathcal{G}^{\mu\nu}_{+-;\rho} = 0$ comme en Relativité générale, il faut noter que, pour supprimer simultanément les seconds membres de ces équations, il est nécessaire d'écrire l'expression usuelle de $R_{\mu\nu}$ et de $\mathcal{R}^{\mu\nu}_{+-;\rho}$ à l'aide de connexions différentes comme $\Delta$ et $\Delta'$.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'impossibilité d'assimiler le point λ de l'hélium à un point triple.* Note de M. **Jean P.-E. Duclaux**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le but de la présente Note est de montrer que l'application à l'hélium de formules établies pour tous les fluides mène à des conclusions nouvelles quant aux différences de comportement des héliums I et II.

Nous donnerons d'abord les formules établies pour tous les fluides, dont justification sera fournie dans un autre Recueil.

Soient, pour un fluide quelconque :

T sa température;
P sa tension de vapeur à T°;
$d$ sa densité de vapeur à T°;
D la densité de sa phase liquide à T°;
V le volume moléculaire de sa vapeur saturante à T°;
$v$ le volume moléculaire de sa phase liquide à T°;
$T_c$, $P_c$, $D_c$ et $V_c$ les coordonnées de son point critique;

---

[2] La compatibilité des équations étant toujours réalisée dans le cas traité (*J. Phys.*, t. 12, 1951, p. 81); il ne faut tenir aucun compte des équations (69) et (70) (*loc. cit.*, p. 86). La solution générale s'obtient directement à partir de (68) et, par contraction $\mathcal{E}$ se réduit à une identité pour la valeur (36) de $\Delta'_{\mu}$.

[1] *J. Chim. Phys.*, 38, 1941, p. 78.

$T_t$ et $P_t$ les coordonnées de son point triple;
$a$ une constante calculée théoriquement et égale à 0,8232;
$b$ une constante égale à 65,7 cm³ : mol;
il existe entre ces différentes variables et constantes les relations suivantes :

$$\frac{Dd}{D_c^2} = a\left(\frac{P}{P_c}\right)^{\frac{n-1}{n}}, \tag{1}$$

$$n = \frac{\text{Log}\,P_c - \text{Log}\,P_t}{\text{Log}\,T_c - \text{Log}\,T_t}, \tag{2}$$

$$\frac{PV}{RT} = 1 - \frac{5}{9}\left(\frac{P}{P_c}\right)^{\frac{2}{3}}, \tag{3}$$

$$\frac{RT_c}{P_c V_c} = 3 + e^{-\frac{b}{V_c}}. \tag{4}$$

Les relations (1) et (2) ont déjà été utilisées dans une de nos publications antérieures [1]; la valeur de $a$ n'étant pas alors calculée théoriquement; empiriquement elle était trouvée égale à 0,8223.

Il est évident que la relation (1) ne peut pas s'appliquer jusqu'au point critique.

La relation (3) n'est vérifiée que pour les pressions réduites inférieures au dixième environ.

La relation (4) n'est exacte que pour les corps sans moment permanent.

Ces relations ne s'appliquent pas toutes à l'hélium I; les équations (1) et (4) sont vérifiées; la tension de vapeur au point λ est trop élevée pour que l'équation (3) soit utilisable; l'équation (2) n'a pas apparemment de sens puisqu'il n'existe pas de point triple de l'hélium; on pourrait évidemment être tenté d'assimiler le point λ à un point triple, l'hélium II étant alors considéré comme un liquide en ordre; la valeur de $n$ calculée à partir de cette hypothèse ne permet pas de rendre compte des données expérimentales; en ce qui concerne l'hélium I, $n$ doit donc être considéré comme une constante à déterminer directement à partir des valeurs expérimentales des densités et des tensions de vapeur.

Les chiffres expérimentaux satisfont aux équations (1) et (4) en donnant aux constantes caractéristiques et aux coordonnées des points remarquables les valeurs suivantes :

| Point critique. | Point lambda. |
|---|---|
| $T_c = 5{,}271°$ | $T = 2{,}196°$ |
| $P_c = 1718$ mm | $P = 38{,}33$ mm |
| $D_c = 0{,}069448$ | $D = 0{,}14713$ |
| $V_c = 57{,}636$ cm³ : mol | $d = 0{,}001847$ |

$$\frac{n}{n-1} = 0{,}822.$$

Ils permettent de plus d'écrire l'équation du diamètre rectiligne sous la forme suivante :

$$(5) \qquad D + d = 0,154984 - 0,003052\ T.$$

Supposons maintenant connue l'équation qui lie la tension de vapeur P à la température T; $n$ étant connu, la relation (2) doit permettre de calculer les coordonnées du point triple virtuel de l'hélium I; on trouve facilement qu'il se trouve a une température inférieure à celle du point lambda.

Il se pose alors tout naturellement la question de savoir si la pression de vapeur de l'hélium II ne serait pas représentée par la même formule que celle de l'hélium I; on pourrait ainsi prolonger la courbe des tensions de vapeur de l'hélium I du côté des basses températures, sans extrapolation; contrairement à ce qui semble généralement admis, il en est bien ainsi.

La tension de vapeur de l'hélium (I et II), entre 1°,56 et 4°,22 est représentée, sans aucune erreur systématique, par la relation

$$(6) \qquad \operatorname{Log} P(\mathrm{mm}) = -4,49025/T + 0,11086\,T + 0,00640\,T^2 + 3,36471.$$

Cette équation ne rend pas compte des trois valeurs expérimentales entre 1°,1 et 1°,3 (Leyde, 1937); Simon a montré qu'elles étaient erronées; elle donne des résultats identiques à celle de Simon jusqu'à 1,4; au-dessous de cette température les résultats diffèrent de plus en plus; nous montrerons ultérieurement que les bases théoriques de la formule de Simon sont douteuses.

Il est donc possible maintenant de calculer les coordonnées du point triple virtuel de l'hélium (I) : elles sont :

$$T_t = 1,100°, \qquad P_t = 0,2584\ \mathrm{mm}.$$

Toutes les expériences montrent que ce point n'existe pas.

L'application à l'hélium des formules établies pour tous les fluides permet donc d'affirmer que le point λ ne peut être assimilé à un point triple.

Dans une publication très prochaine nous montrerons que cette application mène à d'autres résultats nouveaux.

ULTRASONS. — *Cavitation et hémolyse par ultrasons de fréquences différentes.* Note (*) de M. **André Dognon** et M[lle] **Yvonne Simonot**, transmise par M. Jacques Duclaux.

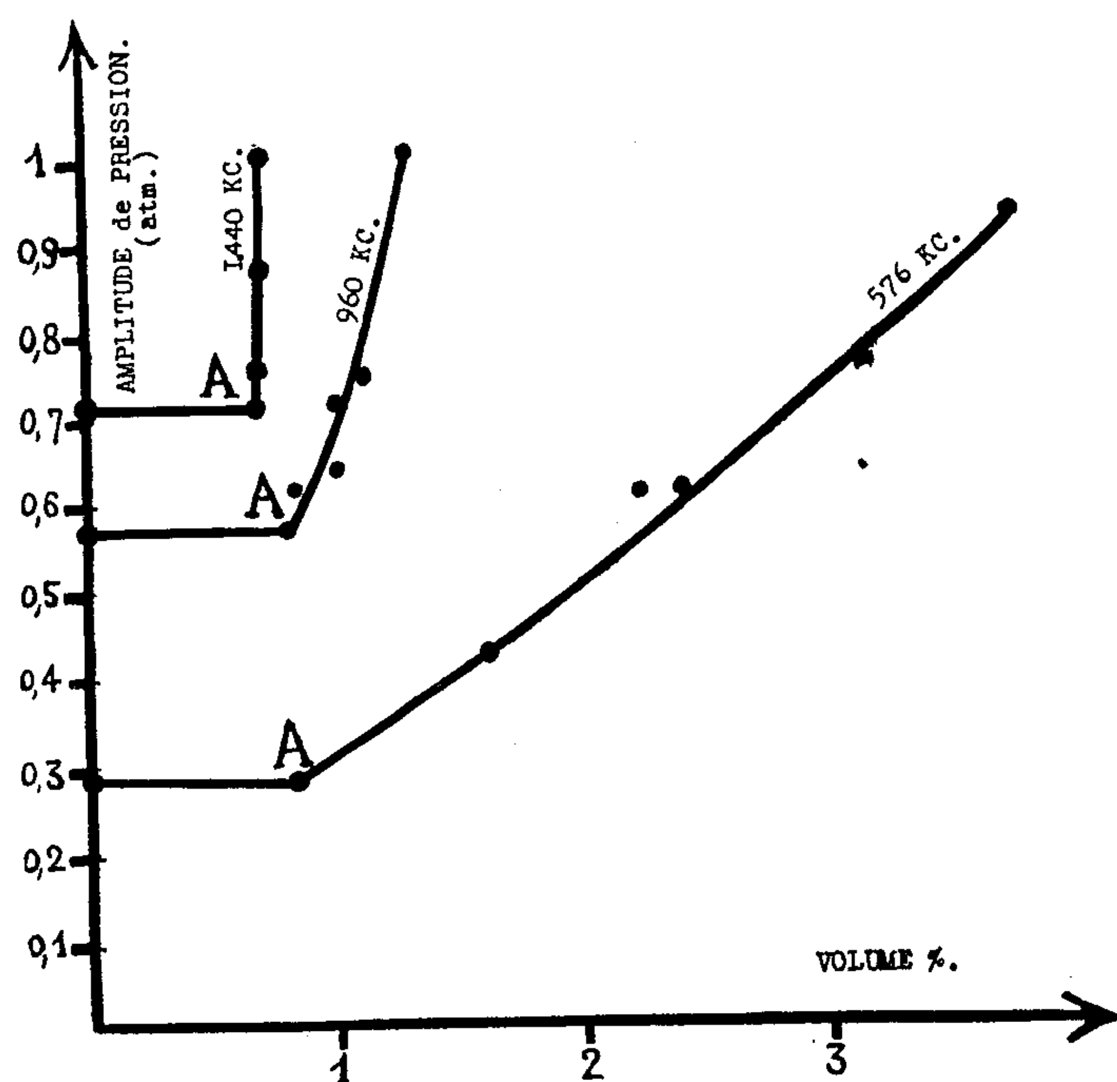
L'hémolyse par ultrasons est presque indépendante de l'intensité acoustique aux fréquences élevées (1440 et 960 kc) et dépend essentiellement de la concentration en hématies. Pour une fréquence plus basse, le seuil de concentration est moins net, et l'influence de l'intensité plus grande.

Dans l'étude de l'hémolyse par ultrasons, le facteur de concentration en hématies est généralement négligé. Nous avons montré à diverses reprises

(*) Séance du 18 juin 1951.

le rôle empêchant des particules en suspension dans le phénomène de cavitation et toutes les actions qui en dépendent. Il ne s'agit nullement d'une diminution de l'intensité acoustique par absorption, mais d'un mécanisme tout différent que nous envisagerons plus loin.

Il en résulte qu'un effet quelconque des ultrasons s'exerçant par l'intermédiaire de la cavitation, et se produisant dans une suspension, par exemple l'hémolyse, ne peut être étudié valablement qu'en fonction de la concentration en particules. Nous avons donc recherché, pour des suspensions d'hématies humaines, l'énergie juste nécessaire à l'obtention de l'hémolyse (qui représente aussi le seuil de cavitation) en fonction du volume relatif occupé par les globules, et ceci pour trois fréquences ultrasonores différentes (1440, 960, 576 kc).




L'intensité acoustique est directement mesurée, dans le tube et le milieu mêmes qui serviront à l'expérience, grâce à la pression de radiation qui s'exerce sur une surface réfléchissante de 1 cm². Le dispositif est constitué par un cône creux, fermé par un clinquant mince, et suspendu à une petite balance électromagnétique. Les forces observées atteignent, au maximum, une centaine de dynes.

La figure indique les résultats obtenus. On a porté en ordonnée, comme plus représentative, non l'intensité acoustique I, mais la pression acoustique $P = \sqrt{2 I \rho v} \doteq \sqrt{296\,000\, I}$.

On voit d'abord que, pour une dilution infinie (milieu dispersant pur),

la cavitation apparaît pour une pression acoustique sensiblement proportionnelle à la fréquence, ce qui est bien dans le sens des résultats généralement observés. Les courbes sont obtenues de la manière suivante : on cherche l'intensité nécessaire au seuil de cavitation du milieu dispersant pur (solution de Ringer), puis après adjonction de volumes croissants de globules. On constate que la première partie des courbes est horizontale, ce qui signifie que l'introduction de globules ne change pas le seuil de cavitation et que, par conséquent, dans ce domaine de concentration, l'hémolyse se produit pour la même énergie. Il existe une certaine concentration-limite (point A) à partir de laquelle il faut augmenter l'énergie pour atteindre la cavitation et l'hémolyse. Avec 1440 kc, la courbe monte en pratique verticalement. Il est donc impossible, au-dessus du seuil (0,65 % de globules en volume), d'obtenir l'hémolyse. Avec 960 kc, la courbe monte aussi très rapidement. Avec la fréquence de 576 kc, la pente est moins raide, l'accroissement de concentration globulaire permet l'hémolyse au prix d'un certain accroissement de l'intensité. Les pentes sont toujours. trouvées entre elles dans le même rapport pour les trois fréquences étudiées Mais elles peuvent varier considérablement suivant l'état du globule, ce qui est surtout apparent en basse fréquence, à cause de la valeur relativement faible de la pente. Dans ce cas, la courbe est beaucoup plus redressée avec des globules frais et non lavés. Elle est beaucoup plus couchée, et la concentration-seuil très reculée vers les valeurs élevées, avec des globules anciens ou lavés. La pente peut varier dans la proportion de 1 à 5.

L'interprétation nous paraît être que le pouvoir anticavitant de la suspension est, d'une part, d'autant plus faible que la fréquence est plus basse, et, d'autre part, dépendant considérablement de l'état des *surfaces*. C'est par là que s'introduit probablement le facteur de vieillissement ou de lavage. En effet, diverses modifications expérimentales de la surface, aussi bien sur des particules inertes (quartz) que sur des hématies, aboutissent à des variations très importantes du pouvoir anticavitant. On peut penser que les bulles de cavitation, à leur naissance, peuvent être plus ou moins énergiquement fixées et immobilisées sur les particules, perdant ainsi la possibilité de former des bulles de dimensions qui satisfassent aux conditions de résonance nécessaires à leur pouvoir destructif.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur un type de résonateur pour ondes métriques et décimétriques*. Note (*) de MM. **Michel Magat** et **Marc Bruma**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que la fréquence propre d'une cavité de hauteur H et de rayon R

(*) Séance du 11 juin 1951.

résonnant en mode E peut être abaissée par une perturbation des parois, par exemple en enfonçant un cylindre métallique le long de l'axe. Si l'on enfonce le cylindre métallique axial jusqu'à ce qu'il touche la base opposée, on obtient une cavité coaxiale dont la longueur d'onde de résonance est $\lambda_r = 2H$. Dans les cas intermédiaires où le cylindre métallique axial de diamètre $r$ et de hauteur $H'$ est presque en contact avec la base opposée (klystron), il est possible de considérer la cavité comme équivalente à un circuit résonnant dont la self est pratiquement celle d'un coaxial et dont la capacité se compose de deux parties : une capacité répartie (voisine de celle du même coaxial) et une capacité plane localisée entre les surfaces en regard des bases des deux cylindres et variant par le déplacement du piston.

La variation en $1/h$ (*fig.* 1) de la capacité plane est une cause d'instabilité dans le domaine où l'appareil est utile. On y remédie en introduisant en parallèle avec la capacité plane, une capacité cylindrique variable, l'ensemble permettant d'accorder le résonateur dans la gamme des fréquences métriques et décimétriques.

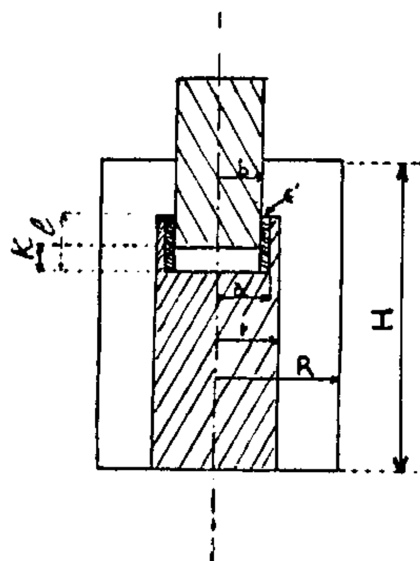



Fig. 1.

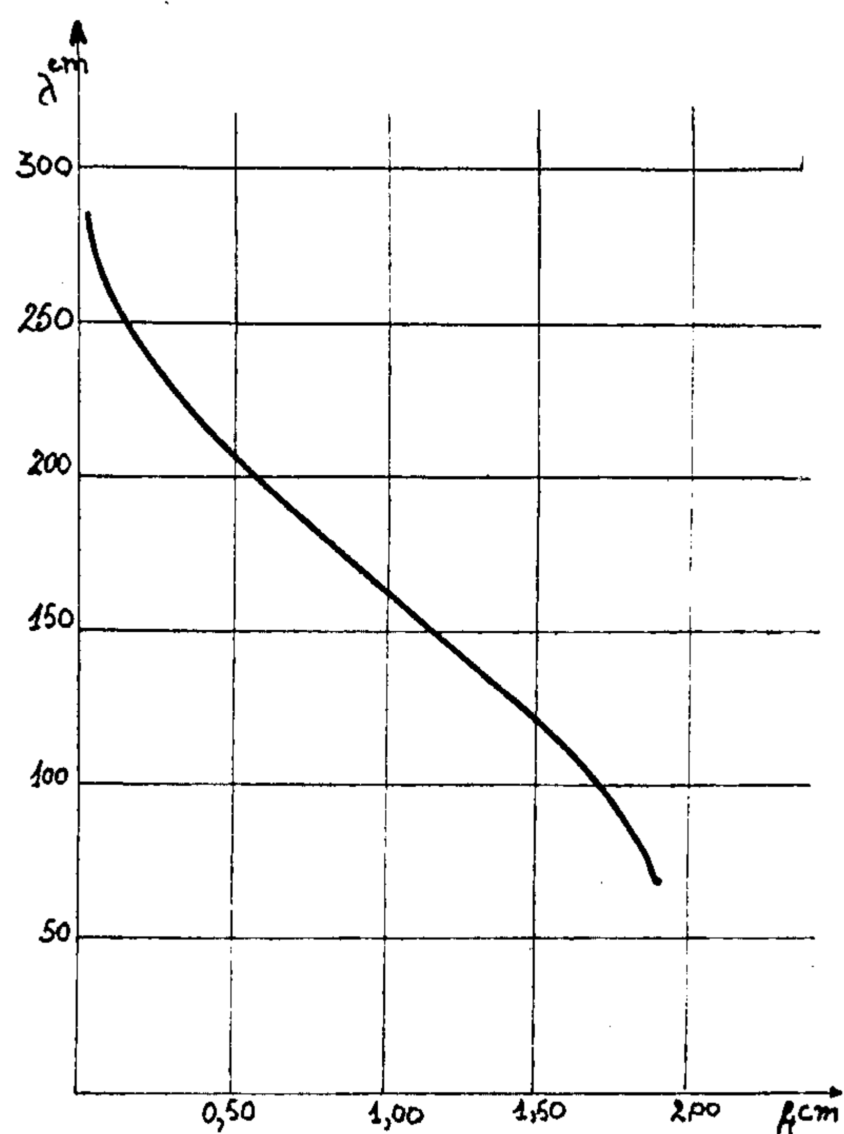



Fig. 2.

Le schéma est celui de la figure 1. On peut introduire entre les deux cylindres intérieurs un diélectrique en forme de tube, ce qui étend vers les grandes longueurs d'onde le domaine utilisable.

Les constantes du circuit équivalent sont une self L et une capacité $C_T$ qui déterminent la fréquence de résonance d'après $\omega^2 LC_T = 1$ et satisfont aux

équations :

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} H \ln \frac{R}{r}, \tag{1}$$

$$C_T = \frac{\pi a^2}{h} \varepsilon_0 + \frac{2\pi(l-h)}{\ln \frac{a}{b}} \varepsilon_0 \varepsilon_1 + C_R + C_B. \tag{2}$$

Le premier terme de l'équation (2) représente la capacité plane, le second la capacité cylindrique, le troisième la capacité répartie et le dernier les effets de bord.

$C_R$ peut se calculer, si l'on connaît la variation du champ électrique suivant l'axe. En effet tout se passe comme si l'on pouvait *définir* une capacité équivalente et une différence de potentiel V entre les conducteurs de rayons $r$ et R par les équations

$$V = \int_r^R E\,dr \quad \text{et} \quad W_R = \iiint_\tau \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \,d\tau = \frac{1}{2} C_R V^2, \tag{3}$$

où $W_R$ est l'énergie électromagnétique répartie.

En admettant que E varie en fonction de la hauteur $z$ selon l'équation

$$E = \left[\frac{E_0}{r}\right] \sin \frac{2\pi z}{\lambda_r}, \tag{4}$$

pour $z = H/2$, on obtient :

$$C_R = \frac{2}{3} \frac{2\pi H}{ln \frac{R}{r}} \tag{5}$$

à condition que $\lambda_r$ soit grand par rapport aux dimensions du résonateur. $C_R$ peut être négligé si l'on se contente d'une précision de 1 % sur $\lambda_{r\,calc.}$ (*fig.* 2). Pour une précision supérieure un étalonnage est nécessaire.

Le facteur de surtension Q du résonateur réalisé au laboratoire est de 2000, mais il peut être augmenté. Le résonateur décrit peut être utilisé entre autre comme ondemètre (¹) ou, comme nous le montrerons dans une Note ultérieure, pour la mesure des constantes diélectriques et des pertes entre 100 et 1000 Mc : s.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouge et Raman de l'acide fluorhydrique.* Note (*) de MM. **Ebrahim Safary**, **Boris Vodar** et **Roger Coulon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous décrivons ici les premiers résultats d'une étude entreprise en vue d'éclaircir le mécanisme de l'association de l'acide fluorhydrique. Nous avons

(¹) Brevet français n° provisoire 609.79, C.N.R.S., Bruma et Magat.

(*) Séance du 18 juin 1951.

utilisé un spectrographe Cojan ouvert à f/4,5 et un spectromètre Perkin-Elmer, modèle 12 C.

Une forte bande de fluorescence (¹) avec un maximum vers 4 700 Å rend difficile l'étude de l'effet Raman de FH liquide anhydre à 20°C. Une faible bande Raman à 4 140 cm⁻¹ semble exister, car dans l'enregistrement un palier a été obtenu à 4 380 Å avec excitation par la raie 3 650 Å et une pose de 72 h; cette bande coïncidant bien avec la fréquence fondamentale infrarouge des molécules non associées est vraisemblablement due aux molécules FH libres présentes dans le liquide; la faible concentration de celles-ci et la faible polarisabilité de FH expliquent la difficulté d'observation de cette bande.

Dans l'infrarouge, nous avons examiné le gaz seulement dans les conditions d'association maximum (20°C environ, pression normale) et uniquement dans la région des fréquences fondamentales; les résultats antérieurs (²) ont été confirmés et précisés quantitativement; en outre, une structure vers 3580 cm⁻¹ a été trouvée (*fig.* 1). La bande vers 4000 cm⁻¹ est celle du monomère.

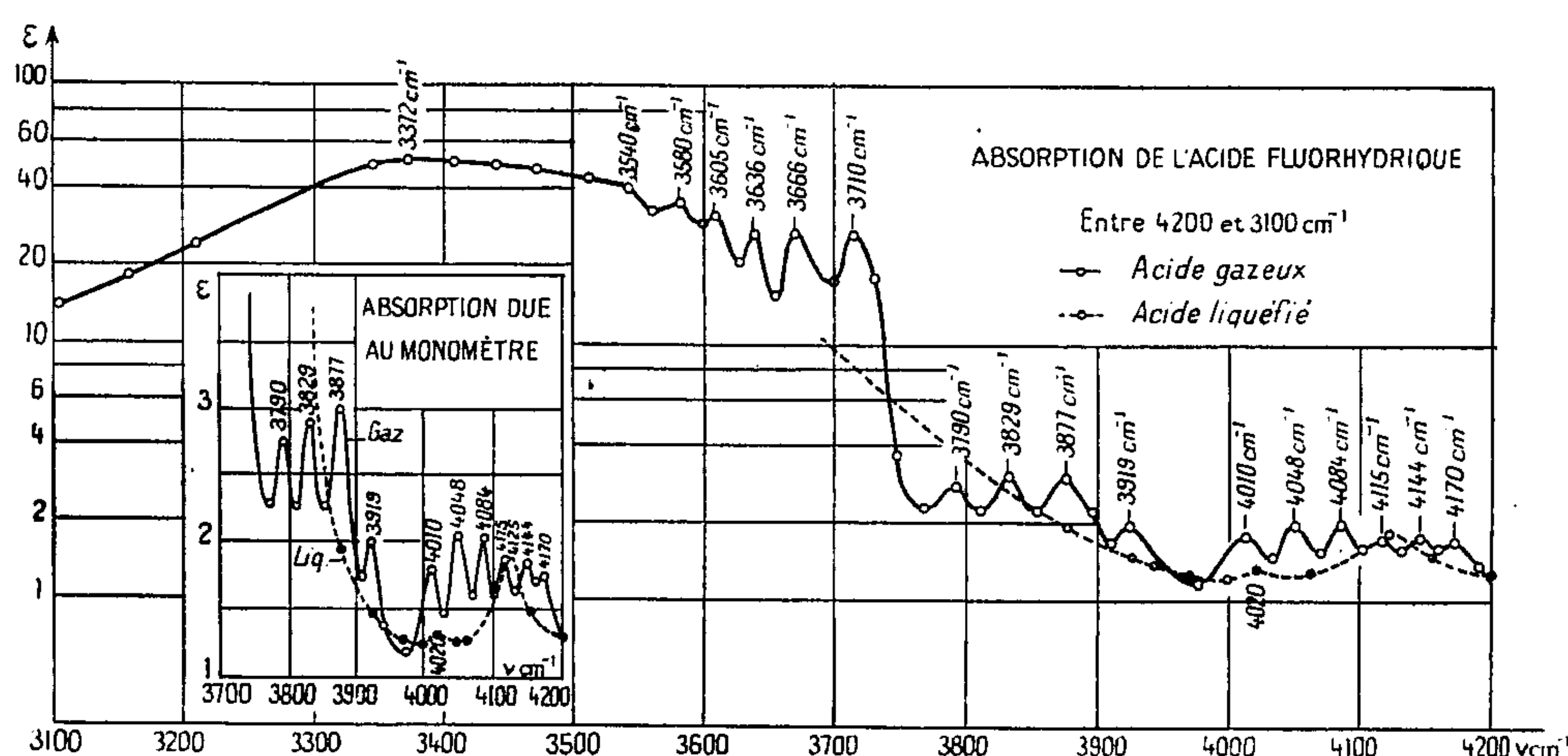



Fig. 1.

L'absorption vers 3580 cm⁻¹ est attribuable à un dimère ou à la liaison FH en bout de chaîne avec rotation libre; l'attribution au dimère est plus probable, l'existence du monomère étant certaine. Avec le schéma F′—H′—F″╲H″, si F′—H′—F″ était en ligne droite, l'angle $\widehat{H'-F''-H''}$ devrait être voisin de 90°, mais il est plus vraisemblable d'admettre un angle $\widehat{H'F'}$, $\widehat{H'F''}$ de quelques degrés avec $\widehat{H'F''H''} = 140°$, valeur expérimentale directe (³), (⁴).

(¹) L. A. Woodward et H. J. W. Tyrrell, *Trans. Faraday Soc.*, 38, 1942, p. 513-7.
(²) A. M. Buswell, R. L. Maycock et W. H. Rodebusch, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 362.
(³) S. H. Bauer, J. Y. Beach et J. H. Simons, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 19.
(⁴) P. Günther, K. Holm et H. Strunz, *Zf. Phys. Chem.*, B. 43, 1939, p. 229.

La bande vers 3370 cm$^{-1}$ doit correspondre aux polymères supérieurs. Si l'on admet la proportionnalité des intensités des bandes aux concentrations en poids, on trouve les ordres de grandeur suivants : pour le polymère environ 2/3, le dimère 1/3, le monomère 1 %.

Dans FH liquide à 20°C la bande du monomère existe, mais fortement rétrécie, par suite de la suppression des rotations à l'état liquide. En outre, la concentration du monomère reste la même qu'à l'état vapeur dans les conditions ci-dessus. La bande du dimère n'est plus reconnaissable probablement parce qu'elle n'a plus de structure; la bande des polymères supérieurs est peu déplacée, ainsi que celle du monomère (*fig.* 2); la présence des chaînes coudées diminuant le moment polaire ([5]) explique peut-être le faible déplacement vapeur-liquide de ces bandes.

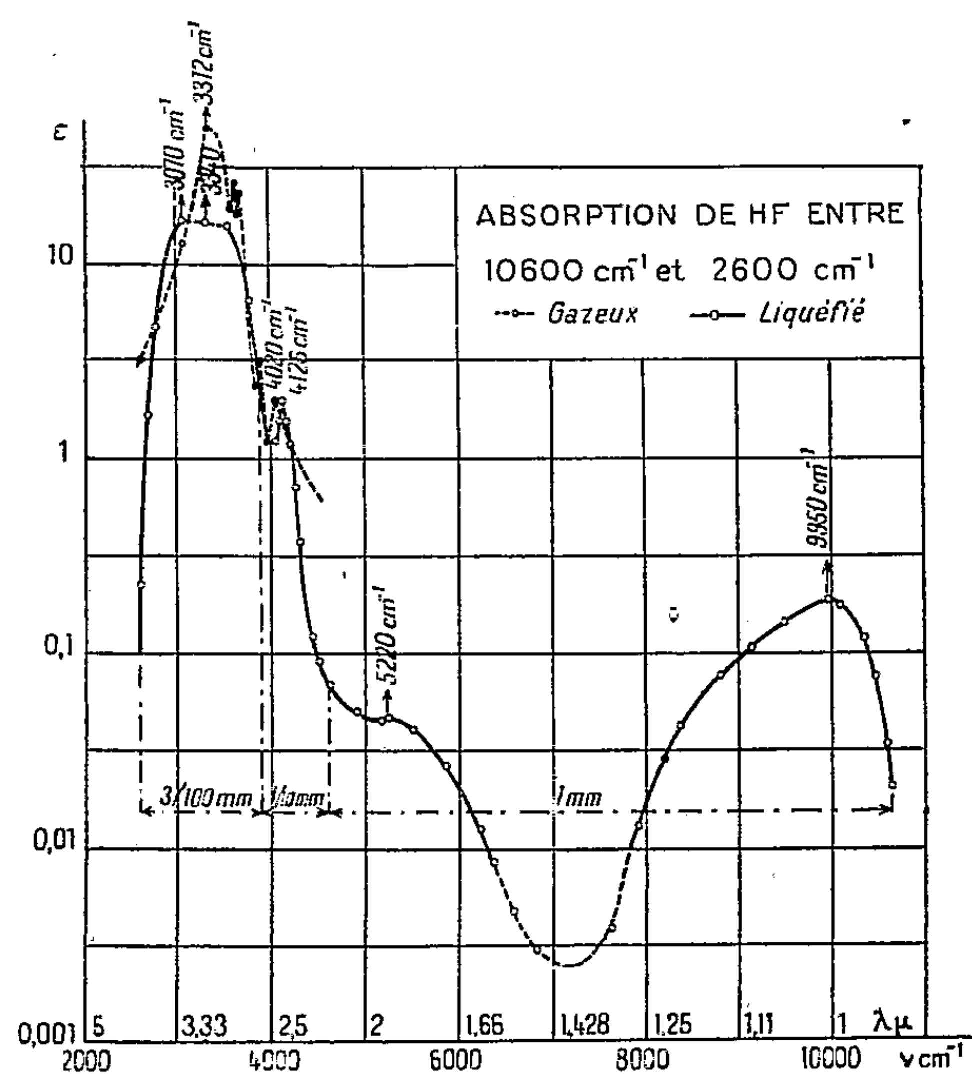


Fig. 2.

L'élément essentiel de l'association est le groupement F—H—F dont on sait qu'il est à peu près linéaire ([3]); si on lui attribue les fréquences observées (à part celles du monomère), on peut les classer comme suit : $\nu_3 = 3340$ cm$^{-1}$ (la bande $\nu_3$ est si intense qu'elle est certainement due à une fréquence fondamentale), $3\,\nu_3 = 9950$ cm$^{-1}$ ; $2\,\nu_3 - \nu_2 = 5520$ cm$^{-1}$, avec $\nu_2$ de l'ordre de la valeur trouvée pour l'ion $(FHF)^-$ dans les cristaux de $KF_2H$. Si la structure F—H—F est symétrique, l'absence de $2\,\nu_3$ s'explique par les règles de sélection; par contre, il est difficile d'expliquer la valeur de $\nu_3$, car pour l'ion $(FHF)^-$ qui est

([5]) H. A. Benesi et C. P. Smyth, *J. Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 337.

symétrique, on sait que $\nu_3 = 1450 \, cm^{-1}$, avec une distance F—F = 2,26 A° contre F—F = 2,55 A° pour l'acide fluorhydrique associé. Une structure dissymétrique est donc plus probable, mais alors l'absence de $2\nu_3$ doit s'expliquer par un moment polaire nul à la distance F—H correspondant au maximum d'amplitude. Dans cette hypothèse, on devrait observer $\nu_3$ dans le spectre Raman dont l'étude est à reprendre avec une excitation plus favorable.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélations angulaires entre proton et rayon* $\gamma$ *et spins des premiers niveaux excités du lithium* 7, *du bore* 11 *et de l'oxygène* 17. Note (*) de M. **Jacques Thirion**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans l'étude des transmutations par deutons, on observe que certains groupes de protons sont émis avec une énergie inférieure à l'énergie totale disponible; le noyau résiduel est alors laissé dans un état excité; il y a ensuite désexcitation par émission d'un rayonnement $\gamma$. Ces transmutations $(d, p)$ permettent des études de corrélation angulaire $p$-$\gamma$ entre les protons d'un groupe d'énergie déterminée et les $\gamma$ associés; il est possible d'en déduire des propriétés de spin des noyaux successifs.

En particulier, si l'on observe une corrélation $p$-$\gamma$ nulle, il est possible, à une condition près, de fixer la valeur du spin du noyau émetteur $\gamma$ : ce spin sera 0 ou 1/2 suivant la parité du nombre de masse; en effet, l'émission $\gamma$ par un tel noyau est nécessairement isotrope. La condition pour que ce raisonnement soit valable est que le moment angulaire L des protons émis soit différent de zéro. Dans tous les cas où la distribution angulaire des protons par rapport à la direction des deutons incidents est asymétrique, on est en droit de conclure que L est différent de zéro (¹). Les mesures de corrélation qui vont suivre ont été faites pour des groupes de protons où l'on sait déjà que la distribution angulaire n'est pas symétrique (²).

Les expériences sont faites à l'aide des détecteurs suivants : un compteur proportionnel qui enregistre les protons en fin de parcours et un compteur à scintillations pour les $\gamma$ (cristal de tolane et photomultiplicateur 931 A). Ces détecteurs sont dans un plan perpendiculaire au faisceau de deutons. Les mesures sont faites pour le groupe de protons laissant le noyau résiduel dans le premier état excité au-dessus de l'état fondamental.

Les résultats en fonction de l'angle $\theta$ entre le compteur proportionnel et le cristal sont :

---

(*) Séance du 18 juin 1951.

(¹) C. N. Yang, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 764.

(²) R. W. Krone, S. S. Hanna et D. R. Inglis, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 335; J. Thirion, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1007; N. P. Heydenburg et D. R. Inglis, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 230.

| | Nombre de coïncidences pour $10^6$ protons. | |
|---|---|---|
| 1° $^{6}Li(dp)^{7}Li^{*}(\gamma)^{7}Li$ : | | |
| Cible isotopique | $\theta = 180°$ | $\theta = 90°$ |
| Deutons de 600 keV | $N_c = 700 \pm 40$ | $N_c = 660 \pm 40$ |
| 2° $^{10}B(dp)^{11}B^{*}(\gamma)^{11}B$ : | | |
| Cible isotopique | $\theta = 180°$ | $\theta = 90°$ |
| Deutons de 790 keV | $N_c = 630 \pm 36$ | $N_c = 630 \pm 36$ |
| 3° $^{16}O(dp)^{17}O^{*}(\gamma)^{17}O$ : | | |
| Cible KOH | $\theta = 180°$ | $\theta = 90°$ |
| Deutons de 790 keV | $N_c = 410 \pm 25$ | $N_c = 391 \pm 25$ |

Les cibles de $^{6}Li$ et $^{10}B$ ont été préparées par le Dr Allen de Harwell.

Dans les trois cas, il y a une corrélation nulle, à la précision des expériences près. On peut conclure en faveur d'un spin 1/2 pour les trois niveaux $^{7}Li^{*}$(478 keV) $^{11}B^{*}$(2,3 keV) $^{17}O^{*}$(790 keV).

Pour le niveau $^{7}Li^{*}$(478 keV), cette valeur 1/2 du spin vient appuyer les expériences de Rose et Wilson (3) sur la corrélation $\alpha$-$\gamma$ de $^{10}B(n\alpha)^{7}Li^{*}(\gamma)^{7}Li$. D'autres expériences sur le niveau correspondant de $^{7}Be$, noyau image de $^{7}Li$, donnent un résultat semblable et seront publiées prochainement. L'ensemble de ces mesures concorde avec l'interprétation des deux niveaux, fondamental et excité de 478 keV, formant un doublet $^{2}P$ (4).

Pour le niveau de $^{17}O^{*}$(790 keV), l'interprétation la plus simple est donnée par le modèle de M. G. Meyer (5) : le noyau $^{17}O$ est constitué des couches $s$ et $p$ complètes, puis d'un neutron; dans l'état fondamental, ce neutron occupe le niveau $d_{5/2}$, ce qui rend bien compte de la valeur 5/2 du spin pour ce niveau (6); dans l'état excité de 790 keV, ce neutron pourrait occuper le niveau $d_{3/2}$ ou le niveau $s_{1/2}(n = 2)$; ce dernier niveau serait, d'après nos expériences, situé plus bas que le niveau $d_{3/2}$. La distribution angulaire des $\gamma$ émis dans cette réaction $dp$ a été étudiée (7); elle est symétrique à 2 % près. Ce résultat confirme l'attribution de la valeur 1/2 au spin de $^{17}O^{*}$ de 790 keV.

*Remarque.* — Un processus Oppenheimer Phillips ne saurait invalider ces raisonnements. La probabilité d'un tel processus serait la même que celle de la capture du deuton en entier dans les expériences ci-dessus (8).

Une étude plus détaillée paraîtra ultérieurement.

---

(3) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 68.

(4) D. R. Inglis, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 181; Ben R. Mottelson, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 287.

(5) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 16; Rosenfeld, Conférences de Strasbourg, mai 1951.

(6) F. Adler et F. C. Yu, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 1066.

(7) J. Thirion, 1949 (non publié).

(8) H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, 2, 1937, p. 201.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement* $\gamma$ *de* $^{82}_{35}Br$. Note (*) de M. **Pierre Hubert** et Mme **Jeanne Laberrigue-Frolow**, présentée par M. Frédéric Joliot.

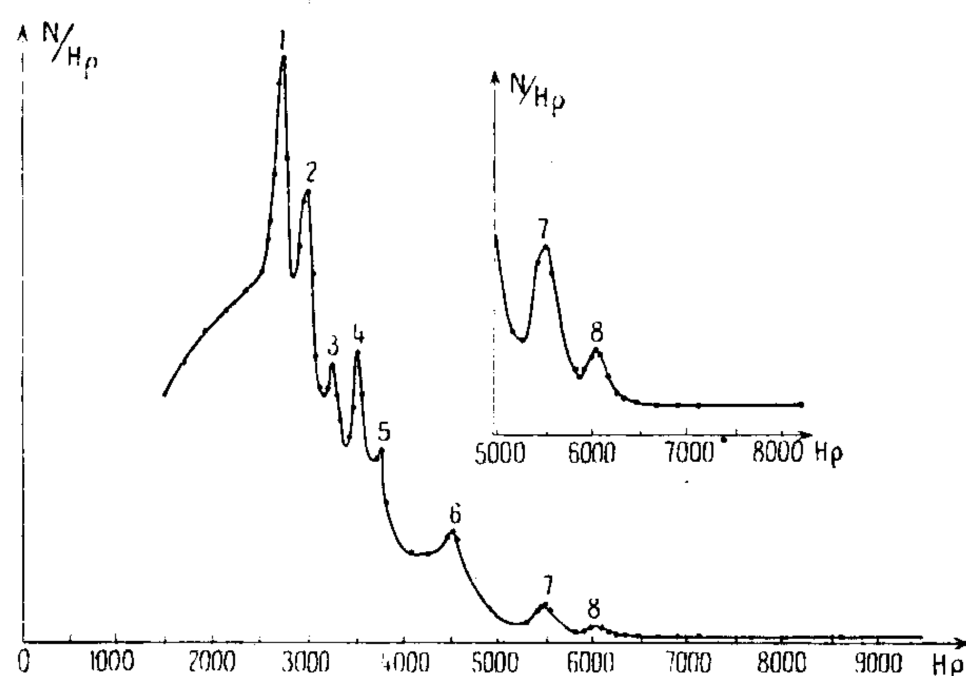
L'étude du rayonnement $\gamma$ de $^{82}_{35}Br$ a été faite à l'aide d'un spectromètre à lentille magnétique épaisse, construit par l'un d'entre nous suivant le principe défini dans une Note précédente ([1]) et dont la description détaillée paraîtra prochainement ([2]).

Dans ce travail particulier la source utilisée avait 10 mm de diamètre. Le pouvoir collecteur de l'appareil était de 2,5 % et son pouvoir de résolution théorique de 3,3 %.

L'étude a été conduite avec les dispositions habituelles pour l'étude du rayonnement $\gamma$.

La source, d'une intensité de 1 millicurie environ, était obtenue par irradiation du bromoforme par les neutrons lents du réacteur à uranium de Châtillon, suivant la méthode de Szilard et Chalmers.

Le brome, extrait sous forme de BrNa était enfermé dans une boîte de Cu de 1 mm d'épaisseur, sur le couvercle de laquelle on disposait des diffuseurs de Pb de 113 mg:cm², 56 mg:cm² et d'Au de 20 mg:cm².




Spectre photoélectrique des $\gamma$ de $^{82}_{35}Br$ (diffuseur de Pb de 56 mg : cm²).

La figure représente le spectre obtenu avec le diffuseur de Pb de 56 mg : cm². On distingue nettement huit pics, dont les sept premiers correspondent sensiblement à ceux indiqués par Siegbahn ([3]), les valeurs trouvées pour l'énergie

(*) Séance du 18 juin 1951.

([1]) P. Hubert, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1464.

([2]) P. Hubert (à paraître).

([3]) K. Siegbahn, A. Hedgran et M. Deutsch, *Phys. Rev.*, 76, 1949, n° 8, p. 1263.

étant, dans l'ensemble légèrement inférieures. Ce fait est sans doute dû à l'emploi d'un diffuseur relativement épais.

| | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numéro des pics | | | | | | | | | |
| Énergie donnée par Siegbahn (MeV) | effet photoélectrique | 0,553 | 0,613 | 0,685 | 0,772 | 0,826 | 1,045 | 1,317 | – |
| | conversion interne | 0,547 | 0,608 | 0,692 | 0,766 | 0,823 | 1,031 | 1,312 | – |
| Énergie trouvée par nous (MeV) | | 0,547 | 0,615 | 0,682 | 0,752 | 0,822 | 1,026 | 1,306 | 1,453 ± 6 keV |

Il convient de remarquer que la présence de raies de conversion sur le niveau L, que le pouvoir de résolution utilisé ne permet pas de séparer, est susceptible également de déplacer le sommet des pics. Pour ces raisons, la région de 1 500 H$\rho$ à 4 300 H$\rho$ a été étudiée assez rapidement. Par contre, la huitième raie (1 453 $\pm$ 6 keV) n'ayant pas encore été signalée et se détachant nettement à l'extrémité du spectre, nous avons pu mesurer sa hauteur et déterminer la valeur de son intensité relativement à celle de la septième raie (1 306 keV) soit

$$\frac{I_{1453\,\text{keV}}}{I_{1306\,\text{keV}}} = 0,25 \pm 0,03.$$

La décroissance des trois dernières raies a été suivie pendant 24 h et nous avons trouvé

$$T_6 = (34 \pm 1)\ \text{h}, \qquad T_7 = (35 \pm 1)\ \text{h} \qquad \text{et} \qquad T_8 = (35 \pm 1)\ \text{h}.$$

Il semble donc extrêmement probable que la nouvelle raie de 1 453 keV appartienne également au rayonnement $\gamma$ de $^{82}_{35}$Br.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur une composante pénétrante du rayonnement secondaire des mésons ordinaires*. Note (*) de M. **Roland Maze**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons déterminé la nature du rayonnement secondaire semi-pénétrant et divergent (photons de transparence) produit dans la matière par les mésons ordinaires. Par une nouvelle expérience, nous mettons en évidence une composante d'une autre nature, plus pénétrante.

Le dispositif est constitué de deux bancs de dix compteurs alternés, disposés comme l'indique la figure, des cloisons de plomb de 1 cm d'épaisseur étant placées entre chaque compteur.

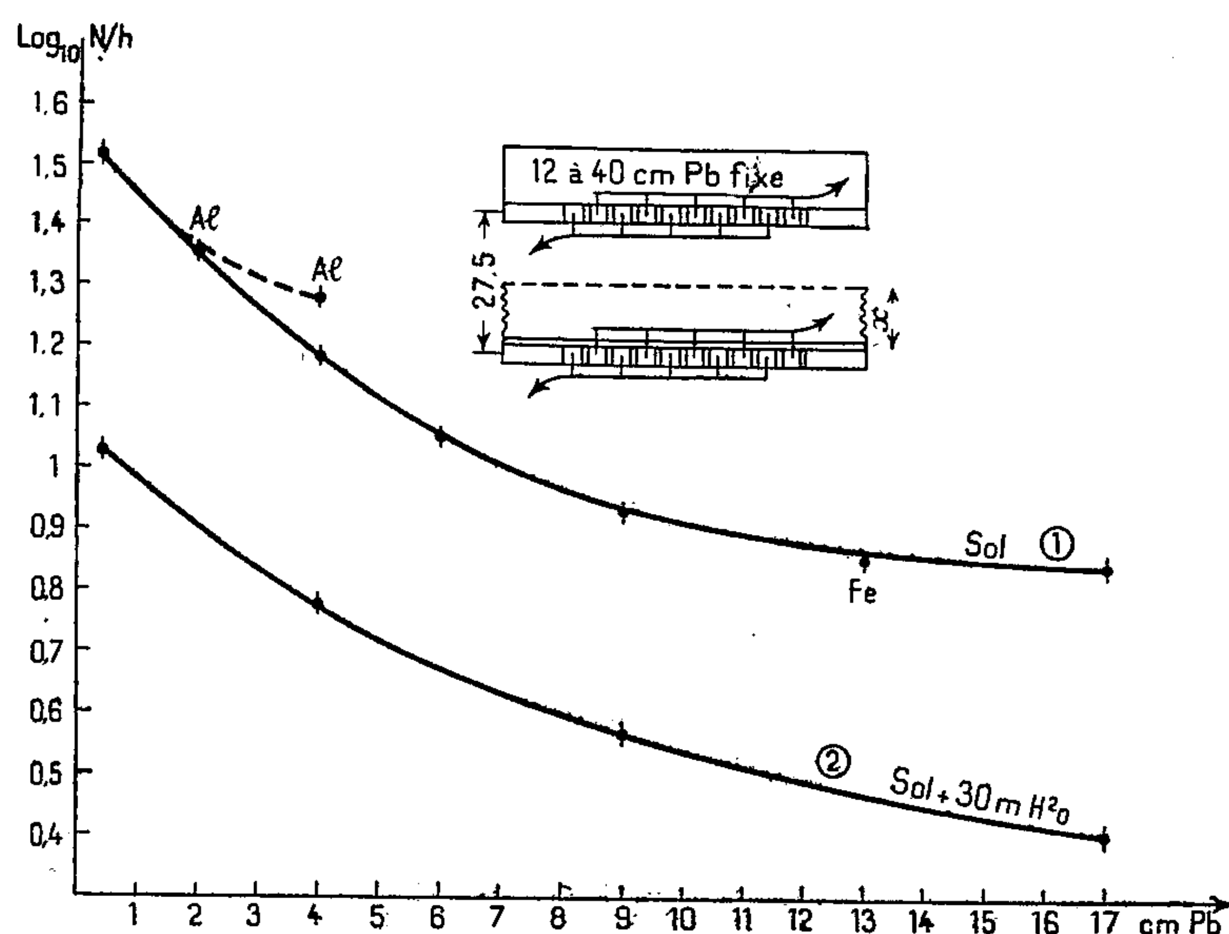
L'épaisseur de l'écran supérieur s'est révélée sans grande importance, du moins depuis 12 jusqu'à 40 cm Pb.

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) R. Maze et J. Thouvenin, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1477.

On exige par des coïncidences quadruples qu'au moins deux compteurs du haut et deux du bas soient touchés et l'on étudie essentiellement l'effet de la variation d'épaisseur de plomb intermédiaire disposé entre les bancs depuis 0,4 jusqu'à 17 cm. Le rôle des cloisons est d'éliminer une partie des effets locaux photon-électroniques (knock-on) de mésons qui peuvent se produire en même temps en haut et en bas (doubles KO) et introduire un fond constant et élevé.

La courbe 1, relevée à Paris sous deux plafonds de ciment, montre l'existence d'un spectre de particules dont le parcours moyen apparent s'étale depuis 60 jusqu'à 350 g : cm² Pb; il existe peut-être un fond constant de doubles knock-on que nous ne pouvons évaluer pour l'instant, en tout cas des particules capables de traverser plus de 10 cm de plomb sont sûrement présentes.




L'expérience a montré qu'il importait peu que le plomb intermédiaire soit placé progressivement de bas en haut, de haut en bas ou en deux moitiés, et, qu'en somme, il n'y avait pas d'effet de géométrie pouvant compliquer l'interprétation de la courbe, du moins à partir de 3 cm d'épaisseur.

L'interposition d'une épaisseur de fer équivalente en masse à 9 cm Pb, ajoutée aux quatre premiers centimètres de plomb, a montré que la composante pénétrante présentait une absorption massique, l'apparentant au groupe de particules plus lourdes que l'électron; quant à la partie molle, une absorption dans l'aluminium (rapportée en Pb équivalent) a donné un effet nettement plus faible que la loi en $Z^2$, s'opposant à la présence de

cascades de très grande énergie, nous avons sans doute ici un mélange de particules lourdes molles et de photons.

La nature du rayonnement primaire est clairement démontrée par la courbe 2 obtenue en descendant le même arrangement sous terre (30 m d'eau au-dessous du sol) à une profondeur suffisante pour éliminer la composante nucléaire de l'air. On retrouve le même effet, tous les points de la courbe 1 étant réduits d'un facteur moyen égal à 2,5 identique au facteur de réduction des effets photo-électroniques (coïncidences triples avec ou sans cloisons), sauf peut-être vers les grandes épaisseurs d'écran où une divergence apparaît.

Comme à cette profondeur on trouve cinq fois moins de mésons directs, on en déduit, d'après le spectre différentiel, que les mésons d'une énergie inférieure à $2.10^9$ représentant près de la moitié du flux (au sol) n'ont pas de contribution, que ceux compris entre 2 et $5.10^9$ ont un rôle de production notable.

Amaldi et Fidecaro ([2]) ont récemment montré que le scattering nucléaire des mésons était pratiquement nul, il s'ensuit qu'une interaction directe du méson avec le noyau peut difficilement expliquer le comptage relativement plus fréquent observé ici. Pour 21 000 mésons : h traversant les deux bancs (compteurs respectifs en parallèle), nous obtenons 1000 événements dus à des simples chocs sans cloisons (coïncidences triples, compteurs du bas en parallèle) et la fréquence de $11,2 \pm 0,3$ sur la courbe 1 à 6 cm Pb d'ordonnée.

Puisque les effets photons-électroniques et pénétrants sont liés par la même bande d'énergie des mésons incidents, il nous paraît logique de supposer la production de photomésons mis en évidence à Berkley, étant probable que le nombre et la section efficace de production augmentent dans le domaine d'énergie où nous travaillons, nettement supérieur à celui de Berkley.

Ainsi, notre flux de mésons déterminerait, dans le premier centimètre de plomb, un millier de « bursts » d'énergie variée desquels seraient émis une dizaine au moins (nous en perdons un certain nombre) de mésons $\pi$ (ignorant le nombre et l'énergie des photons incidents nous ne pouvons évaluer la section efficace).

Si nous trouvons des photomésons dans les « bursts » de mésons, ils doivent également exister en plus grand nombre dans les cacades très énergiques produites dans la matière par les particules incidentes associées de l'air (gerbes d'Auger) expliquant leur pouvoir pénétrant. En bref, nous proposons les photomésons là où il nous semblait naguère nécessaire d'introduire une particule nouvelle (méson léger $\lambda$).

---

([2]) *Helvetica Phys. Acta*, 13, 1950, p. 93.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Coefficients de diffusion thermique du* $^{32}P$ *et du* $^{35}S$ *dans le chlorure de sodium.* Note (*) de M. **Marius Chemla**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le coefficient de diffusion thermique du $^{35}S$ et du $^{32}P$ formés dans le chlorure de sodium, par irradiation avec des neutrons rapides, varie avec la température suivant la loi $D = D_0 e^{-(W/kT)}$. L'énergie d'activation est égale à 1,90 eV pour le $^{35}S$ et 3,30 pour le $^{32}P$. Les déplacements de ces ions s'effectueraient par l'intermédiaires des lacunes réticulaires négatives.

Dans une Note antérieure (1) nous avons montré que le $^{32}P$ et le $^{35}S$ produits par des neutrons rapides dans un monocristal de chlorure de sodium diffusent vers la surface à des températures voisines de 650°. La méthode expérimentale déjà décrite a permis d'établir la répartition des deux éléments radioactifs, dans une lame monocristalline, après différents temps de chauffage. Les courbes obtenues comportent une partie centrale continue obéissant aux lois de la diffusion et une brusque discontinuité correspondant à l'accumulation du soufre et du phosphore sur la surface. Cette dernière zone est extrêmement étroite et il suffit de gratter légèrement le cristal pour la faire disparaître complètement.

Nous nous sommes maintenant proposé de mesurer le coefficient de diffusion D du $^{32}P$ et du $^{35}S$ à différentes températures et de déterminer ainsi leur énergie d'activation W, en tenant compte de la relation classique $D = D_0 e^{-(W)/kT}$. Les lames monocristallines de chlorure de sodium sont maintenues dans un four électrique dont la température est réglée à ± 3° près, pendant des temps assez courts pour que l'appauvrissement en S et P n'atteigne pas le centre du cristal. Dans ce cas, tout se passe comme si le phénomène se propageait dans un milieu indéfini, et l'équation de diffusion admet une intégrale particulièrement simple :

$$\frac{C_0 - C}{C_0} = \frac{1}{\sqrt{\pi D t}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}},$$

$C_0$ étant la concentration initiale; C la concentration à l'instant $t$ à une distance $x$ de la surface.

La valeur de D est déduite en portant $\text{Log}(1 - C/C_0)$ en fonction de $x^2$ pour un temps de chauffage $t$ connu; la droite obtenue a alors une pente égale à $1/4\,Dt$.

Pour illustrer ce procédé on a représenté sur la figure 1 la distribution du $^{32}P$ après une diffusion de 2 H à 727°. La symétrie de la courbe permet d'interpréter les points expérimentaux avec plus de certitude et d'améliorer

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1553.

sensiblement la précision de la mesure; sur la figure 2, la droite exprimant $\mathrm{Log}(1 - C/C_0)$ en fonction de $x^2$ permet de déterminer D à cette température.

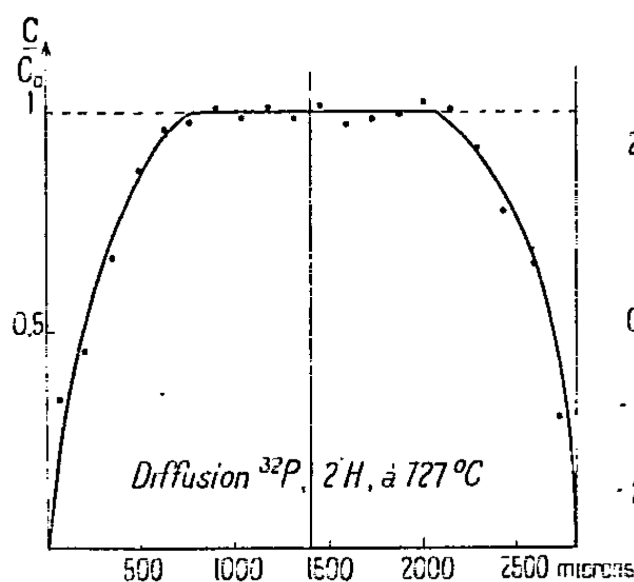



Fig. 1.

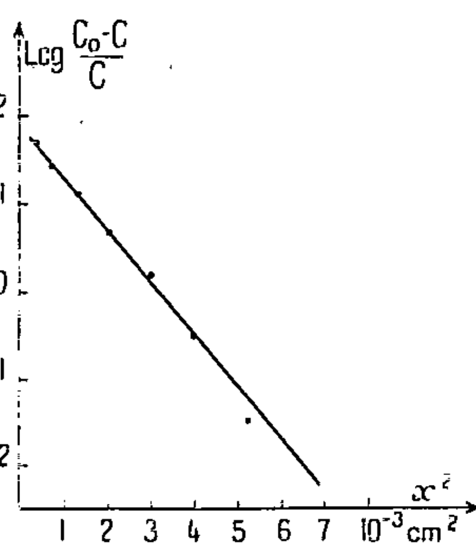



Fig. 2.

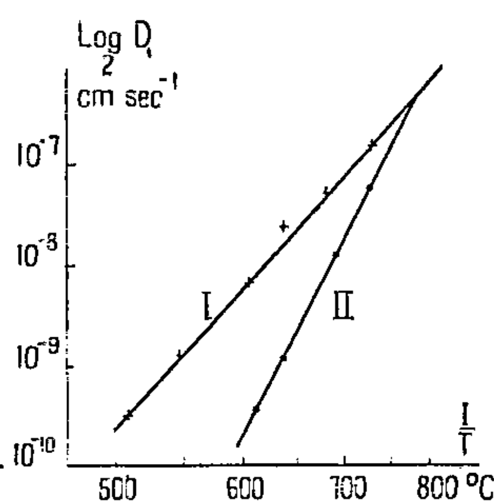



Fig. 3

I, coefficients de diffusion du $^{35}S$; II, coefficients de diffusion du $^{32}P$.

Les résultats obtenus par cette méthode pour $^{32}P$ et $^{35}S$ sont résumés dans les tableaux suivants :

| $t$ (°C). | $D_{^{35}S}$ (cm².s⁻¹). | $t$ (°C). | $D_{^{35}S}$ (cm².s⁻¹). |
|---|---|---|---|
| 510 | $2,63.10^{-10}$ | 635 | $2,45.10^{-8}$ |
| 546 | $1,18.10^{-9}$ | 680 | $5,32.10^{-8}$ |
| 605 | $6,65.10^{-9}$ | 730 | $1,53.10^{-7}$ |
| | $D_{^{32}P}$ (cm².s⁻¹). | | $D_{^{32}P}$ (cm².s⁻¹). |
| 610 | $3,8\ .10^{-10}$ | 690 | $1,27.10^{-8}$ |
| 635 | $1,16.10^{-9}$ | 727 | $5,73.10^{-8}$ |

La figure 3 exprime la variation de LogD en fonction de I/T. La pente des droites égale à $-(W/k)$ permet de déterminer W, soit 1,90 eV pour $^{35}S$ et 3,30 eV pour $^{32}P$. Si l'on admet selon Seitz ([2]) que la diffusion se fait au moyen des lacunes réticulaires, W est alors égal à la somme de deux termes,

$W = (\varepsilon'_0/2) + \varepsilon''_0$,

$\varepsilon'_0$ étant l'énergie d'activation pour la formation d'une paire de lacunes.
$\varepsilon''_0$ étant l'énergie d'activation correspondant au transfert de l'ion seulement.

En adoptant la valeur $\varepsilon'_0 = 2.20$ eV donnée par Mapother ([2]) on trouve pour $^{35}S$ et $^{32}P$, $\varepsilon''_0 = 0,8$ et 2,2 eV.

L'examen de la figure 3 suggère une remarque : la courbe I relative au soufre, suivie jusqu'à 510° demeure rectiligne, alors que Mapother ([3]) en étudiant l'autodiffusion du sodium observe un coude au voisinage de 550°. Koch

([2]) *Rev. Modern. phys.*, 18, 1946, p. 395.
([3]) *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1231.

et Wagner (¹) ont montré qu'aux basses températures le nombre des vacances positives ne décroît plus à cause de la présence dans le réseau d'impuretés constituées par des cations multivalents. Ces derniers cependant n'influent pas sur les vacances négatives dont le nombre décroît normalement. L'absence de point anguleux sur la courbe I nous fait alors penser que la diffusion du $^{32}P$ et du $^{35}S$ se fait au moyen des lacunes négatives; en d'autres termes, il semble que les éléments S et P formés à partir du chlore, occupent dans le réseau la place des ions qui leur ont donné naissance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Chromatographie inorganique sur papier. Pouvoir séparateur des solvants organiques saturant et développant.* Note de M^lles^ **Alice Lacourt, Ghislaine Sommereyns** et M. **Georges Wantier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une nouvelle méthode chromatographique de séparation des anions et cations sur papier est proposée. Elle consiste à employer un solvant organique de développement, différent de celui de saturation et conduit à d'intéressantes séparations quantitatives à l'échelle du microgramme (Bo d'avec Si, Mo; Ur d'avec Fe, Al).

Il est admis que l'allure d'un chromatogramme (organique ou inorganique) dépend de la nature de l'élément adsorbé, du support, du solvant et des conditions de saturation de l'enceinte où se fait le développement.

Bien que l'on prenne beaucoup de soins pour obtenir une saturation parfaite, au moment de l'introduction du papier, celle-ci est perturbée (¹).

Le chromatogramme des éléments inorganiques, obtenu très rapidement, se fait donc malgré le déséquilibre entre la phase vapeur de l'enceinte et la phase liquide du développement.

Le développement des éléments inorganiques par les solvants organiques conduit cependant à des A/C et B/C servant de base à la caractérisation et à la détermination quantitative des anions et cations (²).

Voulant accentuer, dans le présent travail, le déséquilibre entre la phase vapeur et la phase liquide, le chromatogramme a été développé par un solvant, l'enceinte étant saturée par un solvant différent.

Les chromatogrammes réalisés dans de telles conditions sont parfaitement reproductibles dans une même expérience.

---

(¹) *Z. Physik. Chemie*, B, **38**, 1937, p. 295.

(¹) P. B. Baker et autres, *The Analyst*, 75, 1950, p. 651.

(²) A. Lacourt, Gh. Sommereyns et autres, *Nature*, **163**, 1949, p. 999; *ibid.*, 165, 1950, p. 225; *Mikrochemie*, **36** et **37**, 1951, p. 117 et 312. La signification des A/C, B/C se trouve dans ces Mémoires.

*Saturant* ([3]) : 2-butanone + HCl 5 % (vol. conc.).
*Développant* : acétone + HCl 5 % (vol. conc.).

Bore (10γ).

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A/C.... | 0,52 | 0,49 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,47 | 0,50 | 0,50 | 0,57 | 0,54 | 0,56 | 0,53 |
| B/C..... | 0,75 | 0,75 | 0,74 | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,75 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,77 |

*Saturant* ([3]) : benzène.
*Développant* : acétone + HCl 5 % (vol. conc.).

Uranium (50γ).

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A/C............ | 0,18 | 0,21 | 0,19 | 0,19 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,29 |
| B/C............ | 0,34 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,35 | 0,35 | 0,44 | 0,40 |

La localisation des taches d'une cuve à l'autre et d'un moment à l'autre, dépend du nombre de jours d'utilisation de l'enceinte. Son atmosphère est en effet progressivement contaminée par évaporation du développant à partir des bandelettes de papier et des nacelles d'alimentation.

Les A/C et B/C du bore et de l'uranium, développés comme ci-dessus, varient comme suit avec le temps :

*Bore* (10γ).

| | 1er jour. | | | | 2e jour. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A/C.......................... | 0,54 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,27 | 0,27 |
| B/C.......................... | 0,77 | 0,73 | 0,73 | 0,77 | 0,77 | 0,77 |

*Uranium* (50γ).

| | 4e jour. | | | | 5e jour. | | | | 6e jour. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A/C... | 0,37 | 0,37 | 0,41 | 0,37 | 0,41 | 0,40 | 0,45 | 0,47 | 0,51 | 0,45 | 0,50 | 0,47 |
| B/C... | 0,66 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,72 | 0,75 | 0,77 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,76 |

L'utilisation quantitative des chromatogrammes obtenus dans ces conditions a été expérimentée à l'occasion de la séparation *silicate-borate-molybdate* de sodium et de celle *aluminium-uranium-fer*.

Dans 17 expériences effectuées sur 10 μg de bore (séparé de Si et Mo) on en a retrouvé après développement et élution, une moyenne de 9,88 μg (dosage spectrophotométrique au carmin) ([4]).

50 μg d'uranium séparés du fer et de l'aluminium ont été dosés polarographiquement après développement et élution ([5]). 48 μg d'uranium ont été retrouvés comme moyenne de 12 expériences.

([3]) Frais à chaque expérience.
([4]) J. T. Hatcher et L. Wilcox, *Anal. Chem.*, 22 (42), 1950, p. 567.
([5]) Kolthoff et Harris, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1484.

*Séparations obtenues en faisant varier les conditions de saturation et de développement.*

| Saturant. | Développant. | Durée (mn). | Séparations obtenues (10 γ de chacun des cations). |
|---|---|---|---|
| (Ni Cu Co Fe) : | | | |
| Acétone............. | Acétone | 60 | Ni/Cu |
| Benzène............. | Benzène | 60 | pas de migration |
| Acétone, HCl 1 %..... | Acétone, HCl 1 % | 60 | Ni/Cu, Ni/Co |
| 2-butanone........... | 2-butanone | 60 | Ni/Cu, Co/Cu |
| » ........... | Acétone, HCl 1 % | 30 | Ni/Cu, Ni/Co, Ni/Fe, Co/Cu, Co/Fe, Cu/Fe |
| » ........... | 2-butanone, HCl 5 % | 60 | Ni/Cu, Ni/Co, Ni/Fe, Co/Cu, Co/Fe |
| (U Pb Zn Cd) : | | | |
| Benzène.............. | Benzène | 50 | tous les éléments au front liquide |
| » .............. | Acide acétique, benzène 5 % | 70 | Pb/U, Zn/U, Cd/U |
| » .............. | Éthanol, benzène 10, 15, 25 % | 75 | Pb/Zn, Pb/Cd, Zn/Cd |
| 2-butanone........... | 2-butanone | 25 | tout au front liquide |
| » ........... | Méthanol | 35 | Pb/Zn, Pb/Cd, Zn/Cd |
| » ........... | 2-butanone, méthanol 50 % | 35 | Id. |
| (Fe Al Ti Cr V Mo) : | | | |
| Acétone, HCl 10 %.... | Acétone, HCl 10 % | 90 | Al/Fe, Ti/Fe, Mo/Fe |
| » » .... | 2-butanone | 40 | Id. |
| » » .... | Acétone, benzène 25 % | 45 | Al/Fe, Ti/Fe |
| » benzène 25 %. | » benzène 25 % | 40 | Al/Fe, Ti/Fe, Cr/Fe, V/Fe, Mo/Fe |
| » benzène 25 %. | » HCl 10 % | 75 | Al/Fe, Ti/Fe, V/Fe |
| Méthanol............. | Méthanol | 40 | V/Fe, V/Al, V/Ti, Mo/Fe, Mo/Al, Mo/Ti |
| Chloroforme.......... | Chloroforme | 60 | pas de déplacement |
| Chloroforme.......... | Méthanol | 45 | V/Fe, Mo/Fe, Cr/Fe, V/Al, Mo/Al, Cr/Al |
| Méthanol............. | Chloroforme | 60 | V/Fe, Mo/Fe |

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les constantes d'acidité des mercaptans.* Note (*) de MM. **Jean Maurin** et **René A. Paris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'acidité du groupement sulfhydryle en milieu hydroalcoolique a déjà fait l'objet de quelques travaux (1), (2); on peut cependant faire quelques réserves sur les résultats de ces déterminations qui reposent sur l'emploi d'électrodes (de verre ou à hydrogène) dans un milieu éminemment favorable à l'empoisonnement de ces dernières. Afin d'écarter cette cause d'erreur, nous avons repéré colorimétriquement la variation du pH au cours de la neutralisation par la soude de solutions de mercaptans dans un mélange eau-éthanol. Toute cette

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) Schwarzenbach et all., *Helv. Chim. Acta*, 15, 1932, p. 1468; 17, 1934, p. 1176; 19, 1936, p. 169.

(2) Fletcher, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2726.

étude, effectuée en milieu hydroalcoolique à 80° G. L., impliquait d'abord la détermination, au moyen de l'électrode à hydrogène, des pH d'une série de solutions tampons dans ce même milieu; sans pouvoir insister ici sur le mode opératoire, précisons simplement que nous avons transposé au milieu hydroalcoolique les conventions habituelles au milieu aqueux.

Nous avons ensuite étalonné, à l'aide de ces tampons, une série d'indicateurs colorés dichromes (rouge de méthyle, bleu de bromothymol, bleu de thymol) et monochromes (thymolphtaléine, carmin d'indigo), en nous basant sur les considérations suivantes.

L'équation d'Henderson appliquée à un indicateur dichrome considéré comme acide faible H In, s'écrit

$$\mathrm{pH} = \mathrm{pK_{In}} + \log\frac{[\mathrm{In}^-]}{[\mathrm{H\,In}]}.$$

La détermination du pH repose donc sur la connaissance du rapport $[\mathrm{In}^-]/[\mathrm{H\,In}]$; si nous considérons alors les densités optiques $d_a = \alpha[\mathrm{H\,In}]$ et $d_b = \alpha'[\mathrm{In}^-]$ correspondant respectivement aux longueurs d'onde $\lambda_a$ et $\lambda_b$ représentant les maxima d'absorption pour les formes acide ($\lambda_a$) et basique ($\lambda_b$) de l'indicateur, nous voyons que

$$\mathrm{pH} = \log d_b - \log d_a + \mathrm{const.}$$

et, pour plus de précision, nous avons étalonné chaque colorant dichrome en construisant la courbe $\log d_b - \log d_a = f(\mathrm{pH})$.

Dans le cas d'un indicateur monochrome, la thymolphtaléine par exemple, nous admettions qu'en milieu très basique, la densité optique observée correspondait à 100 % de forme ionisée, et que pour un pourcentage $x$ de forme ionisée, on devait avoir une densité optique

$$d = \frac{x \times d_{\max}}{100};$$

on pouvait ainsi, en opérant avec des quantités déterminées de solution et d'indicateur, déterminer les quantités $x$ et $100 - x$ que nous portions sur le même diagramme que précédemment, à la place de $d_a$ et $d_b$. Si la reproductibilité des résultats atteignait 0,05 pH dans le cas des indicateurs dichromes, elle ne dépassait pas 0,1 pH avec les indicateurs monochromes.

Nous avons alors suivi la variation du pH, au cours de la neutralisation par la soude, d'une série de solutions de mercaptans, en mesurant les densités optiques, sous des longueurs d'onde convenables, au moyen d'un spectrophotomètre Coleman, la solution exempte de colorant servant de référence. Des courbes ainsi obtenues, nous avons pu déduire les constantes d'acidité de ces acides faibles, valables pour le milieu hydroalcoolique considéré et qui sont indiquées dans le tableau suivant :

| | pK = — log K. |
|---|---|
| Mercaptobenzothiazole | 8,0 |
| Thiophénol | 8,3 |
| Benzylmercaptan | 11,8 |
| Éthylmercaptan | 12,0 |
| Buthylmercaptan normal | 12,4 |
| » tertiaire | 12,7 |
| Hexylmercaptan » | 13,5 |
| Octylmercaptan » | 13,5 |
| Dodecylmercaptan » | 13,8 |

Si l'on excepte le cas du mercaptobenzothiazole, qui est le plus acide et le moins oxydable, mais qui se distingue nettement des autres par son groupement sulfhydryle fixé sur un hétérocycle, on remarquera que cette classification est très semblable à celle que nous avions établie à la suite de nos études sur l'oxydation des mercaptans ([3]) et que les mercaptans les plus oxydables sont également les plus acides.

Notons enfin que ces différences d'acidité peuvent être mises à profit pour doser par thermométrie ces mercaptans dans un mélange : nous avons obtenu d'excellentes courbes de titrage pour la séparation du thiophénol et du benzylmercaptan, en présence des mercaptans plus lourds.

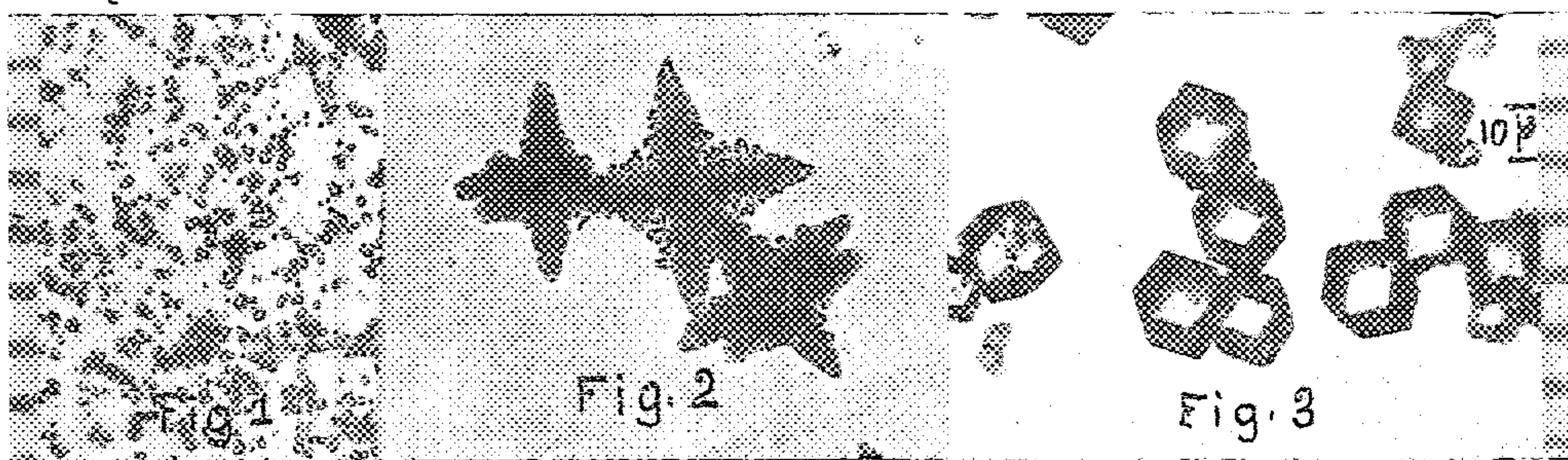
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés adsorbantes du phosphomolybdate d'ammonium.* Note (*) de MM. C. **Tourneux** et C. **Devin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons observé que le phosphomolybdate d'ammonium microcristallin $PO_4Mo_{12}O_{36}Am_3$, utilisé en analyse quantitative, adsorbe de nombreux gaz et vapeurs. Une préparation de ce corps a, pour un gaz A, un pouvoir adsorbant défini, que nous exprimons par le nombre $n_A$ de molécules adsorbées par une molécule de phosphomolybdate. Mais $n_A$ peut varier d'une préparation à l'autre entre d'assez larges limites. Ainsi, les préparations faites suivant la méthode de Woy, adsorbent de 6,0 à 6,3 $H_2O$ par molécule, dans l'air humide, à 20°. Mais, $n_A$ peut être abaissé jusqu'à 4 $H_2O$ ou élevé jusqu'à 8 $H_2O$, selon que les lots de cristaux ont été préparés avec des réactifs plus dilués, mélangés très lentement, ou, au contraire, en mélangeant rapidement des réactifs plus concentrés. Ce dernier mode opératoire donne des microcristaux de très petites dimensions, 1 μ environ (*fig.* 1). Par la méthode de Woy, on obtient des assemblages étoilés, très fragiles, de ces cristallites (*fig.* 2). Les cristaux dont nous avons étudié les pouvoirs adsorbants

([3]) J. Maurin et R. Paris, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1297.

(*) Séance du 18 juin 1951.

pour des corps divers, sont des dodécaèdres rhomboïdaux, parfaitement réguliers et transparents, dont l'arête est en général voisine de 10 μ (*fig.* 3). Nous les obtenons avec ces caractères morphologiques constants, en formant toujours les précipités dans les mêmes conditions, bien définies, de température (ébullition), d'agitation mécanique, de dilution des solutions, de durée d'addition (1 h 30 mn) du réactif précipitant (acide nitrique).




Ces caractères ne sont pas modifiés par le traitement prolongé à 180°, nécessaire pour éliminer les corps adsorbés ou interposés, provenant des eaux-mères ou des liquides de lavage. L'eau que ces préparations de phosphomolybdate adsorbent dans l'air humide à 20°, est rapidement éliminée à 100° et reprise exactement quand les cristaux déshydratés sont replacés dans la même atmosphère humide à 20°; et ces traitements n'altèrent ni leur forme ni leur transparence. Cependant, malgré les précautions prises, le pouvoir adsorbant des différentes préparations reste un peu variable ($5 \pm 0,15$) pour l'eau, dans l'air humide à 20° d'un vase clos, contenant un peu d'eau liquide (à 10-12°), pour éviter tout risque de dépôt de rosée sur l'adsorbant. Mais, si les pouvoirs adsorbants pour l'eau de deux lots de cristaux sont un peu différents ($n_E$ et $n'_E$), ils diffèrent aussi pour un autre gaz ou vapeur A, et nous avons constaté que la relation $n_A/n_E = n'_A/n'_E$ est toujours vérifiée à moins de 1/100. Une comparaison plus précise des pouvoirs adsorbants du phosphomolybdate pour divers corps est donc possible en les définissant par la relation $\nu_A = 5(n_A/n_E)$. Ils expriment ainsi le nombre de molécules adsorbées par une préparation de phosphomolybdate dont le pouvoir adsorbant pour l'eau est 5,0. L'adsorption des vapeurs a été déterminée dans les conditions indiquées plus haut pour l'eau. Quant aux gaz, ils étaient à la pression extérieure et à 20°.

Les résultats relatifs à divers composés du carbone sont coordonnés dans le diagramme (*fig.* 4) avec le nombre *n* d'atomes C dans la molécule d'adsorbat.

On voit que : 1° l'adsorption des corps homologues diminue d'un terme au suivant; 2° les acides formique et acétique sont moins adsorbés que les alcools isologues; $CO_2$ et $CS_2$ moins que l'acide formique; 3° les butanols primaires (*n* et *iso*) sont également adsorbés; ils le sont plus que les isomères secondaire

et tertiaire; 4° le benzène est beaucoup plus adsorbé que le cyclohexane, et celui-ci l'est un peu plus que l'hexane *n*; 5° le coefficient d'adsorption de l'eau est particulièrement élevé.

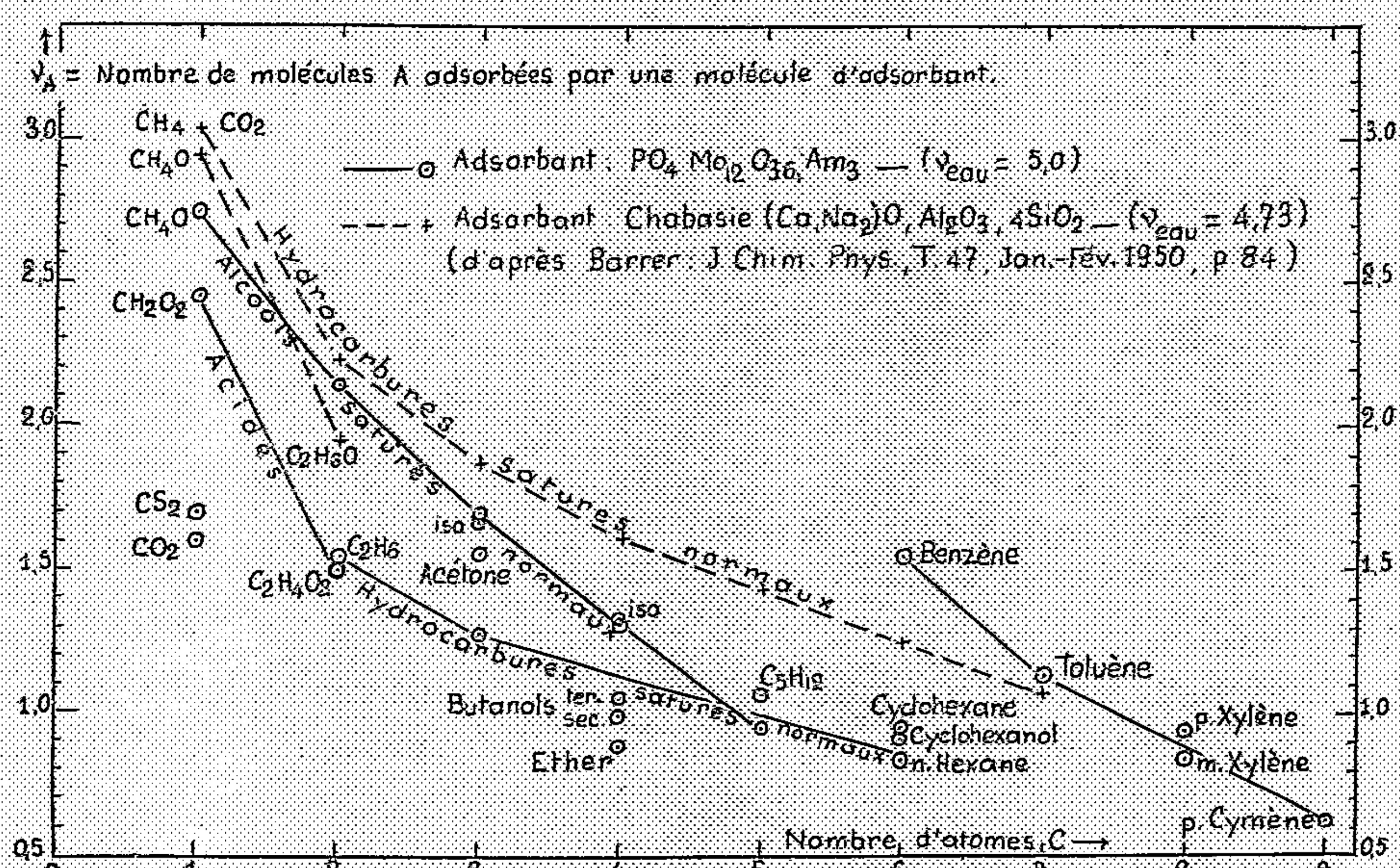


Fig. 4.

Nous avons introduit dans le diagramme les observations de Barrer sur l'adsorption en phase gazeuse des alcools méthylique et éthylique, et des premiers termes de la série des paraffines normales, par une zéolite, la chabasie, préalablement déshydratée à 450°-500°. Pour faciliter les comparaisons, les données de Barrer (centimètres cubes de gaz (N.T.P.)/grammes d'adsorbant) ont été converties en nombres de molécules d'adsorbat par molécule de chabasie, en admettant pour ce minéral anhydre, la composition $(Ca, Na_2)O$, $Al_2O_3$, $4SiO_2$ et le poids moléculaire moyen 400. Malgré la différence des adsorbants, les lois de variation de l'adsorption dans les séries d'homologues, sont analogues. Les pouvoirs adsorbants pour les alcools et l'eau, de la chabasie étudiée par Barrer, et de nos préparations de phosphomolybdate sont peu différents (4,73 et 5,0 pour l'eau).

Des commentaires de ces faits et de nouvelles observations seront exposés ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du* pH *sur l'équilibre des complexes cuivriques de la l-leucine*. Note de M. **Pierre Bretton**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étude, à différents pH, par la méthode des variations continues, des mélanges $SO_4Cu$, *l*-leucine à force ionique constante. Mise en évidence, par des mesures électrométriques et spectrophotométriques, de complexes contenant un ion $Cu^{++}$ et un groupement *l*-leucine, de constante apparente $pk'' = 2,89$ à pH 5,00 et 3,13 à pH 5,60

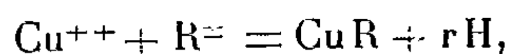
Dans une étude électrométrique des solutions contenant $x$ cm³ $SO_4Cu$ *a* dans $SO_4K_2$, $c + (1-x)$ cm³ *l*-leucine, a dans $SO_4K_2$, *c*, nous avons mis en évidence, à pH 4,50, en appliquant la méthode des variations continues de P. Job (¹), l'existence de complexes constitué par un atome de cuivre et une molécule de *l*-leucine et de constante apparente d'équilibre $pk'' = 2,80$ (²).

Une étude analogue à pH 5,00 et 5,60 a permis, par le tracé des courbes $y = \varphi(x)$ où $y$ est la concentration du complexe formé $CuR_m$, de déterminer $m$ dans les deux cas par la relation

$$m = \frac{1 - x_M}{x_M}, \qquad (1)$$

$x_M$ étant la valeur de $x$ correspondant au maximum de la courbe. On voit que pour les deux pH (*fig.* 1) le maximum a lieu pour $x = 0,5$, ce qui donne $m = 1$.

Ces mêmes mesures permettent de calculer les concentrations $(Cu^{++})$ en cuivre libre restant en solution, $(R^{\pm})$ en *l*-leucine non combinée et $(CuR)$ en complexe formé. L'équilibre étant de la forme



$$Cu^{++} + R^{\pm} = CuR + rH,$$

il est possible de calculer pour chaque valeur de $x$ la constante apparente $k''$ correspondant à chaque pH. On a

$$\frac{(Cu^{++})(R^{\pm})}{(CuR)} = k'' \quad (^3).$$

Le tableau ci-après donne les valeurs de $pk''$ calculées pour ces deux pH.

(¹) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113; (11), 6, 1936, p. 97.

(²) Mlle M. Quintin et M. P. Bretton, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1210.

(³) [ ] représentant les activités, la constante vraie d'équilibre serait

$$k = \frac{[Cu^{++}][R\pm]}{[CuR][H^+]^r} \qquad \text{avec} \quad [A] = (A)f_A,$$

$f_A$ étant le coefficient d'activité de A, variable avec la force ionique $\mu$ de la solution. On a donc $k'' = k f_{CuR}[H^+]^r / f_{R\pm} f_{Cu^{++}}$. $\mu$ étant constante, $k''$ est constante pour un pH déterminé.

On voit que pour chacun d'eux, elles sont sensiblement constantes, aux erreurs d'expérience près.

| $x$. | 0,1. | 0,2. | 0,3. | 0,4. | 0,5. | 0,6. | 0,7. | 0,8. | 0,9. | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pk''$ (pH 5,00)... | 2,87 | 3,02 | 2,91 | 2,85 | 2,82 | 2,81 | 2,87 | 2,93 | 2,99 | 2,89±0,05 |
| $pk''$ (pH 5,60)... | (3,38) | 3,16 | 3,15 | 3,10 | 3,09 | 3,14 | 3,14 | (3,49) | | 3,13±0,02 |

J'ai pu confirmer ces résultats par des mesures spectrophotométriques en mesurant au spectrophotomètre Beckman, à la température ambiante (20° ± 1), les densités optiques Δ de solutions contenant $x$ cm³ $SO_4Cu$, a dans

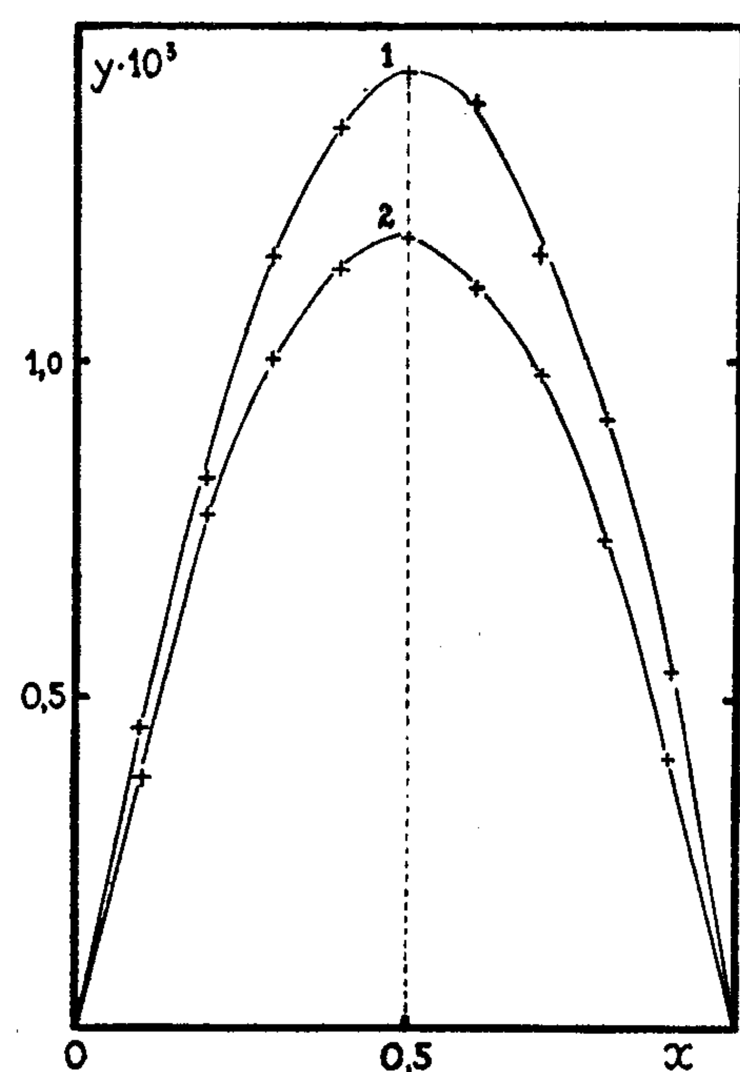



Fig. 1.

1, pH = 5,60. 2, pH = 5,00.

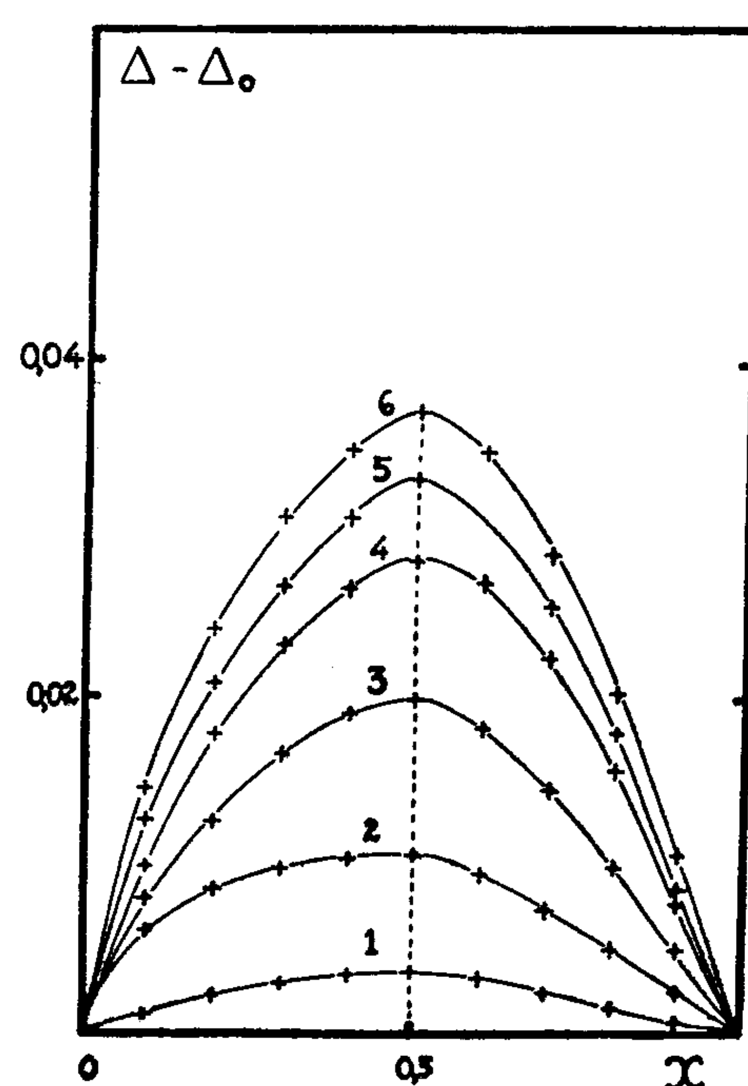



Fig. 2.

1, λ = 9000 Å. 4, λ = 7600 Å.
2, λ = 5600 Å. 5, λ = 7400 Å.
3, λ = 8000 Å. 6, λ = 7000 Å.

$SO_4K_2$, $c + (1 - x)$ cm³ *l*-leucine, a dans $SO_4K_2$, $c$. Si $\varepsilon_0$, $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, ..., $\varepsilon_p$, ..., $\varepsilon_m$ sont les coefficients d'extinction moléculaire de $Cu^{++}$, CuR, $CuR_2$, ..., $CuR_p$, ..., $CuR_m$, on mesure

$$\Delta = \varepsilon_0(Cu^{++}) + \varepsilon_1(CuR) + \varepsilon_2(CuR_2) + \ldots + \varepsilon_p(CuR_p) + \ldots + \varepsilon_m(CuR_m).$$

Si l'on pose $\Delta_0 = \varepsilon_0 ax$, comme

$$ax = (Cu^{++}) + (CuR) + (CuR_2) + \ldots + (CuR_p) + \ldots + (CuR_m),$$

on a

$$\Delta - \Delta_0 = (\varepsilon_1 - \varepsilon_0)(CuR) + (\varepsilon_2 - \varepsilon_0)(CuR_2) + \ldots + (\varepsilon_p - \varepsilon_0)(CuR_p) + \ldots + (\varepsilon_m - \varepsilon_0)(CuR_m).$$

S'il existe, soit une zone de pH dans laquelle un des complexes prédomine, soit une longueur d'onde pour laquelle toutes les quantités $(\varepsilon - \varepsilon_0)$ soient voisines de zéro, sauf une ($\varepsilon_p - \varepsilon_0$ par exemple), la quantité $\Delta - \Delta_0$ sera maximum ou minimum en fonction de $x$ en même temps que $(\mathrm{Cu R}_p)$. L'abscisse de ce maximum donne donc $m$ comme précédemment, par la relation (1).

Négligeable à pH = 3,17, la quantité de complexe formé augmente avec le pH mais dans toute la zone de pH exploré, jusqu'à 5,60, le complexe est toujours CuR, le maximum des courbes $\Delta - \Delta_0 = \varphi(x)$ se situant à 0,5 quelle que soit la longueur d'onde utilisée. La figure 2 montre par exemple ces courbes à pH 5,00. Ces résultats confirment donc parfaitement les mesures électrométriques.

Cette étude permet donc de supposer la présence, de pH 3 à pH 5,60, de complexe cuivrique de la *l*-leucine, constitué par un groupement acide aminé et un ion $Cu^{++}$ et dont la constante apparente d'équilibre est $pk'' = 2,80$ à pH 4,50; $pk'' = 2,89$ à pH 5,00; $pk'' = 3,13$ à pH 5,60. Une Note ultérieure précisera la valence de ce ou ces complexes et sa ou leurs constantes d'équilibre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la tension de surface du liquide sur l'effet de mouillage.* Note (*) de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. Pierre Chevenard.

1. « L'effet de mouillage » consiste en ce que la présence d'un liquide mouillant affecte la résistance à la rupture d'un corps solide [1]. La plupart des liquides donnent une diminution de la résistance (effet négatif), mais d'autres causent une augmentation (effet positif). En mettant à profit la micromachine *Chevenard* (essais de flexion), l'eau a donné une diminution de 23 % pour le verre à glaces; le pétrole a causé une augmentation de 27 % pour l'acier trempé.

L'effet négatif produit par l'eau était plus prononcé que celui produit par l'éthanol. Il était donc intéressant d'examiner des liquides à tension superficielle différente, et aussi des corps moins durs que le verre ou l'acier trempé.

2. On a eu recours, tout d'abord, à des échantillons d'un *sucre* blanc bien raffiné (sucre I). Les liquides employés ont été soigneusement saturés de sucre. Leurs tensions superficielles ont été déterminées par une méthode d'ascension.

La figure 1 (ordonnée : résistance à la rupture par flexion, rapportée à la résistance à l'état sec), se rapporte au sucre I. Les points observés se rappro-

---

(*) Séance du 11 juin 1951.

[1] C. Benedicks et G. Ruben, *Jernkontorets Annaler*, 129, 1945, p. 37; C. Benedicks, *Rev. Mét.*, 45, 1948, p. 9; *Rev. Mét.* 46, 1949, p. 291.

chent d'une ligne droite, passant par le point 100 (substance sèche) et le point de la solution aqueuse saturée.

L'effet de mouillage implique donc un *effet négatif, qui est sensiblement proportionnel à la tension superficielle du liquide* pour les liquides « normaux » examinés.

Les déterminations se rapportant au sucre II (jaunâtre moins raffiné, donnent une ligne droite semblable. Ce qui est intéressant ici, c'est l'apparition également d'un *effet positif*, causé par une solution saturée de NaOH (et de sucre) et par des huiles grasses (huile de ricin et huile d'horlogerie).

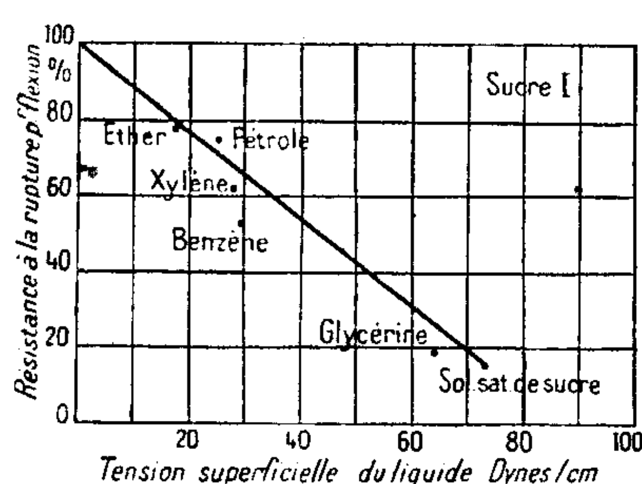



Fig. 1.

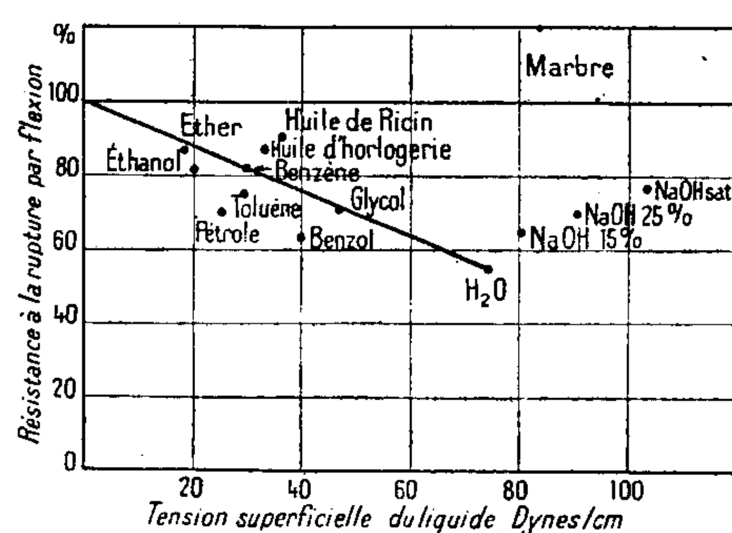



Fig. 2.

L'effet positif pourra être relié à l'interprétation bien connue d'un lubrifiant, formant sur le solide une couche adsorbée mono-moléculaire. Les molécules allongées et parallèles, perpendiculaires à la surface, seront soumises à une attraction transversale, qui doit s'ajouter à la tension superficielle. Ceci explique l'augmentation de la résistance à la rupture observée (²).

Pour le *gypse* (*plâtre*) on a également obtenu une ligne droite analogue à celle de la figure 1. Ici, les huiles grasses ne causent pas d'effet positif.

Le *marbre* blanc (*fig.* 2) a donné une droite analogue à la figure 1, mais on voit que les solutions NaOH donnent un renforcement appréciable; les huiles grasses n'exercent pas beaucoup de renforcement.

Les essais antérieurs (verre, acier trempé) ont été également analysés, en considérant les liquides employés dont les tensions superficielles étaient connues : le fait que ces liquides n'ont pas été saturés par les corps solides ne pourra guère influencer, la solubilité du verre et de l'acier trempé étant minime.

Quant au *verre*, les observations donnent également une droite négative (moins inclinée que dans la figure 2). Un effet positif considérable est exercé par l'huile de goudron (tension superficielle non déterminée, renforcement 30 %), et par le pétrole.

---

(²) Le fait qu'une telle couche mono-moléculaire possède une *rigidité* considérable a été relevé par H. Devaux (p. 45) et P. Woog (p. 130) dans le *Symposium Devaux* (*Actualités sci. et ind.*, n° 932, Paris, 1942).

La figure 3 se rapporte à l'*acier* trempé (C 0,75, Si 0,31, Mn 0,43 %). Les points relatifs à l'éthanol, à l'octanol, au $CCl_4$ et à l'eau sont situés très près d'une ligne droite. L'huile de goudron et le pétrole, également ici, causent un renforcement très considérable.

3. On vient de voir que l'inclinaison des lignes droites est nettement différente avec la dureté des corps. Pour les comparer, on a déterminé, dans les diagrammes de la figure 1, etc. la *diminution proportionnelle* de la résistance

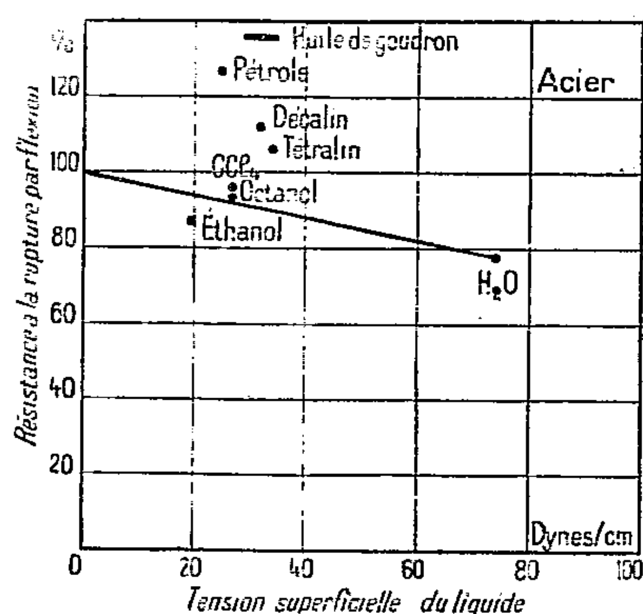



Fig. 3.

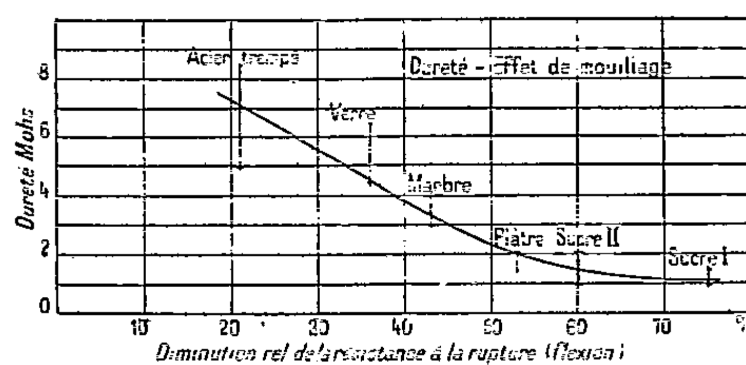



Fig. 4.

à la rupture qui correspond à la même abscisse (70 dynes : cm). Ces valeurs des inclinaisons ont été portées comme abscisses dans la figure 4; les ordonnées sont les valeurs (limites) de la dureté Mohs des différentes substances.

Ce diagramme permet de tracer une courbe continue, qui fait voir que l'inclinaison, c'est-à-dire la diminution relative de la résistance à la rupture, est une *caractéristique des corps déterminés*.

*Conclusion.* — 1. L'effet de mouillage négatif d'un corps solide donné est une fonction linéaire de la tension superficielle du liquide (normal) saturé.

2. La diminution relative de la résistance à la rupture de divers corps solides est une caractéristique de ces corps.

ÉLECTROCHIMIE. — *Calcul de la variation d'entropie relative à la transformation* $Zn \rightarrow Zn^{++} + 2\theta$. Note de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On rend compte des résultats des mesures d'effet de température relatifs à la transformation de l'atome de zinc en ion électrolytique. On calcule la variation d'entropie de la réaction $Zn \rightarrow Zn^{++} + 2\theta$; la valeur trouvée est — 47 cal : mol-g : degré. Indépendante de la concentration des almagames de zinc constituant les électrodes, même valeur également quand l'électrode est en zinc pur.

Dans le cadre d'une recherche d'ensemble sur les effets de température des

demi-piles, on a appliqué une méthode de détermination déjà décrite au cas du zinc [1].

Rappelons brièvement que l'on constitue une pile (l'électrolyte étant un sel de zinc), avec deux électrodes de zinc ou d'amalgame de zinc semblables, maintenues à deux températures différentes et reliées entre elles par un pont à robinet. On constate l'existence d'une force électromotrice E, dépendant de la température.

Cette force électromotrice E dépend du potentiel de jonction liquide entre les deux solutions, mais on a montré que l'addition à l'électrolyte de sels neutres tels que $SO_4Na_2$, $SO_4K_2$, NaCl, ou d'acides ($SO_4H_2$ par exemple), en maintenant l'activité des ions ($Zn^{++}$) constante, faisait varier l'effet de température de jonction, en l'annulant pour une valeur de la concentration de l'anion qui correspond à un point à tangente horizontale de la courbe

$$\frac{dE}{dT} = f(\bar{A})$$

($\bar{A}$) symbolisant la concentration en anion de la solution. En ce point $dE/dT$ représente donc l'effet de température vrai de la demi-pile.

Les mesures dans le cas du zinc se sont révélées assez délicates, ce métal étant très oxydable.

On a opéré sous azote, sans toutefois pouvoir empêcher dans tous les cas, une certaine oxydation du métal, surtout quand on opère avec des amalgames et en solution diluée.

Les résultats obtenus montrent que :

1° L'effet de température passe par un minimum quand on ajoute un sel neutre aux solutions de sulfate de zinc, en maintenant constante l'activité des ions $Zn^{++}$;

2° ainsi que le prévoit la théorie, les valeurs du coefficient de température qui correspondent à ces minima se rangent, en fonction de $\log[Zn^{++}]$ sur une droite de pente $R/2F$;

3° le calcul de l'entropie de la réaction $Zn \rightleftharpoons Z_n^{++} + 2\theta$ se déduit immédiatement de la valeur de l'effet de température par l'équation

$$\Delta S = -nF\gamma$$

et l'on trouve pour une solution d'activité 1 en ions $Zn^{++}$

$$\gamma = 10^{-3}\ \text{V : degré} \qquad \Delta S = -47\ \text{cal : degré}$$

le signe — indiquant que l'entropie diminue quand le métal s'ionise.

4° Enfin les mesures ont été faites avec des électrodes constituées par des amalgames de différentes teneurs en zinc.

(1) M. Bonnemay, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 176; M. Bonnemay et A. Finkelstein, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 459; M. Bonnemay et J. Fairbank, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 152.

On observe bien que l'activité du zinc dans l'amalgame change avec sa concentration, mais par contre aucune variation n'apparaît sur l'effet de température ainsi que le montre le tableau suivant :

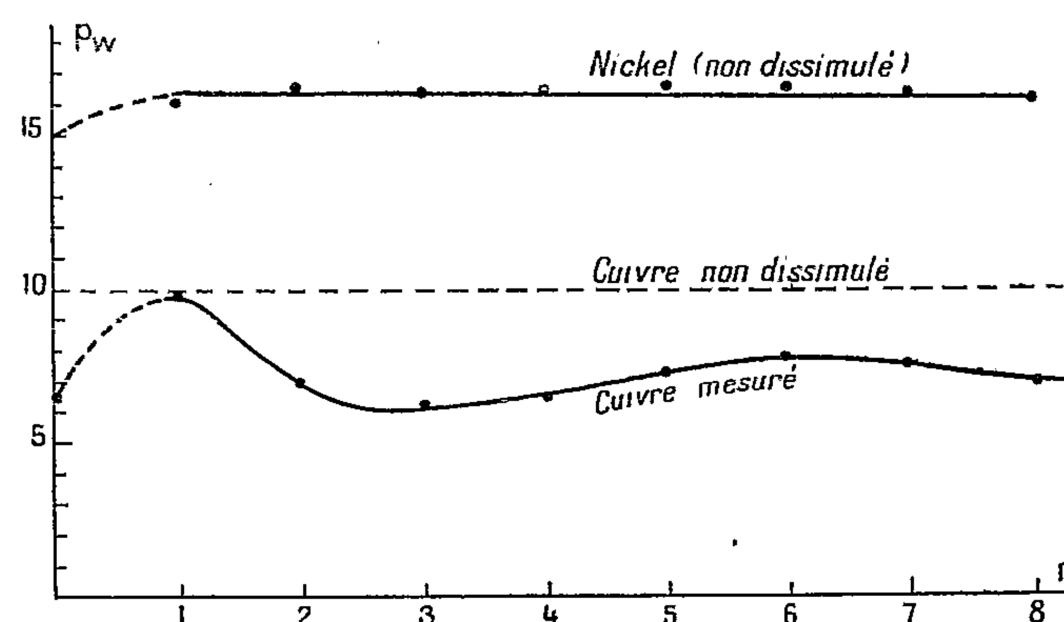
| Concentration de l'amalgame (%). | |
|---|---|
| 2,5 | $10^{-3}$ V : degré |
| 5 | » |
| 6 | » |
| 10 | » |
| Zinc pur | » |

l'effet de température ne dépend pas de l'activité du zinc dans les amalgames.

5° Enfin dans le domaine de température étudié, l'effet de température ne dépend pas de la température.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude magnétique des sels de cuivre et de nickel des diacides normaux.* Note (*) de M. **Jean Ploquin** et M^me **Christiane Vergneau**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude magnétique des alcanoates de cuivre [1] et de nickel [2] a montré que dans ces sels le cuivre était partiellement dissimulé ($p_W = 7$ au lieu de 10), tandis que le nickel ne l'était pas. Nous avons étudié la série des sels de cuivre et de nickel des diacides saturés normaux, de $n = 0$ à $n = 8$ : $CO_2H-(CH_2)_n-CO^2H$.




Si, comme l'ont montré Amiel, Ploquin et Dixmier [3], la dissimulation magnétique est reliée à une trop faible différence entre le $pK_A$ de l'acide et

(*) Séance du 18 juin 1951.

(1) Amiel, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1097; *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 251.

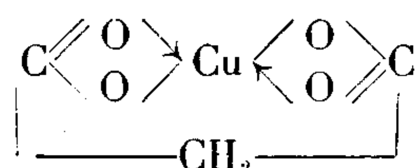
(2) Dixmier, *Diplômes d'Études supérieures*, Poitiers, 1950 et Amiel et Dixmier, *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 415.

(3) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2097.

le $pH_P$ de précipitation de l'hydroxyde métallique correspondant, on doit s'attendre encore à une dissimulation magnétique partielle du cuivre et non à celle du nickel.

Les résultats expérimentaux confirment bien ce point de vue. Toutefois les oxalates ne suivent pas la règle générale et doivent être mis à part, tout comme les formiates dans la série des monoacides.

Les malonates de cuivre se singularisent également : ils sont tous hydratés et l'eau y est particulièrement stable; nous n'avons pu obtenir le malonate anhydre et il n'en est pas signalé dans la littérature. Faut-il rattacher leur comportement particulier à ce fait ou à ce que la chaîne moléculaire ne peut pas se replier autant que l'exigerait la formule




Pour les autres sels on devrait observer une dissimulation du cuivre uniforme dans la série puisque, pour les acides correspondants, $pK_A - pH_P$ est sensiblement constant. Or elle passe par un maximum au voisinage de $n = 3$ (minimum de $p_W$) puis par un minimum et ne demeure qu'ensuite sensiblement constante.

Dans ce cas particulier, la stabilité du complexe non électrolyte dépend en effet de la possibilité de relier les deux carbones des fonctions acides par une chaîne polyméthylénique. Cette liaison peut s'établir le plus aisément pour le glutarate; pour les autres sels elle impose des modifications des angles de valence des carbones tétraédriques. Ces contraintes varient suivant une loi qui permet d'expliquer les variations de la dissimulation paramagnétique du cuivre en fonction du nombre de carbones de l'acide.

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Principe de microfractionnement par partage entre deux phases liquides agissant simultanément au sein d'une feuille de papier.* Note de MM. **Raymond Allouf** et **Michel Macheboeuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Carter a proposé (1) d'utiliser pour la microchromatographie un système à deux phases liquides agissant simultanément sur le papier où sont déposées préalablement les substances étudiées. En essayant d'appliquer ce principe, nos résultats présentèrent des contradictions avec les affirmations de Carter. Un travail systématique nous amena à des conclusions différentes de celles de cet auteur et permit de dégager un principe nouveau de *microfractionnement par contre-courant* qui peut avoir de l'intérêt.

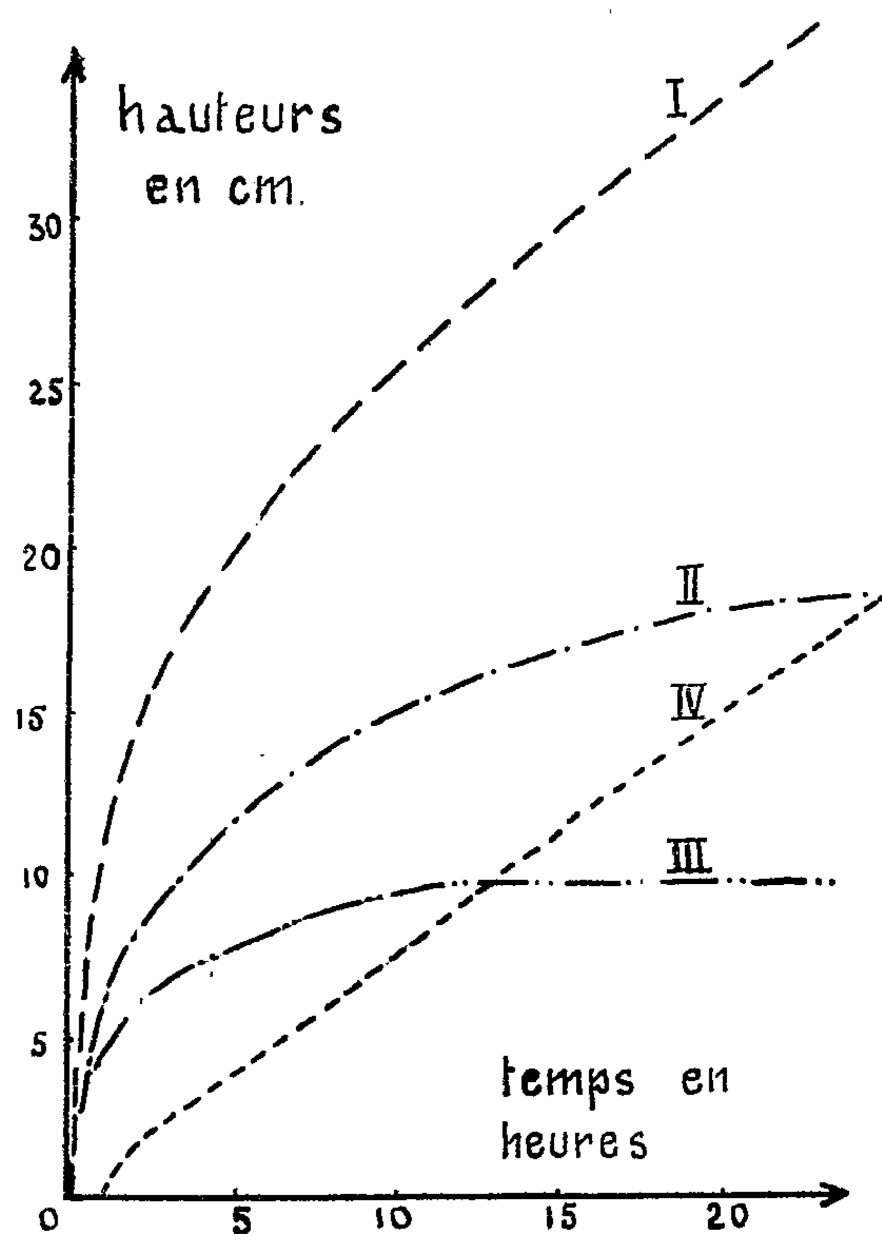
(1) C. E. Carter, *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 1466.

Nous avons utilisé les phases suivantes :

*Phase aqueuse* : tampon de phosphates M/15 de pH 5,3.

*Phase organique* : alcool isoamylique, chacune des phases étant saturée par l'autre grâce à une agitation préalable de leur mélange.

La partie inférieure d'une feuille de papier filtre (Durieux 122) est trempée dans une couche de l'une des phases ou bien dans un système constitué par les deux phases superposées. On observe dans tous les cas l'ascension de liquide par imbibition. Dans le cas du système diphasique on perçoit tout d'abord une frontière ascendante unique, mais après un certain temps, avec un éclairage convenable, on voit s'élever une deuxième frontière qui correspond à la limite atteinte par la phase aqueuse. (Carter ne remarqua pas l'existence de deux zones différentes et ceci explique certaines des conclusions erronées de cet auteur.)




I. Phase aqueuse seule. — II. Phase organique seule.
Système diphasique { III. Front de l'alcool. IV. Front de l'eau.

Les courbes ci-dessus représentent les variations en fonction du temps des altitudes des frontières au-dessus de la phase supérieure du liquide dans lequel plonge le papier, l'épaisseur des phases traversées par la partie inférieure du papier étant 1,2 cm.

Lorsque les deux phases agissent simultanément, on note : 1° chacune retarde l'ascension de l'autre; 2° l'ascension de la phase alcoolique tend vers une limite qui est atteinte au moment où la frontière d'eau dépasse la frontière d'alcool; 3° lorsque l'eau a dépassé l'alcool, elle continue à grimper tandis que l'alcool reste stationnaire dans le papier. On a alors un système à deux phases liquides dont une est immobile tandis que l'autre chemine en contact intime avec elle. On peut concevoir qu'une minime quantité de substance, déposée alors à la partie inférieure de la zone de phase organique stationnaire, subirait un déplacement en hauteur régi par son coefficient de partage entre les deux phases liquides. Ceci pourrait permettre des séparations portant sur de très minimes quantités de certains mélanges.

Dans le cas où le papier trempe dans le système diphasique, l'altitude atteinte par la zone d'alcool stationnaire est fonction linéaire croissante de l'épaisseur de la couche de phase organique traversée par le papier avant d'atteindre la phase aqueuse sous-jacente. L'expérimentateur est donc maître de l'étendue de la zone d'alcool stationnaire dans le papier et l'on peut facilement réaliser des opérations portant sur des cheminements assez longs.

L'interprétation de ces faits paraît la suivante : le papier touchant la couche organique surnageante s'imbibe d'alcool isoamylique qui grimpe lentement dans le papier, mais l'eau sous-jacente en contact avec l'extrémité du papier grimpe elle aussi; après un certain temps, elle atteint la surface supérieure de la couche d'alcool et coupe ainsi l'alimentation du papier en alcool. A partir de cet instant, l'eau continuant son ascension dans les capillaires remplis d'alcool en déplace une partie, ne laissant en chaque point qu'une certaine quantité d'alcool définitivement retenue par le papier.

*Exemple.* — Deux bases pyrimidiques dont les Rf sont assez voisins dans le système proposé par Carter : thymine et cytidine ont, au contraire, des Rf très distincts lorsque l'on effectue leur étude grâce au système à phase organique stationnaire dont nous donnons le principe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude calorimétrique de l'hydrolyse du trichlorure de phosphore.* Note de M. **Daniel Voigt**, présentée par M. Paul Pascal.

La réaction de $Cl_3P$ sur $OH_2$ a été étudiée en suivant l'élévation de température résultant de l'addition progressive d'eau à des solutions éthérées de $Cl_3P$. L'allure de la courbe représentative permet de distinguer l'action de chacune des molécules d'eau nécessaires à l'hydrolyse complète et rend vraisemblable la formation des composés $P(OH)Cl_2$ et $P(OH)_2Cl$.

On pourrait s'attendre à ce que l'hydrolyse partielle du trichlorure de

phosphore laisse apparaître les composés $P(OH)Cl_2$ et $P(OH)_2Cl$ par l'intermédiaire desquels l'hydrolyse complète de $Cl_3P$ conduirait à $P(OH)_3$. Or la possibilité d'obtenir un produit intermédiaire dans cette réaction n'a été signalée qu'une seule fois, par Besson (1) en 1897 qui indique que la distillation de $Cl_3P$ sur lequel on a fait agir de très faibles quantités d'eau laisse un résidu solide, jaune, paraffineux auquel l'auteur attribue la formule POCl. Quoi qu'il en soit, en faisant agir une ou deux molécules d'eau sur une molécule de $Cl_3P$, nous n'avons jamais obtenu autre chose que de l'acide phosphoreux.

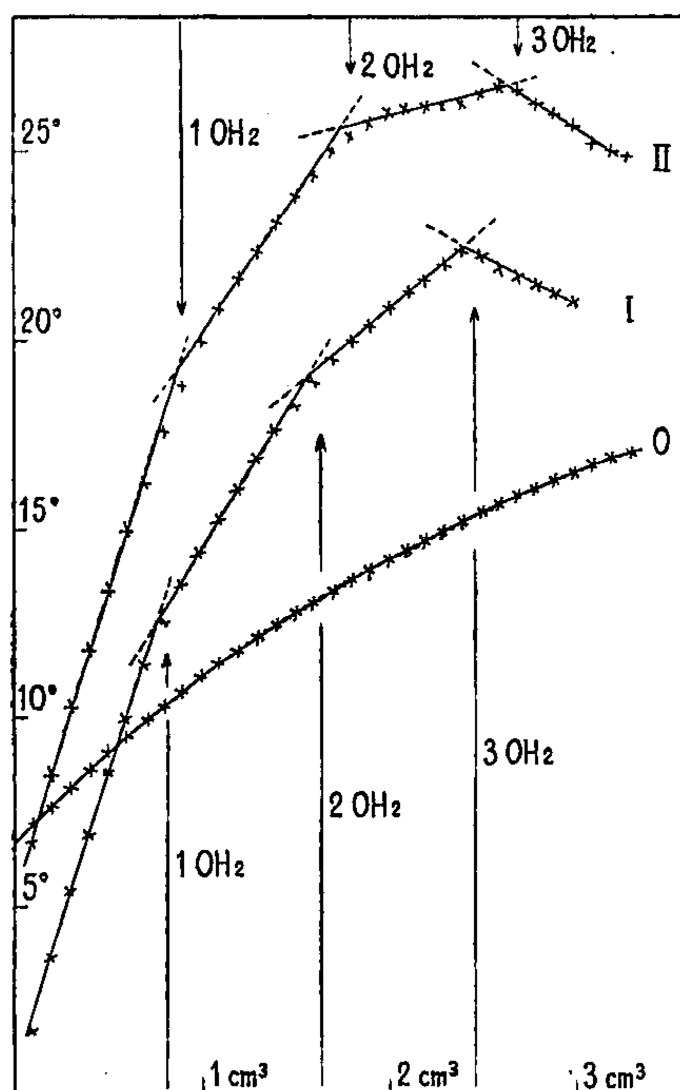
Il se peut cependant que les composés $P(OH)Cl_2$ et $P(OH)_2Cl$ soient formés à titre transitoire au cours de l'hydrolyse, et cette hypothèse a déjà été formulée en 1925 par Mitchell (2) pour expliquer le fait que le mélange de trichlorure de phosphore et d'eau en excès n'acquière qu'au bout d'une demi-heure son acidité théorique. Une telle explication de ce phénomène a été, il est vrai, mise en doute postérieurement par Blaser (3). Pour tenter de mettre en évidence l'existence des composés $P(OH)Cl_2$ et $P(OH)_2Cl$, nous avons eu l'idée de suivre l'hydrolyse de $Cl_3P$ par la mesure de ses effets thermiques. Nous avons pour cela tracé la courbe traduisant l'élévation de température d'une solution de trichlorure en fonction du volume d'eau qui lui est ajouté, dans le but de rechercher si l'allure de cette courbe se modifie après l'addition de chacune des trois molécules d'eau nécessaires à l'hydrolyse complète. On ne peut éviter au cours de cette expérience que se produisent des variations de température dont les causes sont étrangères à la réaction (mélange de liquides de température différente, agitation, etc.), mais nous nous sommes assuré que ces variations se traduisaient pour leur part par une courbe d'un tracé régulier. Une des causes principales de variation de température, la dissolution de l'acide chlorhydrique formé, a été éliminée en opérant l'hydrolyse au sein de solvants anhydres saturés de ClH et avec de l'eau saturée de ClH. Différents solvants ont été essayés, et nous avons choisi l'éther qui dissout $Cl_3P$, $PO_3H_3$ et même, dans une certaine limite, l'eau ajoutée après la fin de la réaction.

L'appareil est composé d'un vase de Dewar transparent, noyé dans le liège (sauf une fenêtre) et muni d'un couvercle débordant en amiante. Ce couvercle comporte des trous pour permettre le passage d'un agitateur mû électriquement, d'un thermomètre gradué en 1/10 de degré, d'une pointe effilée reliée à une burette graduée en 1/20 de centimètre cube et d'un tube pour l'évacuation du gaz chlorhydrique qui est en relation avec une colonne desséchante empêchant toute rentrée d'humidité. Le trichlorure de phosphore dilué dans environ 20 fois son volume d'éther anhydre est introduit dans le vase de Dewar et la solution aqueuse ajoutée par 1/10 ou 1/20 de centimètre cube à intervalles de temps fixes ; la

---

(1) *Comptes rendus*, 125, 1897, p. 771.
(2) *J. Chem. Soc. London*, 127, 1925, p. 336.
(3) *Beritchte*, 68, 1935, n° 2, p. 1670.

température est relevée régulièrement. Nous avons ainsi effectué plusieurs expériences en faisant varier entre certaines limites, la température initiale, le poids de $Cl_3P$, ou sa dilution.




Courbes I et II : variations de la température de solutions éthérées de $Cl_3P$ en fonction du volume d'eau qui leur est ajouté. Les flèches indiquent les quantités stœchiométriques d'eau correspondant aux trois étapes de la réaction d'hydrolyse.

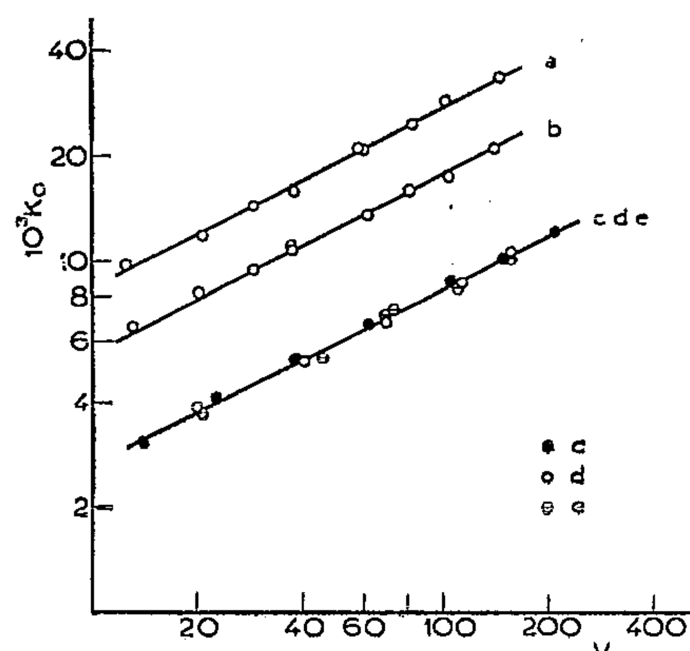
Courbe O : expérience témoin réalisée en l'absence de $Cl_3P$.

Les points figuratifs de deux de ces expériences ont été reproduits sur la figure ci-dessus. Les courbes I et II qu'ils dessinent peuvent être décomposées en quatre parties, chacune assimilable à un segment de droite. Au contraire, la courbe de référence O, obtenue dans les mêmes conditions expérimentales, mais en l'absence de trichlorure de phosphore ne présente aucun point angulaire. Il est significatif de constater que le changement de pente des courbes I et II correspond, aux erreurs d'expérience près, à l'action successive des trois molécules d'eau assurant l'hydrolyse complète de $Cl_3P$. On peut vraisemblablement conclure à l'existence, à titre transitoire des composés $P(OH)Cl_2$ et $P(OH)_2Cl$, bien que, répétons-le, ces composés n'aient pu être isolés jusqu'ici.

CHIMIE MINÉRALE. — *Vérification expérimentale de la théorie de la diffusion par courants fluides dans la dissolution physique des sels.* Note de MM. **André Chrétien** et **Maurice Davion**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'interprétation du phénomène de dissolution reste incertaine et plusieurs théories sont en présence depuis que Nernst (1904) a fait intervenir la diffusion naturelle due uniquement à l'agitation moléculaire. Les mesures faites sont souvent sans signification en raison surtout du mode opératoire qui n'évite pas diverses perturbations. Les résultats contradictoires ne permettent pas un choix entre les théories.

La dissolution revient à un transport de matière qui s'apparente à la transmission de la chaleur. Les courants fluides, inexistants dans la diffusion naturelle seule, provoqués par l'agitation mécanique (diffusion *forcée*) ou dus aux variations de densité (diffusion *libre*) y prennent un rôle prépondérant. L'analyse dimensionnelle, qui a beaucoup contribué au développement de nos connaissances sur la convection de la chaleur, a été tardivement appliquée à l'étude de la dissolution (¹). Mais les auteurs sont manifestement en désaccord pour la signification des paramètres et pour les conclusions; de plus, l'étude est restée incomplète.




*a.* ClK; *b.* ClNa; *c*, alun à 20°; *d.* gypse; *e.* FLi à 30°.

Notre dispositif expérimental réduit les circonstances de la dissolution à un mouvement de rotation du cristal par rapport au solvant. Le mouvement pris par ce dernier, complication habituelle des travaux antérieurs, est donc évité. De plus, la dissolution n'affecte qu'une face du cristal, taillé en parallélépipède suivant les axes principaux.

La constante de vitesse de dissolution K est définie par la loi de

(¹) A. W. Hixson et S. J. Baum, *Ind. and Eng. Chem.*, 33, 1941, p. 478; D. W. van Krevelen et J. T. C. Krekels, *Recueil trav. chim. Pays-Bas*, 67, 1948, p. 512.

Noyes-Nernst

(1) $$\frac{dm}{dt} = KS(C - c),$$

où $dm$ est la quantité de sel dissoute pendant le temps $dt$ pour un cristal de surface libre S, C est la solubilité et $c$ la concentration de la solution en grammes par centimètre cube.

L'analyse dimensionnelle permet de relier cette constante à quatre grandeurs : coefficient de diffusion du solvant D, viscosité cinématique de la solution $\nu$, vitesse de rotation du cristal V égale ici au produit de la vitesse angulaire par la distance moyenne du cristal à l'axe, longueur caractéristique $l$

(2) $$\frac{Kl}{D} = A\left(\frac{Vl}{\nu}\right)^{\alpha}\left(\frac{\nu}{D}\right)^{\beta},$$

où A, $\alpha$ et $\beta$ sont des constantes sans dimension.

Notre travail, qui repose sur des mesures de pertes de poids du cristal, précise la signification de V et de $l$, et met à l'épreuve cette formule qui se trouve ainsi justifiée. Les sels utilisés sont ClK, ClNa, alun ordinaire, FLi en monocristaux, et gypse saccharoïde.

1° Nous avons vérifié que la perte de poids est uniquement fonction de la vitesse de rotation V (valeurs extrêmes utilisées : 10 et 110 cm : sec), ce qui justifie l'emploi de V dans la formule (2).

2° Si la formule (2) est correcte, les log de K et de V sont proportionnels :

$$\log K = \alpha \log V + \text{const.}$$

Chacun des sels considérés donne bien une droite à température fixe (10, 20 et 30°) et toutes ces droites sont parallèles. Le coefficient angulaire correspondant représente la constante $\alpha$ qui est donc indépendante du sel. Nos mesures donnent : $\alpha = 0{,}5$ et, par suite,

$$K\sqrt{l} = \text{const.} \qquad \text{soit } K_0.$$

3° Si le cristal offre à la dissolution une surface carrée S, $l$ en est le côté. Il existe donc une relation entre K et S, ce qui est contraire à la définition habituelle de K telle que la formule de Noyes-Nernst la fait apparaître. Cette formule peut cependant prendre la forme

$$\frac{dm}{dt} = K_0 S^{\frac{3}{4}}(C - c),$$

soit, pour une durée de dissolution finie, de 10 s pour ClNa, à 10 mn pour FLi

$$\frac{\Delta m}{S^{\frac{3}{4}}} = \text{const.}$$

Nos mesures vérifient cette relation. Par suite, la constante K de vitesse de

dissolution dépend, pour le mode opératoire envisagé, de la grandeur de la surface. Ce fait infirme ce qui était admis jusqu'alors

Chaque espèce cristalline est caractérisée par une constante $K_0 = a\sqrt{V}$. Nous avons trouvé pour les sels examinés, dissolution dans l'eau :

| | $a.10^3$. | | $a.10^3$. |
|---|---|---|---|
| 20° : ClK | 2,70 | 30° : gypse | 0,84 |
| ClNa | 1,76 | FLi | 0.82 |
| alun | 0,86 | | |

*En résumé*, ce travail apporte la première justification expérimentale cohérente de la théorie de la diffusion par courants fluides dans la dissolution physique des sels. Il manifeste une analogie entre des sels très différents comme solubilité et comme rapidité de dissolution en fixant une *constante sans dimension* qui a la même valeur pour tous : $\alpha = 0,5$. Il les distingue aussi par un *coefficient individuel a*.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence des impuretés et de la recristallisation sur les orientations cristallines de filage et d'étirage du cuivre*. Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Jean Pokorny**, présentée par M. Albert Portevin.

Les recherches ont porté sur une gamme de barres filées à chaud ou étirées à froid [1] de cuivre renfermant des additions échelonnées d'impuretés : antimoine, bismuth, arsenic et argent.

Après une étude préliminaire et classique des orientations par les rayons X, les recherches ont été poursuivies à l'aide de diagrammes enregistrés, avec le rayonnement $K_\alpha$ d'une anticathode de cuivre, en utilisant une chambre cylindrique horizontale axée sur le faisceau de rayons X incident et un dispositif intégrateur faisant participer un grand nombre de cristaux aux réflexions. Les raies d'interférence sont alors rectilignes et de largeur constante dans les régions non renforcées : la photométrie le long d'une raie à l'aide d'un enregistreur à cellule photoélectrique devient possible et permet d'obtenir, avec une bonne précision, la longueur des régions renforcées, qui mesure le degré de perfection de l'orientation.

En vue d'améliorer la précision des déterminations sur les pourcentages respectifs des cristaux désorientés, de ceux ayant l'orientation [100] et de ceux ayant l'orientation [111], des corrections ont été introduites portant notamment sur le facteur de multiplicité des plans réflecteurs d'une famille

(*) Séance du 11 juin 1951.

(1) De diamètres échelonnés entre 27 et 14 mm, il ne s'agit donc pas de fils obtenus par tréfilage.

donnée, sur l'obliquité de ces plans par rapport à l'axe de rotation de l'échantillon, sur la densité du fond continu au voisinage de la raie photométrée.

En accord avec des travaux antérieurs ([2]), ([3]), la texture simple [111] a été trouvée sur métal filé et dans les couches périphériques des barres étirées; pour le cuivre renfermant 1 % d'arsenic, la texture simple s'étend profondément de la périphérie jusqu'à mi-rayon. Pour toutes les barres étirées, les régions axiales possèdent la texture double [111] et [100].

Les pourcentages d'orientation réalisés dans les régions axiales des barres étirées à froid avec l'écrouissage maximum (73 %) de la gamme étudiée par nous sont respectivement :

| | Cu. | Cu+0,45 % Sb. | Cu+0,009 % Bi. | Cu+0,47 % Ag. | Cu + 1 % As. |
|---|---|---|---|---|---|
| Cristaux désorientés (%). | 25 | 45 | 27 | 42 | 36 |
| Cristaux ayant l'orientation [111] (%)....... | 50 | 40 | 48 | 39 | 52 |
| Cristaux ayant l'orientation [100] (%)....... | 25 | 15 | 25 | 19 | 12 |

La texture correspondant à l'orientation [111] dans la direction d'étirage est, dans tous les échantillons, plus parfaite que celle correspondant à l'orientation [100]. De l'ensemble de nos déterminations, il se dégage que la texture de déformation du cuivre, qui augmente avec l'importance de celle-ci, est assez peu altérée par les impuretés. L'orientation [111] domine toujours l'orientation [100], ceci étant plus particulièrement accusé dans le cas des impuretés en solution solide : antimoine et arsenic.

Les modifications des textures par recristallisation ont ensuite été étudiées pour des chauffages entre 300 et 1000°, avec les résultats suivants : entre 300 et 500°, les orientations s'atténuent rapidement pour [111] et lentement pour [100], de sorte que les pourcentages de grains correspondant aux deux textures tendent à s'égaliser vers 500°; le pourcentage de grains désorientés est maximum vers 500° (75 à 85 %) et est particulièrement élevé quand le cuivre renferme des impuretés en solution solide : antimoine et arsenic; le phénomène est également observé, quoique à un degré moindre, pour l'argent qui entre en solution solide dans le cuivre vers 400° pour la teneur de 0,47 %.

Entre 500 et 1000°, les rayons X mettent en évidence un renforcement notable de l'orientation [111], particulièrement marqué pour le cuivre pur, alors qu'il n'y a aucune action sur les cristaux ayant l'orientation [100] (*fig.* 1). Des études micrographiques en cours, faisant appel aux

([2]) E. Schmid et G. Wasserman, *Z. Physik*, **42**, 1927, p. 779.

([3]) Barrett, *Structure of Metals*, Mac Graw Hill Cy, New-York, 1943, p. 382.

figures de corrosion, indiquent que ce renforcement de l'orientation [111] par recuit à température élevée, qui, à notre connaissance, n'a pas encore été signalé, résulte, non pas d'une multiplication des grains ayant cette

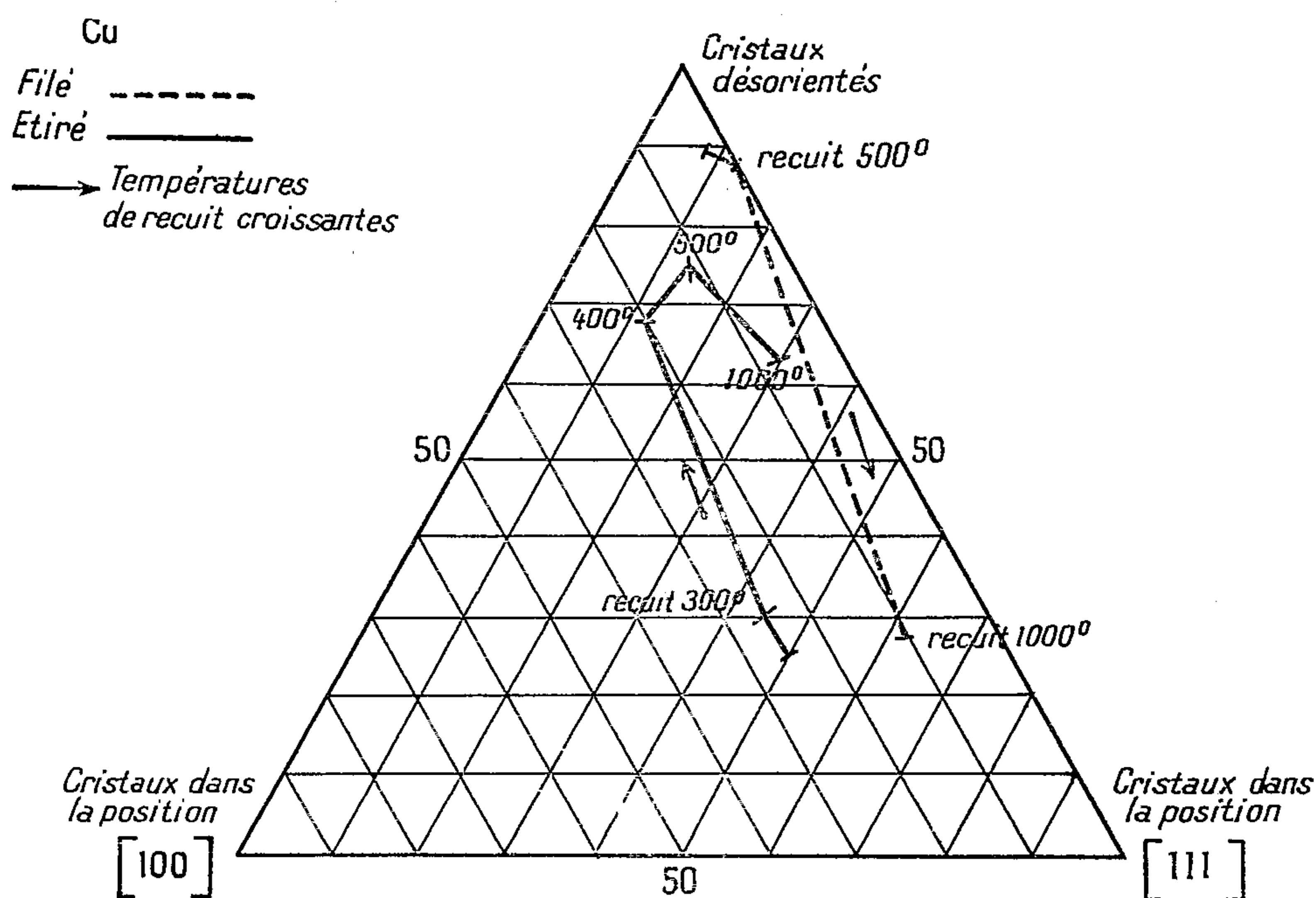



Fig. — Pourcentage d'orientation dans le cuivre non allié aux états écroui ou recuit à diverses températures.

orientation, mais d'un grossissement privilégié de certains de ceux-ci, au détriment principalement des cristaux désorientés, augmentant le pourcentage en volume occupé par les grains orientés [111] dans le métal. La texture [112] trouvée par Schmid et Wasserman ([4]) sur fils de cuivre tréfilés et recuits à température élevée n'existe pas ici.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'effet de l'interaction configurationnelle sur le moment dipolaire et les moments de transition. Exemple du groupe* C=N. Note de M. **Camille Sandorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'interaction configurationnelle abaisse considérablement le moment dipolaire de l'état fondamental et l'intensité de la transition N→V évalués par la méthode usuelle des orbitales moléculaires.

Si l'on traite le groupe C=N par la méthode des orbitales moléculaires tenant compte de l'intégrale de recouvrement on obtient pour le moment dipolaire dû aux électrons $\pi$, $\mu = 1{,}70$ D.

([4]) *Z. Physik*, **40**, 1927, p. 451.

On arrive à ce résultat si l'on suppose que l'atome C, comme l'atome N fournit un électron $\pi$ et l'on donne aux intégrales coulombiennes les valeurs $\alpha_C = 0$ et $\alpha_N = 1/2(\gamma - S\alpha)$. Cette dernière valeur dérive des considérations d'effet de charge tel qu'il a été employé par P. et R. Daudel [1] et A. Laforgue [2].

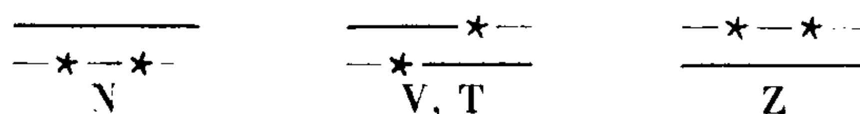
Nous pouvons compter 0,46 D comme contribution au moment dipolaire venant des électrons $\sigma$ [3] et environ 0,30 D venant du doublet libre de l'azote. [4] Tous ces moments étant dirigés dans le même sens on obtient pour le moment total :

$$\mu_T = 2,46\,\mathrm{D}$$

en faible accord avec la valeur expérimentale de K. B. Everard et L. E. Sutton [3], qui est égale à 1,40 D.

Nous savons que la méthode des orbitales moléculaires dans sa forme LCAO n'est qu'une première approximation à des méthodes plus perfectionnées. Il nous a paru donc intéressant de voir ce que la valeur du moment dipolaire devient dans ces dernières méthodes.

Nous avons évalué les niveaux énergétiques (I) par la méthode des orbitales moléculaires antisymétrisées [5], où l'on tient compte d'une manière explicite des interactions entre électrons $\pi$, puis (II) nous avons pris en considération l'interaction configurationnelle [5], [6] entre les deux configurations où les deux électrons sont dans une même orbitale et finalement (III) l'interaction entre toutes les trois configurations :




Le tableau suivant résume les résultats obtenus. Sous les valeurs des énergies figurent les moments dipolaires des niveaux et les carrés des moments de transition entre les niveaux ($Q^2$) qui sont directement proportionnels aux intensités spectrales.

Nous avons utilisé dans nos calculs les intégrales évaluées par R. G. Parr et B. L. Crawford [7]. ($Z_C = 3,18$ ; $Z_N = 3,90$ ; $S = 0,25$ ; distance C = N 1,27 Å.)

---

(1) *J. de Physique*, **7**, 1946, p. 12.
(2) *J. de Chimie-Physique*, **46**, 1949, p. 568.
(3) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2318.
(4) *Voir* H. C. Longuet-Higgins et C. A. Coulson, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 971.
(5) M. Goeppert-Mayer et A. L. Sklar, *J. Chem. Phys.*, **6**, 1938, p. 645.
(6) *Voir* A. Coulson et J. Fischer, *Phil. Mag.*, Sect. 7, **11**, 1949, p. 386; D. P. Craig, *Proc. Roy. Soc.*, A **200**, 1950, p. 272, 401, 474 et 498; J. Jacobs, *Proc. Phys. Soc.*, **42**, 1949, p. 710.
(7) *J. Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 526 et 1049.

| Niveau. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Z......... | $2\,W_{2p} + 0{,}510$ eV | $2\,W_{2p} + 2{,}194$ eV | $2\,W_{2p} + 2{,}547$ eV |
| V......... | $2\,W_{2p} - 1{,}551$ eV | $2\,W_{2p} - 1{,}551$ Ve | $2\,W_{2p} - 1{,}664$ eV |
| T (triplet). | $2\,W_{2p} - 10{,}777$ eV | $2\,W_{2p} - 10{,}777$ eV | $2\,W_{2p} - 10{,}777$ eV |
| N......... | $2\,W_{2p} - 10{,}521$ eV | $2\,W_{2p} - 10{,}205$ eV | $2\,W_{2p} - 12{,}445$ eV |

| | LCAO, | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|
| $\mu_N$ ............ | 1,70 D | 1,70 D | 1,29 D | 0,51 D |
| $\mu_V$ ............ | | − 0,05 D | − 0,05 D | − 2,54 D |
| $\mu_Z$ ............ | − 1,79 D | − 1,79 D | − 1,38 D | 1,88 D |
| $Q^2_{N \to V}$ ......... | 0,794 | 0,794 | 0,284 | 0,278 |
| $Q^2_{N \to Z}$ ......... | 0 | 0 | 0,056 | 0,046 |

$W_{2p}$ est l'énergie d'ionisation moyenne du carbone et de l'azote.

Celles-ci se réfèrent au cas où tous les atomes ont la même électronégativité. Mais on peut en obtenir les intégrales correspondantes pour le cas hétéroatomique en bonne approximation d'après A. L. Sklar ([8]) et M. Goeppert-Mayer et K. J. Mac Callum ([9]).

Nous pouvons déduire de ces résultats quelques conclusions intéressantes.

1° L'antisymétrisation seule, sans l'interaction configurationnelle, ne change pas les moments dipolaires et les intensités ([10]).

2° L'interaction configurationnelle abaisse considérablement le moment dipolaire de l'état fondamental et l'intervention de la configuration où les deux électrons sont chacun dans une autre orbitale est très importante.

La valeur théorique est maintenant égale à $0{,}46 + 0{,}30 + 0{,}51 = 1{,}27$ D en très bon accord avec la valeur expérimentale d'Everard et Sutton.

3° Les états excités ont des moments polaires élevés.

4° L'interaction configurationnelle diminue l'intensité de la transition $N \to V$ d'un facteur de $0{,}794/0{,}278 = 2{,}86$.

Nous savons que les intensités obtenues en méthode LCAO sont généralement environ quatre fois plus élevées que leurs valeurs expérimentales ([11]). Cet écart est ainsi en grande partie supprimé.

5° La transition $N \to Z$, interdite en approximation LCAO devient permise par suite de l'interaction configurationnelle à une faible intensité.

Tout ceci souligne le fait que les moments dipolaires et les moments de

---

([8]) *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 984.

([9]) *Rev. Mod. Phys.*, 14, 1942, p. 248.

([10]) A. Laforgue a démontré la généralité de cette remarque par voie purement mathématique, qui, d'après R. Daudel, s'étend à toutes les grandeurs du type :

$$\sum_i \int \Phi_A(1, 2, 3 \ldots)\, H_i \Phi_B(1, 2, 3 \ldots)\, d\tau.$$

([11]) R. S. Mulliken, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 120 et 384.

transition évalués par la simple méthode LCAO ne peuvent être considérés comme définitifs quel que soit le choix des paramètres utilisés dans cette méthode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Conditions de formation et propriétés des deux semi-nitriles phénylphénoéthylhydroxysucciniques diastéréoisomères.* Note (*) de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation du cyanure de benzyle avec l'acide benzylpyruvique donne naissance à deux nitriles acides alcools diastéréoisomères. L'étude de certaines propriétés et en particulier le comportement vis-à-vis de l'acide chlorhydrique permettent de préciser leur structure.

Nous avons repris l'étude de la condensation de l'acide benzylpyruvique avec le cyanure de benzyle. Nous avons effectué la réaction sur des quantités équimoléculaires de composants en milieu hydroalcoolique en présence de potasse (concentration en alcali libre environ 3 %). Le mélange étant abandonné à la glacière (vers + 2°) on isole au bout de 48 heures des cristaux d'un sel de potassium précipité. Dissous dans l'eau, ce sel donne par acidification un corps bien cristallisé F 145° dont le poids moléculaire et l'analyse correspondent à la constitution d'un nitrile acide phénylphénoéthylhydroxysuccinique. L'acidification des liqueurs-mères de filtration, après isolement du sel précédent, donne un composé qui, après purification dans le benzène, présente la même constitution et fond à 192°; ce corps est identique au produit obtenu par nous antérieurement ([1]), nous proposons de lui attribuer pour les raisons que nous indiquons plus loin la structure (I), le composé F 145° étant le diastéréoisomère (II).

Nous avons déjà signalé dans un travail en collaboration avec J. Moreau ([2]) l'isolement de deux nitriles acides alcools diastéréoisomères au cours de la condensation du cyanure de benzyle et de l'acide phénylpyruvique. Nous retrouvons dans ce nouveau cas une analogie dans la différence des propriétés examinées.

Nous avions indiqué ([1]) que sous l'action de ClH en milieu acétique le nitrile acide alcool (I) donnait naissance à l'anhydride phénylphénoéthylmaléique (III) F 74°. En modifiant les conditions opératoires, c'est-à-dire après chauffage au bain-marie et distillation de l'acide acétique, un traitement par une solution bicarbonatée nous a permis de séparer, à côté d'une quantité importante d'anhydride maléique disubstitué (III), une faible proportion d'un acide F 214° que nous avons identifié à un acide phénylphénoéthylhydroxysuccinique (IV).

---

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1427.

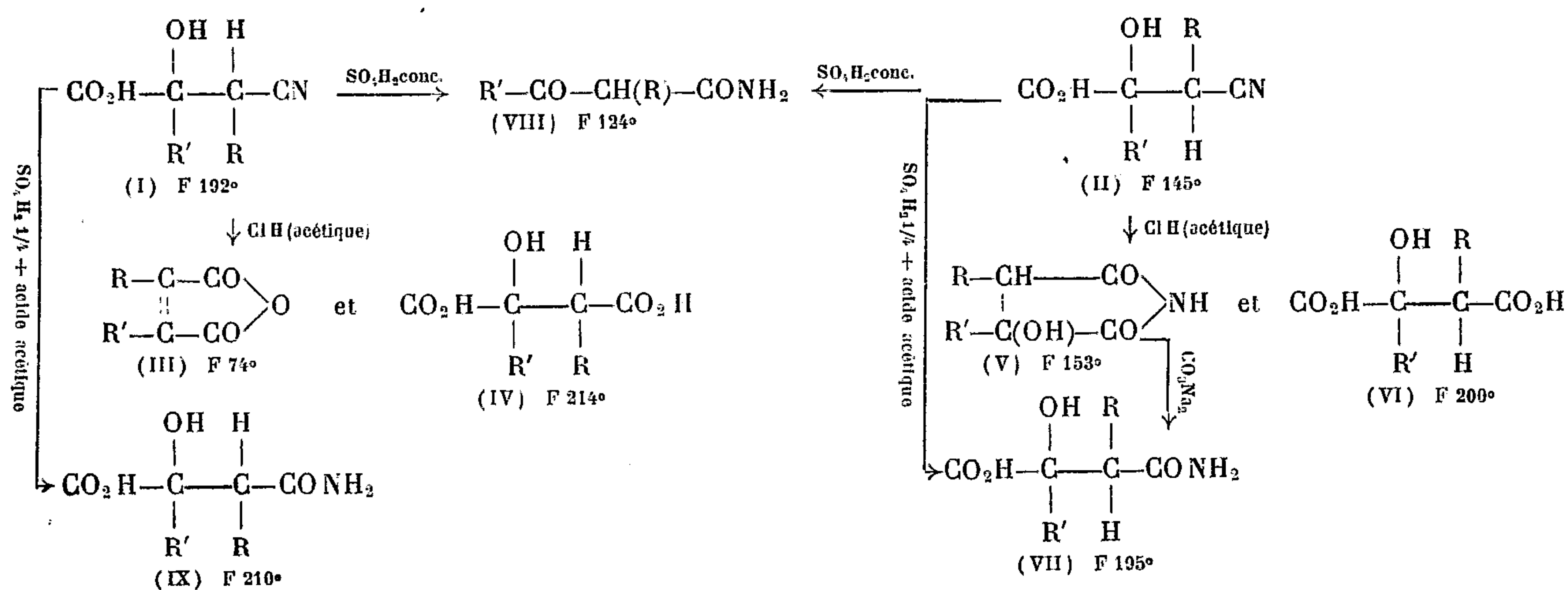
([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 199.

Un traitement similaire du nitrile (II) conduit à un mélange dont nous avons pu séparer à l'état cristallisé dans le benzène un composé azoté F 153° dont l'analyse correspond à l'imide phénylphénoéthylhydroxysuccinique (V); nous avons pu isoler une faible quantité d'un acide phénylphénoéthylhydroxysuccinique (VI) F 200°, diastéréoisomère de l'acide F 214°. L'imide (V), faiblement acide, est soluble dans NaOH diluée et reprécipite par acidification; sous l'action des alcalis à chaud il y a décomposition avec formation rapide d'amide phénylacétique qui précipite par refroidissement et d'acide benzylpyruvique; une hydrolyse plus poussée conduit, avec départ de $NH_3$, à un mélange d'acides phénylacétique et benzylpyruvique. Sous l'action d'une solution de carbonate de sodium à chaud, l'imide (V) donne une amide acide alcool (VII) F 195°.

Le traitement des deux nitriles acides alcools (I) et (II) par $SO_4H_2$ concentré à la température ordinaire donne après dégradation et dégagement de CO l'amide β cétonique (VIII) F 124° énolisable et donnant en milieu alcoolique une intense coloration violette avec $Cl_3Fe$; au cours de l'attaque il se forme de très faibles quantités d'amide acide alcool correspondant au nitrile. Sous l'action de l'acide sulfurique dilué au quart dans l'acide acétique les deux nitriles conduisent presque quantitativement sans dégradation aux deux amides acides alcools F 210° (IX) et F 195° (VII).

Ainsi la configuration stéréochimique des deux nitriles acides alcools influe sur leur réactivité vis-à-vis de ClH; la facilité d'obtention dans un cas d'anhydride éthylénique et par contre la stabilité plus grande de la fonction alcool pour l'autre isomère laissent penser que ce groupement doit être en position plus éloignée par rapport à l'hydrogène fixé sur le C voisin de celui qui supporte l'hydroxyle dans le cas du nitrile (II) que dans celui de (I).

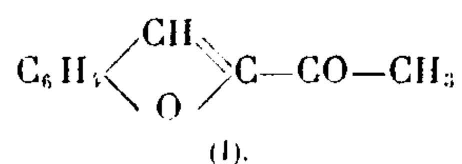
Nous pouvons schématiser ainsi les réactions indiquées; $R = C_6H_5$, $R' = C_6H_5-(CH_2)^2$

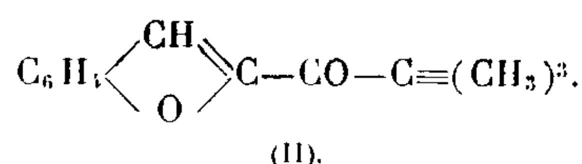


CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des acylcoumarones et de leurs dérivés azotés. Synthèse et réactivité des α-benzofuryl-alcoyl-cétones.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

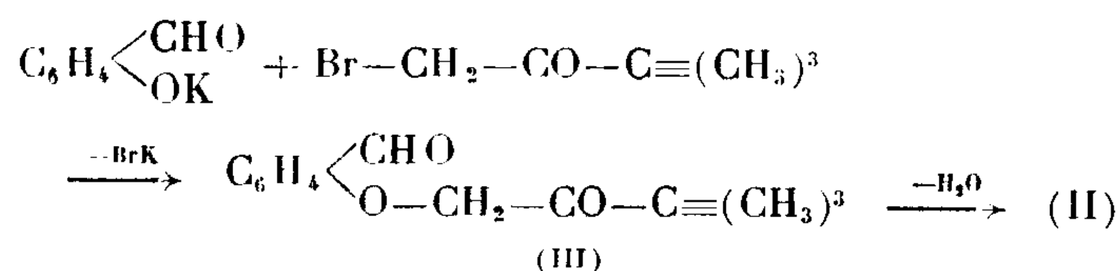
Préparation de l'α-benzofuryl-méthyl-cétone ou α-acétylcoumarone et de l'α-benzofuryl-ter.butyl-cétone ou α-pivalylcoumarone, ainsi que celle de leurs dérivés azotés : oximes, semicarbazones, phénylhydrazones, benzyloximes, acétyloximes et méthylphénylhydrazones. Les deux cétones présentent des différences de réactivité relativement faibles. La condensation de la bromopinacoline avec le sel de K de l'aldéhyde salicylique se fait en deux stades.

Les synthèses décrites dans la présente Note ont été effectuées en vue d'une étude spectrale ([1]) comparative de l'α-benzofuryl-méthyl-cétone (I) et de l'α-benzofuryl-ter.butyl-cétone (II) ainsi que de leurs dérivés azotés




La méthyl-cétone a déjà été signalée dans la bibliographie ([2]). Elle prend naissance par action de la chloracétone sur le sel de potassium de l'aldéhyde salicylique, en milieu alcoolique. La ter.butyl-cétone, par contre, n'était pas connue; je l'ai préparée par une méthode semblable à la précédente, par condensation de la bromopinacoline avec le sel de potassium de l'aldéhyde salicylique. Tandis qu'il n'a pas été possible de mettre en évidence la formation d'un produit intermédiaire quelconque dans la réaction avec la chloracétone, la condensation avec la bromopinacoline se fait, dans les mêmes conditions, en deux étapes distinctes : l'*o*.aldéhydo-phénoxy-pinacoline (III) à laquelle elle donne naissance en premier lieu, se cyclise au cours de la distillation :




Les dérivés azotés des deux cétones : oximes, semicarbazones, phénylhydrazones, benzyloximes, acétyloximes, méthylphénylhydrazones ont été obtenus par les procédés habituels. La facilité avec laquelle la cétone triméthylée (II) se combine aux différents réactifs du groupe carbonyle montre que l'influence stérique du radical ter. butyle est relativement peu marquée dans

([1]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 517.

([2]) R. Stoermer et collaborateurs, *Ber. d. chem. Ges.*, **30**, 1897, p. 1711; **34**, 1901, p. 775; **36**, 1903, p. 2864; **57**, 1924, p. 74 et *Ann. der Chem.*, **312**, 1900, p. 332.

le cas présent. Le tableau suivant donne quelques nombres relatifs aux vitesses d'oximation, dont les mesures ont été effectuées à 38° avec deux molécules de $NH_2OH.HCl$ pour une molécule de cétone, les concentrations étant de N/10 en chlorhydrate et de N/20 en cétone, dans l'alcool à 75 %

| Temps (mn). | % Oxime α-benzofuryl-méthyl-cétone. | % Oxime α-benzofuryl-ter. butyl-cétone. |
|---|---|---|
| 0 | 10 | 13,5 |
| 5 | 14 | 15 |
| 15 | 29,5 | 20,5 |
| 30 | 39 | 23,5 |
| 45 | 43,5 | 24,5 |
| 60 | 49 | 25 |
| 90 | 54,5 | 25,5 |
| 135 | 60,5 | 26 |
| 195 | 64,5 | 27 |

Préparation et purification des substances étudiées. — (I) *α-benzofuryl-méthyl-cétone*. Par action de la chloracétone sur le sel de K de l'aldéhyde salicylique, en milieu alcoolique ([2]). Rdt 75 %, $É_{27}$ 154°. Paillettes blanches F 73° (cyclohexane). L'*oxime* (F 154°), la *semicarbazone* (F 234°), et la *phénylhydrazone* (F 160°) ont déjà été décrites avec des points de fusion légèrement plus bas ([2]). *Acétyloxime*, $C_{12}H_{11}O_3N$. Action de l'anhydride acétique sur l'oxime. Cristaux soyeux F 93° (cyclohexane). Trouvé N % 6,35; calculé 6,45. *Benzyloxime*, $C_{17}H_{15}O_2N$. Condensation de la cétone avec l'O-benzyl-hydroxylamine, en milieu alcoolique. Cristaux incolores F 84° (alcool). Trouvé N % 5,23 et 5,19; calculé 5,28. *Méthylphénylhydrazone*, $C_{17}H_{16}ON_2$. Par action du sulfate de l'α-méthylphénylhydrazine sur la cétone, en présence d'acétate de potassium, en milieu alcoolique. Cristaux jaunes F 106° (cyclohexane). Trouvé N % 10,39 et 10,66; calculé 10,60.

(II) *α-benzofuryl-ter.butyl-cétone*, $C_{13}H_{14}O_2$. — On ajoute à une solution de 61 g d'aldéhyde salicylique dans 245 cm³ d'alcool absolu 30,5 g de KOH dissous dans 125 cm³ d'alcool à 95°. Dans ce mélange, tiédi jusqu'à complète dissolution, on introduit peu à peu 89,5 g de bromopinacoline. Après avoir chauffé 45 mn à reflux, on dilue par 400 cm³ d'eau et chasse l'alcool au bain-marie. Le résidu huileux contenant le produit intermédiaire (III) est séché puis distillé sous pression réduite. Au cours de cette première distillation il y a formation d'eau (cyclisation). Après un nouveau séchage et rectification on obtient la cétone pure avec un rendement de 60 %. Huile incolore, $É_{16}$ 149°. Trouvé C % 77,19 et 77,27; H % 7,05 et 7,07; calculé 77,22 et 6,93. *Oxime*, $C_{13}H_{15}O_2N$. Par action du chlorhydrate d'hydroxylamine en milieu hydro-alcoolique, en présence d'acétate de sodium. Cristaux blancs F 139° (alcool aqueux). Trouvé N % 6,34 et 6,63; calculé 6,45. *Semicarbazone*, $C_{14}H_{17}O_2N_3$. Condensation d'une molécule de cétone avec 4 mol de chlorhy-

drate de semicarbazide, en présence de 2 mol de KOH, en milieu hydro-alcoolique. Cristaux blancs F 130° (alcool à 50 %). Trouvé N % 16,34 et 16,49; calculé 16,22. *Phénylhydrazone*, $C_{19}H_{20}ON_2$. Par chauffage à 100°, pendant 2 h, d'un mélange équimoléculaire de cétone et de phénylhydrazine. Gros cristaux jaunes F 66° (éther de pétrole). Trouvé N % 9,55 et 9,59; calculé 9,59. *Acétyloxime*, $C_{15}H_{17}O_3N$. Par action de l'anhydride acétique sur l'oxime. Aiguilles incolores F 55° (alcool méthylique dilué). Trouvé N % 5,61 et 5,35; calculé 5,40. *Benzyloxime*, $C_{20}H_{21}O_2N$. Par ébullition prolongée avec de l'O-benzyl-hydroxylamine, en solution alcoolique. Aiguilles incolores F 45° (alcool méthylique). Trouvé N % 4,74 et 4,66; calculé 4,56.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La séparation chromatographique de l'isomère epsilon de l'hexachlorocyclohexane*. Note (*) de MM. **Camille Granger** et **Xavier Thiesse**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On montre que la chromatographie de partage sur silice-nitrométhane (méthode de Æpli) sépare parfaitement l'isomère ε des autres isomères de l'hexachlorocyclohexane tandis que l'adsorption fractionnée sur silice humide conduit à un mélange de γ et ε.

Deux méthodes ont été proposées pour séparer par chromatographie les isomères de l'hexachloro-1.2.3.4.5.6 cyclohexane : partage sur silice imprégnée de nitrométhane ([1]) et adsorption sélective sur silice humide ([2]), avec élution par l'hexane normal ou l'éther de pétrole. Jusqu'ici seules les vagues des isomères α, β, γ et δ avaient été repérées et celle de l'isomère ε n'avait pas été signalée par Æpli.

Nous nous proposons dans la présente Note de signaler le comportement de l'isomère ε dans chacun des deux procédés chromatographiques cités plus haut.

Les vitesses relatives d'élution des différents isomères ont été déterminées dans les conditions de dosage du γ proposées par Æpli ([3]) et par l'un de nous ([2]). Nous avons obtenu les valeurs qui suivent (élution par l'éther de pétrole 30-55°, $d = 0,65$) :

| | Vitesses relatives d'élution. | |
|---|---|---|
| Isomère. | Partage. | Adsorption. |
| α | 1,5 | 1,5 |
| β | 0,45 | 0,6 |
| γ | 1 | 1 |
| δ | 0,42 | 0,4 |
| ε | 0,65 | 1,1 |

(*) Séance du 16 mai 1951.

([1]) L. L. Ramsey et W. J. Patterson, *J. Assoc. Off. Agr. Chem.*, 29, 1946, p. 337.

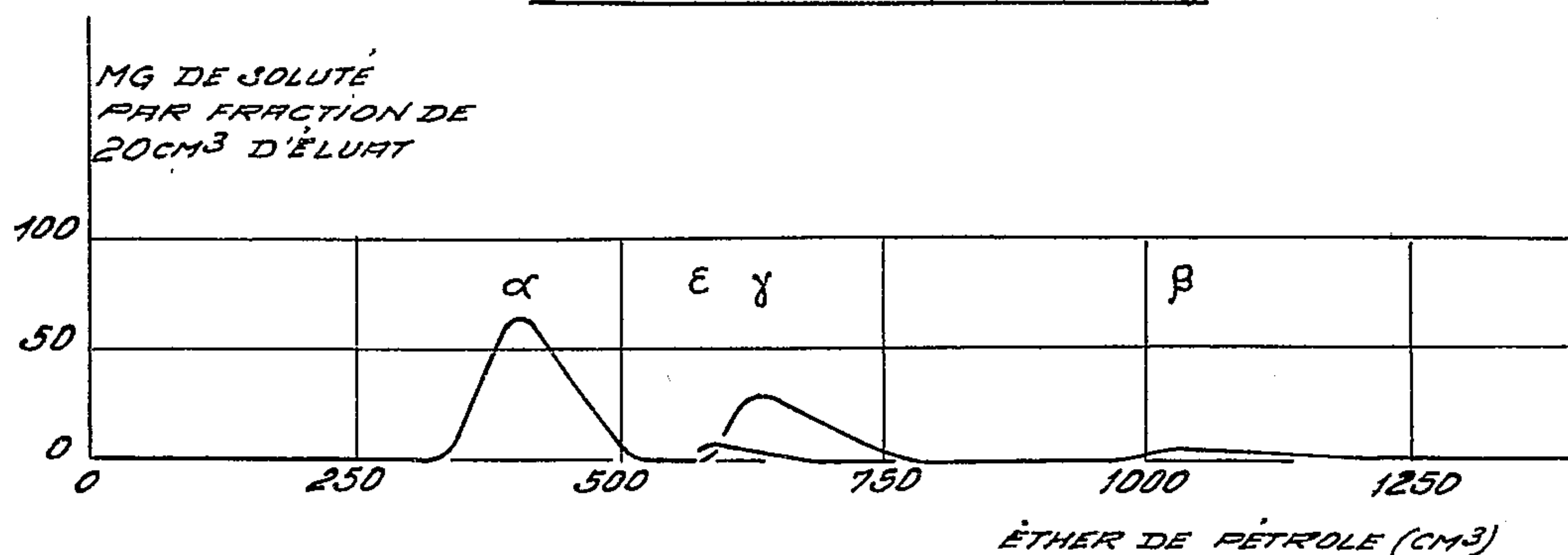
([2]) C. Granger et J. P. Zwilling, *Bull. Soc. Chim. France*, 17, 1950, p. 873.

([3]) Æpli, Munster et Gall, *Anal. Chem.*, 20, 1948, p. 610-613.

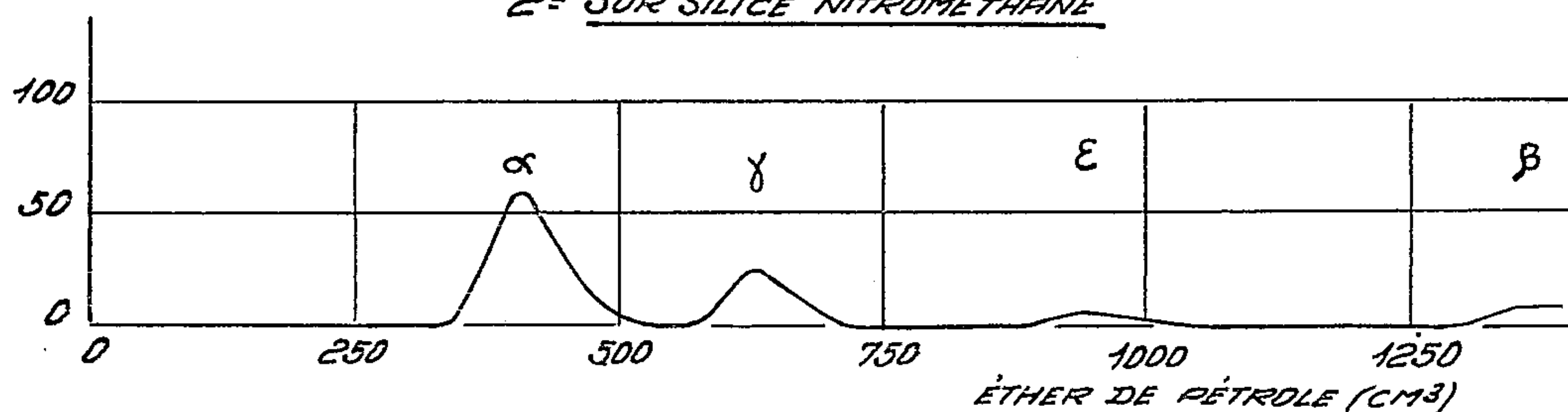
Ces différentes valeurs, qui peuvent varier légèrement, avec la qualité de silice en particulier, correspondent aux chromatogrammes d'élution ci-joints.

CHROMATOGRAMMES D'ÉLUTION DE DIFFÉRENTS ISOMÈRES DE L'HEXACHLOROCYCLOHEXANE

1° SUR SILICE HUMIDE (17 % D'EAU)




2° SUR SILICE NITROMÉTHANE




Les vitesses d'élution des isoméres α, γ et δ sont semblables dans les deux procédés : le facteur principal de leur séparation est *l'adsorption.* Ces mêmes vitesses sont très différentes dans le cas des isomères β et ε pour lesquels le partage entre les deux solvants joue un rôle déterminant.

La méthode d'Aepli isole à l'état pur α, γ et ε; elle sépare très difficilement β et δ. L'adsorption sélective sur silice humide isole α, β et δ et un mélange de γ et ε.

Nous avons pu ainsi préparer de petites quantités d'isomère ε qui a été identifié par son point de fusion et son spectre d'absorption infra-rouge.

Le dosage chromatographique du γ à partir du mélange des isomères connus de l'hexachlorocyclohexane est donc exact par la méthode d'Aepli. Par adsorption pure dans les conditions proposées (2), *l'erreur due à la présence de l'ε peut atteindre* 7-8 % *de la quantité de gamma mis en œuvre,* soit en valeur

absolue, jusqu'à 1 % pour les hexachlorocyclohexanes bruts titrant 12 à 15 %. Une correction peut être déterminée pour un mode opératoire donné. La chromatographie d'adsorption, moins délicate à appliquer, plus souple et plus économique, peut être un procédé de contrôle courant, mais la méthode d'Aepli est préférable comme procédé d'expertise.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'α-benzoyl-β-naphtol.*

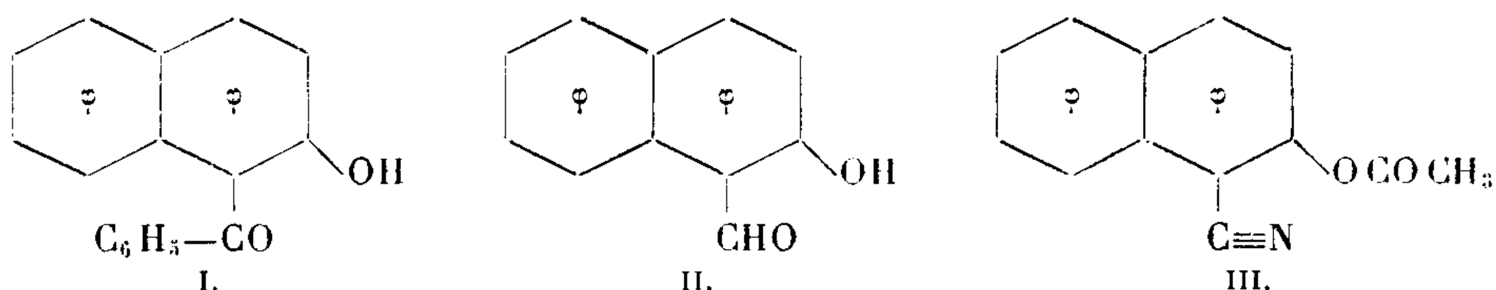
Note de M^lle **Janine Chauvelier**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'α-benzol-β-naphtol (formule I) avait pour nous un double intérêt. D'une part, il est isomère de la 2.6-diphényl-γ-pyrone, et le seul benzoyl-β-naphtol dont il est fait mention dans la bibliographie (1) (sa structure n'étant d'ailleurs pas précisée), est donné comme fondant à 141°, température très proche du point de fusion de la diphényl-2.6-γ-pyrone (143°); nous avions donc pensé un instant ne pouvoir exclure *a priori* la structure d'un α-benzoyl-β-naphtol pour notre diphényl-2.6-γ-pyrone (2), la réaction de cyclisation utilisée à cette synthèse pouvait en principe conduire aux deux composés.

D'autre part, les dérivés orangés obtenus concurremment avec des γ-pyridones dans la cyclisation du produit d'addition d'une amine primaire et de la bisphénéthynyl-cétone semblent être les imines de cet α-benzoyl-β-naphtol (2) (formule VI).

Nous avons donc tenu à préparer l'α-benzoyl-β-naphtol par une méthode qui ne laisse aucun doute sur sa constitution.

La réaction de Reimer et Tiemann sur le β-naphtol conduit à l'α-formyl-β-naphtol (formule II), dont la structure a été établie sans ambiguïté (3). Ce dernier a été transformé en oxime que l'anhydride acétique déshydrate en même temps qu'il estérifie la fonction phénol. L'α-cyano-β-acétoxy-naphtalène (formule III) est un solide fondant à 58° dont l'hydrolyse ménagée conduit à l'α-cyano-β-naphtol fondant à 128° (formule IV).




A titre de vérification, nous avons réalisé l'hydrolyse plus poussée qui conduit à un mélange de β-naphtol et d'acide β-naphtol-α-carboxylique, connu et fondant à 156-157° (4).

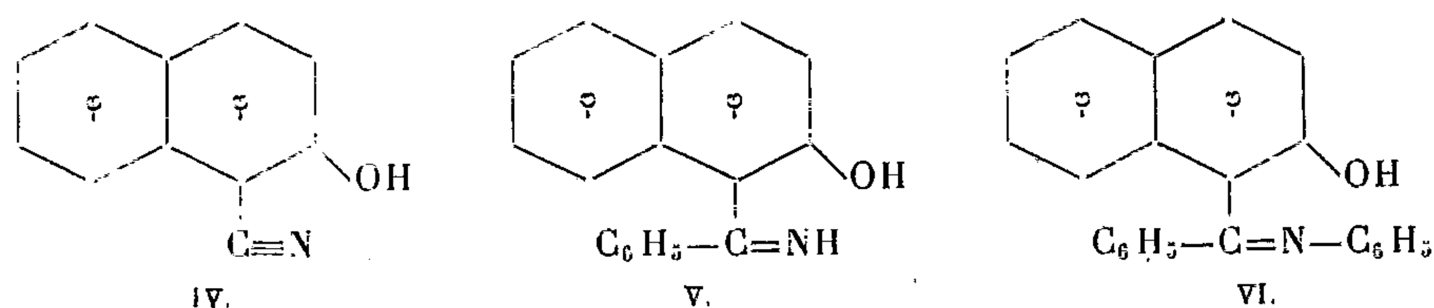
(1) Perrier, *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1141.

(2) *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 395.

(3) Fosse, *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1901, p. 371.

(4) Schmitt et Burkard, *Ber. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 2701.

Le nitrile phénol, ainsi que son dérivé acétylé, traités par un excès de bromure de phényl-magnésium sont transformés en l'imine correspondante (formule V), composé jaune fondant à 220° (corrigé), soluble à la fois dans les acides et dans les alcalis.




L'hydrolyse de cette imine, assez difficile, a pu être réalisée par l'acide sulfurique en milieu aquo-dioxanique, il en résulte l'α-benzoyl-β-naphtol cristallisant en aiguilles feutrées fondant à 141° et soluble dans la soude en jaune.

Il semble donc que le benzoyl-β-naphtol décrit est bien l'α. Ce composé est différent de la diphényl-2.6-γ-pyrone : 1° par son aspect; 2° par ses solubilités; 3° par son comportement vis-à-vis de la soude; 4° par la dépression du point de fusion du mélange.

Nous avons donc atteint le premier des buts que nous nous étions proposés.

Par contre, nous n'avons pu jusqu'ici transformer cette cétone en sa phénylimine, identique, d'après nos vues, au dérivé orangé que nous cherchions à identifier, ou tout au moins nous n'avons pu l'isoler dans nos essais (formule VI).

Réciproquement, l'hydrolyse de notre dérivé orangé semble extrêmement difficile, surtout pour des raisons de fragilité et d'insolubilité. Le résultat de cette hydrolyse fournit des quantités minimes d'un composé incolore, soluble en jaune dans la soude, reprécipitant par acidification, mais nous en avons toujours eu trop peu pour l'identifier à l'α-benzoyl-β-naphtol. Notre deuxième but n'est donc pas encore atteint et nous poursuivons nos efforts.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Polymorphisme de l'anhydride tungstique étudié à températures élevées au moyen des rayons* X. Note de MM. **Jean Wyart** et **Marc Foëx**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'anhydride tungstique $WO_3$ présente, quand on le chauffe, plusieurs anomalies dans sa courbe de dilatation (1). Par ailleurs, divers expérimentateurs (2), (3), (4) ont récemment mis en évidence une ferroélectricité accusée

(1) M. Foëx, *Comptes rendus*, 220, 1945 p. 917; 228, 1949, p. 1335.
(2) S. Magascuva, *J. Elektrochem. Soc. Japan*, 16, 1948, p. 13-57.
(3) T. Okada, K. Hirakawa et F. Irie, *Proc. phys. Soc. Japan*, 4, 1949, p. 143.
(4) B. T. Matthias, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 430.

de cet oxyde. Aussi nous a-t-il paru intéressant de suivre les modifications des propriétés critallographiques au moyen de diagrammes Debye et Scherrer réalisés à des températures régulièrement croissantes jusqu'à 960°.

L'oxyde $WO_3$ utilisé ne contient, comme impuretés décelables à l'analyse spectrographique, que des traces de molybdène. De la masse cristallisée après fusion, on peut détacher de petits cristaux uniques comportant trois clivages parfaits quasi rectangulaires (100), (010), (001), les angles mesurés au goniomètre étant 90°15′, 90°1′ et 90°30′, avec une précision ne dépassant pas 5′ d'arc. On décèle aussi au microscope un clivage (110).

Le diagramme de poudre réalisé à la température ordinaire, avec le rayonnement monochromatique $K\alpha Cu$ provenant de la réflexion sur un quartz courbé et un dispositif de focalisation, indique une maille quasi orthorhombique de paramètres $a = 7,21 \pm 0,01$ Å; $b = 7,44 \pm 0,01$ Å; $c = 3,80 \pm 0,01$ Å, voisins de ceux indiqués par H. Bräkken ([5]), renfermant 4 $WO_3$. Ce dernier a montré que le réseau était en réalité triclinique. Sur le diagramme de rayons X, cette symétrie approchée se traduit par la présence de raies multiples très voisines, qui parfois apparaissent sous forme de raies de diffraction élargies. Quand la température s'élève, on obtient une modification progressive des diagrammes résultant d'un arrangement plus symétrique.

1° Au-dessus de 350°, le corps devient orthorhombique à la suite d'une évolution progressive qui se traduit par une simplification dans les diagrammes. Par exemple la raie 111, en notation orthorhombique, se résout en un quadruplet si la symétrie est triclinique, en un doublet si elle est monoclinique. On observe effectivement un doublet de raies diffuses correspondant aux intervalles 3,08 Å et 3,045 Å ; ce qui montre que le réseau est pseudomonoclinique. Elle devient une raie fine 111 en accord avec la symétrie orthorhombique audessus de 350°.

De même le multiplet 221 donne au moins un doublet 2,124 Å et 2,150 Å se rassemblant en une raie fine au-dessus de 350°. On pourrait multiplier ces observations qui font admettre un réseau orthorhombique au-dessus de 350° avec les paramètres : $a = 7,28$ Å, $b = 7,45$ Å, $c = 3,81$ Å.

2° Quand on continue à chauffer la substance, les diagrammes de rayons X conservent les mêmes caractères jusqu'à 735°. Elle devient alors quadratique.

La dilatation est importante suivant la rangée 100, quasi nulle suivant 010, de sorte qu'à partir de 735° les paramètres $a$ et $b$ deviennent égaux. La maille quadratique est définie par les paramètres : $a = 7,44$ Å et $c = 3,88$ Å.

En particulier, les trois raies voisines 001, 020 et 200 que l'on observe depuis la température ordinaire où elles correspondent aux intervalles 3,80 Å, 3,72 Å et 3,60 Å, deviennent deux raies 001 (3,88 Å) et 200 (3,72 Å). Les diagrammes de rayons X sont ainsi considérablement simplifiés et toutes les

---

([5]) *Z. Kristall.*, 78, 1931, p. 484.

raies de diffraction peuvent s'interpréter en leur affectant des indices $hkl$ tels que $h+k$ soit pair. La maille quadratique précédente serait une maille double dont les bases (001) seraient centrées et la maille quadratique simple, ne renfermant que $2\,WO_3$, aurait comme paramètres $a' = a/\sqrt{2} = 5{,}26$ Å, $c = 3{,}88$ Å.

Les raies telles que 120 qui existent à la température ordinaire et dans la forme orthorhombique disparaissent quand la substance devient quadratique.

Les diagrammes entre 735° et 960°, ne révèlent plus de modification de structure.

Cette étude confirme en partie, les transformations qu'avait révélées la dilatométrie, en particulier la transformation du second ordre vers 300° et la transformation principale vers 735°. Par contre elle n'explique pas les anomalies signalées vers 900°.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Accroissement de contraste dans la fonction de Patterson.* Note de M. **José Clastre**, présentée par M. Charles Mauguin.

Plusieurs auteurs ont montré récemment l'intérêt que présente la connaissance quantitativement exacte de la fonction de Patterson, pour calculer une structure cristalline. Une donnée importante de la fonction de Patterson est la position exacte de ses maxima : elle permet d'appliquer la méthode des superpositions (1) avec moins d'ambiguïté, et cette méthode permet d'obtenir des précisions intéressantes sur la position des atomes.

Malheureusement, les « pics » de la fonction de Patterson sont souvent groupés en amas qu'il est difficile de décomposer en pics individuels : on ne peut donc préciser la position des maxima.

Le calcul direct de la dérivée de la fonction de Patterson par rapport à l'une des trois dimensions permet de préciser des points de détail qui passeraient inaperçus sur la fonction de Patterson elle-même. G. von Eller a montré par la méthode photographique qu'il a mise au point (2) le relief saisissant de cette fonction-dérivée.

Il est un autre moyen d'augmenter le relief, c'est de calculer directement, non pas la fonction de Patterson $P(uv)$, mais le carré de cette fonction $P^2(uv)$.

On sait que :

$$P(uv) = \sum_{-hm}^{+hm} \sum_{-km}^{+km} |F_{hk0}|^2 \cos 2\pi(huX_0 + kvY_0)$$

(1) J. Clastre et R. Gay, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1876; J. Garrido, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1878; J. Clastre et R. Gay, *Bull. Soc. Fr. Minéral. Crist.*, 73, 1950, p. 202; D. Mac Lachlan, *Jr. Proc. Nat. Acad. Sci.*, 37, 1951, p. 115.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1122.

par conséquent

$$P^2(uv) = \sum_p \sum_q \varphi_{pq}^2 \cos 2\pi(puX_0 + qvY_0)$$

avec

$$\varphi_{pq}^2 = \sum_h \sum_k |F_{hk0}|^2 |F_{h-p,k-q}|^2.$$

On peut encore utiliser le procédé d'Eller et calculer directement la dérivée par rapport à $u$ de cette fonction

$$\frac{\partial}{\partial u}[(P^2(uv)] = \sum_p \sum_q pX_0\varphi_{pq}^2 \cos 2\pi(puX_0 + qvY_0).$$

Ces procédés correspondent à un accroissement de contraste, si l'on nous permet d'utiliser le langage des photographes : ils permettent d'accuser des dénivellations qui seraient inappréciables sur la fonction de Patterson elle-même et par conséquent de localiser des maxima plus nombreux avec plus de précision.

*Remarque.* — Les indices différentiels $p$ et $q$ varient respectivement de $-2h_m$ à $+2h_m$ et de $-2k_m$ à $+2k_m$ ($h_m$ et $k_m$ sont les indices les plus élevés des taches observées aux rayons X). Le nombre des termes de la série de Fourier en $\varphi_{pq}^2$ est donc quatre fois plus grand que celui des termes de la série de Fourier en $|F_{hk0}|^2$. Cependant, le pouvoir séparateur de la série de Fourier n'est pas amélioré : aux interférences parasites dues à la limitation de la série $|F_{hk0}|^2$ (celles-ci rendues plus visibles par l'accroissement de contraste) se superposent des interférences parasites de période deux fois plus faible dues à la limitation de la série $\varphi_{pq}^2$.

GÉOLOGIE. — *Les terrains anciens de la région de Bougie (Algérie) et leur couverture.* Note de M. **Louis Duplan**, présentée par M. Charles Jacob.

L'affleurement des terrains primaires, anciennement connus seulement au voisinage du Bou Hattem à 20 km au Nord-Ouest de Bougie, s'étend en réalité de l'Ouest vers l'Est sur une distance de 12 km. Sa couverture, attribuée sans preuves paléontologiques au Crétacé inférieur, est constituée pour une petite partie par du Sénonien à Rosalines, pour la plus grande part par de l'Oligocène daté par ses Lépidocyclines.

M. F. Ehrmann a découvert au Bou Hattem, dans la région de Bougie (1), la présence de schistes séricíteux, de cipolins et de pegmatites, que leur faciès lui a permis à juste titre d'attribuer au Primaire. Il proposait en outre de ranger dans le Dévonien des schistes noirs et des calcaires gréseux sans fossiles. Sur la première édition de la Feuille de Bougie au 1/50000, cet auteur (2) a attribué

(1) *B. S. C. G. A.* (Travaux récents), fasc. I, Alger, 1924, p. 155.

(2) *Carte géologique de Bougie* au 1/50000e, 1936.

la couverture de ces terrains, constituée par des schistes noirs et des quartzites, au Crétacé inférieur.

Chargé de la révision de cette Feuille, j'ai pu faire les observations exposées ci-dessous.

*Les terrains anciens* sont bordés au Nord par une faille dont le rejet est de l'ordre de 5 à 600 m et qui se poursuit vers l'Est jusqu'à la mer sur une distance de 15 km. Les affleurements de terrains anciens, qui sur la Feuille de Bougie s'arrêtaient vers l'Est à l'Oued Saket, se prolongent le long de cette faille sans interruption au delà des affleurements signalés, jusqu'à l'Iril Izza sur une distance de 7 km. Le Primaire constitue ainsi un affleurement de 12 km de long et 500 m de large en moyenne. La coupe la plus complète s'observe à l'Iril Izza ou dans la gorge de l'Irzer ou Zberbour. Nous pouvons y distinguer plusieurs faciès superposés qui sont de bas en haut :

1° 100 m de schistes à séricite, très chargés en filonnets de quartz et parcourus par des filons de pegmatite;

2° 20 à 30 m de cipolins, schistes chloriteux et calcschistes verts en bancs interstratifiés;

3° 300 m d'alternances de schistes et de quartzites. A la base les bancs de quartzites atteignent 4 à 5 m d'épaisseur et les schistes sont noirs, très chargés en filonnets de quartz. En remontant dans la série, les bancs de quartz diminuent de puissance; les schistes deviennent jaunes et quelquefois rouges; les filonnets de quartz se raréfient et disparaissent. Nous admettons l'âge primaire de cette série, restreinte sur la Feuille de Bougie à la partie Ouest de l'affleurement, tandis que la partie Est est placée dans le Crétacé inférieur. La continuité parfaitement visible des bancs nous semble un argument suffisant pour justifier cette unité d'attribution.

*Les terrains de couverture* se présentent avec un faciès de flysch gréseux et quartziteux alternant avec des schistes verts ou noirs.

*Au Nord du Primaire*, un lambeau de la couverture est conservé entre le plan de faille et les schistes anciens. L'Oued Bou Hattem qui entaille profondément cette formation permet d'observer la coupe suivante :

1° 20 à 25 m de conglomérats discordants sur les calcschistes verts du complexe ancien. Le ciment est formé par du calcaire gréseux contenant en plusieurs endroits de nombreuses Lépidocyclines ([3]). Les éléments du conglomérat sont constitués par des fragments des schistes sous-jacents, des galets de quartz roulés et de nombreux blocs de calcaires rouges dont certains atteignent un mètre cube et que nous ne connaissons pas en affleurement. L'un de ces éléments contient des Orthocères indéterminables spécifiquement;

2° 10 m de grès calcaires à Lépidocyclines et débris de Lamellibranches;

3° 25 m de schistes argileux noirs, très durs, avec deux niveaux interstratifiés de marnocalcaires de 30 cm d'épaisseur;

4° 10 m de marnes schisteuses grises;

5° 8 m de grès blancs rosés;

6° 20 m de grès très micacés avec débris de plantes, associés à des quartzites verts et à des schistes noirs.

La série s'interrompt sur la faille.

Ces assises, datées par leurs Lépidocyclines, représentent l'Oligocène, débutant sur le Primaire par un conglomérat de base. La série, assez bien

---

([3]) Dont J. Magne a bien voulu entreprendre l'étude.

développée en cet endroit, subsiste très étirée vers l'Est jusqu'à l'Oued Saket. Vers l'Ouest, le long du chemin qui conduit du village de Bou Hattem à la maison forestière du campement, nous pouvons observer en discontinuité avec les précédents, certains éléments de cette série oligocène, succédant aux schistes à séricite. Ce sont des schistes noirs, des calcaires gréseux, des grès verts et des quartzites. Ces terrains à défaut de fossiles étaient attribués sur la Feuille de Bougie au Dévonien par analogie de faciès avec le Dévonien des Béni Affeur situé à 100 km plus à l'Est. Il n'est évidemment pas possible de retenir cette attribution.

*Au Sud du Primaire*, les quartzites et les schistes noirs sont directement transgressifs, sans conglomérat de base. Au Sud du village d'Ibouchtaouen, en crête, à une centaine de mètres de son contact avec le Primaire, ce flysch nous a fourni une microbrèche à Lépidocyclines. Dans le lit des oueds qui entaillent profondément ces formations, entre le Primaire et le flysch oligocène, apparaît conservé, avec une épaisseur pouvant atteindre 50 à 100 m, un flysch calcaire à Rosalines sénoniennes.

Nous observons donc ainsi, directement trangressif sur le Primaire, le Sénonien visible au fond des oueds, tandis qu'en crête les sédiments de la trangression oligocène reposent à leur tour sur les terrains anciens.

En conclusion nous pouvons placer avec certitude dans le Sénonien et l'Oligocène, les flyschs de cette zone figurés en Crétacé inférieur sur la Feuille de Bougie.

PALÉONTOLOGIE. — *Observations sur les couches à* Hipparion *de la vallée de l'Oued el Hamman (Algérie) et sur l'époque d'apparition de la faune de vertébrés dite « pontienne »*. Note (*) de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

1. L'existence d'un gisement de Vertébrés, parmi lesquels Jean Piveteau avait reconnu les éléments d'une faune pontienne, fut signalée en 1932 par Maurice Suess ([1]) dans la vallée de l'Oued el Hammam, près de Bou Hanifia dans le département d'Oran. Ce gisement, actuellement noyé sous les eaux du barrage établi dans cette région, est devenu inaccessible.

Récemment, deux géologues, de la S. N. R. E. P. A. L., MM. Germain et Borocco, ont découvert sur la rive Est de l'Oued, en amont du barrage, un nouveau point fossilifère dont l'exploitation m'a permis de recueillir une faune abondante et admirablement conservée qui comble en partie l'hiatus existant dans nos connaissances sur les faunes africaines comprises entre le Burdigalien et le Villafranchien. Les matériaux mis à jour comportent

(*) Séance du 18 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1970.

des crânes, des mâchoires et de nombreuses pièces squelettiques, se rapportant à une dizaine de formes dont les éléments essentiels, appartenant aux genres *Hipparion*, *Diceros*, *Palaeotragus*, *Gazella*, *Palaeoryx*, *Orycteropus*, *Hyaena*, etc., sont typiques de la faune pontienne.

2. Ces fossiles sont contenus dans une série continentale étendue, et dont les relations stratigraphiques sont maintenant parfaitement établies.

Cette série renferme, en plus des Vertébrés fossiles, des Mollusques terrestres : *Helix subsenilis*, *Rumina decollata*, etc. Elle repose, partout où sa base est visible, sur des marnes burdigaliennes datées par une faune marine typique, et elle est recouverte par plusieurs centaines de mètres de couches à nouveau marines, sables ou grès, passant à des marnes ou à des calcaires à Lithothamnies et se terminant, vers l'Ouest, par les tripolis à Poissons du Sahélien. De belles faunes de Mollusques ont été signalées de ces niveaux ([2]), dont la partie inférieure a été généralement attribuée à l'Helvétien et le reste au Tortonien. Vers le Nord, les formations sont recouvertes transgressivement par le Pliocène marin. En certains points, comme au Sud-Ouest de Mercier Lacombe, les couches continentales à Vertébrés passent progressivement aux niveaux marins superposés par une série saumâtre argilo-ligniteuse riche en Mollusques, dans laquelle s'intercalent plusieurs bancs d'*Ostrea crassissima*. La faune recueillie comprend essentiellement ([3]) : *Helix subsenilis, Terebralia bidentata*, *Pirenella bidisjuncta*, *Planorbis sansaniensis*, *Nassa mutabilis*, *Buccinum miocenicum*, *Cerithium dertonense*, *Tiaracerithium pseudotiarella*, *Cerithium minutum*, *Cardium* cf. *Vogdtii*, etc., soit une majorité d'éléments tortoniens.

3. Je propose de ces faits l'interprétation suivante :

*a*. Les couches marines superposées aux niveaux à *Hipparion* représentent, en Afrique, l'épisode marin terminal du Miocène mésogéen.

Peut-être sont-elles en partie l'équivalent du « Tortonien » du Piémont ou du Bassin de Vienne, car leur faune de Mollusques est à peu près la même; mais il est également probable qu'elles correspondent chronologiquement au début de la phase de régression marine finale de la Mésogée orientale et, par suite, la notion d'un étage « Sahélien », selon la conception de Depéret et de Haug, pourrait être de nouveau prise en considération et leur être appliquée.

*b*. L'apparition de la faune à *Hipparion* dite « pontienne » date du début de ce Vindobonien terminal, et ceci corrobore les observations faites en Europe orientale ([4]) ou, plus récemment, en Catalogne ([5]).

([2]) M. DALLONI, *B. S. G. F.*, 1915.
([3]) Détermination de Mlle Mongin.
([4]) HAMID NAFIZ et AHMED MALIK, *Bull. Fac. Sc. Istanbul*, n° 3-4. 1933.
([5]) M. CRUSAFONT PAIRO, *Internat. Geolog. Congress*, 1951, Part. 11, p. 33.

Il est possible que la longévité de cette faune se soit étendue, en Europe orientale, au début du Pliocène, si tant est que l'étage « Pontien » doive être rattaché à ce dernier système.

*c*. Il existe, dans cette partie de l'Ouest de l'Algérie, une lacune stratigraphique importante correspondant à l'Helvétien. Le dépôt des couches continentales à *Hipparion* se situe à la fin d'une période de régression marine post-burdigalienne, et immédiatement avant la transgression du Vindobonien supérieur.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transformation du point végétatif de* Myosurus minimus *L. en méristème floral.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

Le méristème floral de *M. minimus* dérive de la transformation de l'ensemble du point végétatif. C'est la partie apicale axiale de l'apex, jusque-là inactive et constituant un « *méristème d'attente* », qui édifie le réceptacle floral, tandis que l'anneau initial cesse de produire des feuilles et disparaît.

Dans un Mémoire, magistral à bien des égards, V. Grégoire (1) a soutenu que les points végétatifs et les méristèmes floraux n'ont rien en commun, et que les seconds ne sauraient provenir de la transformation des premiers. Plus récemment, Philipson (2) puis Lawalrée (3) ont décrit la transformation, niée par Grégoire, de points végétatifs de Composées en *méristèmes d'inflorescences*. Le *Myosurus*, à fleurs solitaires, nous a permis d'étudier le passage du point végétatif au *méristème de la fleur elle-même*.

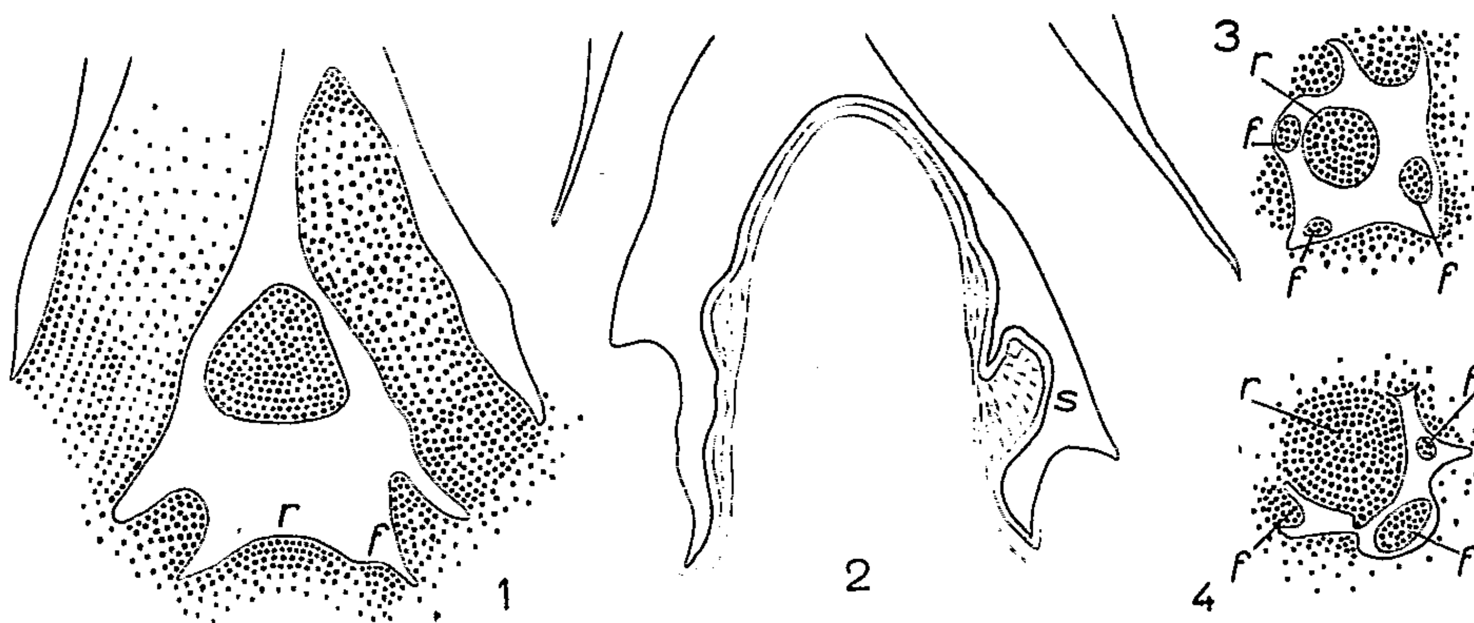
Le point végétatif de cette espèce (4) est plan, il forme un disque, bordé par l'*anneau initial*. Pendant la période de croissance végétative, la région axiale de cet apex (aire centrale de la *tunica*, et région apicale du *corpus*) est pratiquement inactive.

A la fin de la période végétative, des mitoses apparaissent dans cette région, avec une fréquence comparable à celle observée antérieurement dans l'*anneau initial*. Dans la *tunica*, il se forme essentiellement des cloisons anticlines. Malgré quelques mitoses périclines de l'assise sous-épidermique, c'est surtout le sommet du *corpus* qui manifeste une prolifération péricline active. Au-dessous, les cellules du « méristème médullaire » s'allongent et se différencient définitivement. Les cellules inférieures du *corpus*, et parfois quelques cellules supérieures du méristème médullaire,

(1) *La Cellule*, 47, 1938, p. 285.
(2) *Ann. of Bot.*, N. S., 10, 1946, p. 257.
(3) *La Cellule*, 52, 1948, p. 271.
(4) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1011.

prolifèrent en édifiant une zone de croissance nouvelle, à structure cambiale comme l'ancienne.

La prolifération du *corpus* fournit constamment d'autres cellules en files périclines, qui se différencient et s'allongent de plus en plus vite. Tandis que la prolifération anticline de la *tunica* en accroît la surface, le *corpus* produit donc le massif parenchymateux qui porte cette *tunica*. Ceci s'accorde avec la description de Grégoire, relative entre autres à *Ranunculus sceleratus*, qui distingue deux régions fonctionnelles : « manchon méristématique » et « porte-méristème ». Nous soutenons, par contre, que le méristème floral *naît exactement dans la région apicale axiale et provient de la transformation du méristème végétatif* (*fig.* 1).




Ainsi s'édifie un réceptacle floral, d'abord en forme de dôme, puis s'élevant en un cylindre à l'extrémité hémisphérique, entièrement recouvert d'un méristème à deux assises de cellules (*fig.* 2). Sur ce réceptacle, de bas en haut, naissent successivement les diverses pièces florales : sépales, pétales, étamines, carpelles. L'initiation de toutes ces pièces présente les mêmes traits histologiques. En particulier, la naissance de l'une quelconque est toujours annoncée par des *cloisonnements périclines de l'assise sous-épidermique*, également initiatrice des feuilles dans l'anneau initial. Nous remarquerons toutefois, avec Grégoire, que l'initiation des pièces florales ne comporte pas la formation d'un *soubassement*, comme pour les feuilles. De plus, *ce ne sont absolument pas les mêmes régions du méristème qui les produisent.*

Au début du développement du réceptacle, les plages méristématiques restant entre le dôme et l'anneau initial en voie de disparition édifient de trois à cinq dernières feuilles, à l'aisselle desquelles naîtront des fleurs secondaires (*fig.* 3 et 4).

En résumé, bien que nous devions renoncer à l'irréductibilité catégorique soutenue par Grégoire, nous retiendrons qu'entre les points végétatifs

et les méristèmes floraux de *Myosurus, ceux-ci provenant effectivement de la transformation des premiers*, il existe des différences qui appuient les conceptions de Grégoire et que ses contradicteurs ne paraissent pas avoir saisies :

1° Les cellules du méristème qui édifient la fleur ne sont pas les mêmes que celles qui concouraient à la construction de la tige et des feuilles.

2° Le méristème floral se constitue lorsque l'*anneau initial* va cesser de fonctionner. Cette observation histologique confirme les résultats morphologiques de L. Plantefol ([5]).

3° La prolifération, jusqu'alors confinée dans cet *anneau* périphérique, devient apicale, axiale.

Cette région axiale, constituée par des portions de la *tunica* et du *corpus*, édifie *seule* le réceptacle floral. Elle représentait donc un *méristème floral d'attente*, strictement apical, une sorte de réserve destinée à produire ou à porter les tissus sporogènes.

Ces résultats ont été obtenus sur une plante à tige courte et de semblables recherches sont nécessaires sur des espèces à tige élevée. Cependant, l'existence du *méristème floral d'attente* n'est certainement pas particulière aux *Myosurus*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur les divisions nucléaires chez les Discomycètes*. Note de M^me **Panca Heim**, présentée par M. Roger Heim.

Nous résumons ici nos observations sur les divisions nucléaires dans l'asque de nombreux Discomycètes ([1]), dont la plupart, à notre connaissance, n'ont pas fait jusqu'ici l'objet de recherches cytologiques. Dans toutes ces espèces, seule, la première division de l'asque présente les caractères d'une méiose. Tous les stades de la prophase hétérotypique s'y succèdent normalement. Les chromosomes définitifs, dont la chromatine très condensée ne laisse discerner aucun détail, se groupent à la fin de la prophase au centre du noyau considérablement grossi. Il est alors facile de les dénombrer, surtout après coloration par la méthode de Feulgen : à part ces éléments colorés en rouge, aucun corpuscule d'une autre nature ne trouble les images, comme c'est le cas dans les préparations colorées à l'hématoxyline. La disjonction des gemini et l'ascension polaire des chro-

([5]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 9, 1948, p. 35.

([1]) *Spathularia flavida, Pustularia ochracea, Humaria leucoloma, Pyronema confluens, Melastiza miniata, Peziza aurantia, Ciliaria hirta, Calicella citrina, Pulvinula constellatio, Galactinia saniosa, Disciotis venosa, Bulgaria inquinans, Acetabula vulgaris, Macropodia macropus, Aleuria micropus, Leotia lubrica, Otidea vitellina, Helvella crispa, etc.*

mosomes-fils ne se réalisent pas toujours simultanément, de sorte que des bivalents et des chromosomes disjoints peuvent être dispersés irrégulièrement sur le fuseau et provoquer des erreurs dans la numération chromosomique.

Les nombres chromosomiques ($n$) varient dans ces espèces, entre 4, 6 et 8. Les dimensions et les formes des chromosomes sont celles de bâtonnets plus ou moins courts, de 1 $\mu$ de long à peine, parfois même granuleux. Ce nombre se maintient dans les plaques équatoriales et polaires de la deuxieme et de la troisième divisions, ainsi que dans les mitoses des spores plurinucléées (*Helvella*, *Macropodia*, *Bulgaria*, etc.). La membrane nucléaire persiste dans toutes les divisions jusqu'à la fin de la prophase; elle disparaît à ce moment sans que cesse d'être distinct l'espace nucléaire au sein du cytoplasme.

Le nucléole se maintient longtemps sans changement de forme ou de volume; il est souvent visible à la télophase et même entre les noyaux-fils. Finalement, il disparaît dans le cytoplasme.

Le nucléole est riche en chromatine et se colore en rouge par la méthode de Feulgen dans les noyaux végétatifs; il perd cette propriété dans le noyau diploïde ainsi que dans tous les noyaux de l'asque et des spores, lorsque ceux-ci ont une taille relativement élevée. Par contre, dans les spores à petits noyaux, les nucléoles présentent encore la réaction de Feulgen. Les échanges entre nucléole et chromatine paraissent importants. Nombreuses sont les images (chez *Macropodia*, par exemple) où un ou deux chromocentres adhèrent intimement au nucléole dans le noyau de l'asque. Dans d'autres cas, le nucléole est entièrement mêlé, pendant les divisions, aux chromosomes à la plaque équatoriale, ou bien il occupe un pôle du fuseau tout en restant relié par un fin tractus chromatinien à la masse chromosomique.

Après chaque division, les chromosomes se disposent à la télophase en une calotte, puis, pendant que les noyaux-fils organisent leur membrane et leur nucléole, ils s'écartent progressivement l'un de l'autre dans la cavité nucléaire, se déchromatinisent partiellement et impriment aux noyaux interphasiques une structure caractéristique avec chromatine polarisée.

Lorsque les noyaux des spores sont formés, le cytoplasme se fragmente, dans la plupart des espèces, en îlots plus ou moins polyédriques séparés par des lignes claires, non colorables. Chaque portion ainsi délimitée contient un noyau. Cet aspect rappelle celui qui précède la formation des spores et des sporanges chez les Mucorales ou chez les Myxomycètes. Dans les *Galactinia*, *Disciotis*, *Acetabula*, etc., le cytoplasme se condense autour des noyaux avant l'apparition de la membrane sporale.

En résumé, les divisions qui s'effectuent à l'intérieur de l'asque présentent

les caractères des divisions classiques des noyaux des végétaux supérieurs. Ni centrosomes, ni asters ne participent aux divisions nucléaires ni à la délimitation des spores comme c'est cependant le cas, semble-t-il, dans d'autres Ascomycètes supérieurs.

BOTANIQUE. — *Sur le point végétatif de* Papaver somniferum *L. : structure et fonctionnement.* Note de M. **Gaston Bersillon**, présentée par M. Raoul Combes.

Le point végétatif de *Papaver somniferum* L. comprend, dans sa portion axiale, un méristème d'attente, entouré par une zone génératrice de feuilles (anneau initial) et surmontant un méristème médullaire fonctionnant à la façon d'un cambium.

Le fonctionnement du point végétatif est périodique : les différents secteurs de l'anneau initial traversent successivement des phases d'activité morphomogène, de régénération et de repos relatif.

1. *Structure* (*fig.* 1). — Sur une coupe longitudinale, le point végétatif apparaît entièrement recouvert par 4-5 assises cellulaires continues, d'une grande régularité et strictement appliquées les unes sur les autres. Mais cette enveloppe externe n'est pas homogène. Sur les flancs du point végétatif, elle est formée par un méristème aux cellules étroites avec un contenu très dense et très chromophile; les mitoses sont fréquentes. Cette zone est le siège d'une grande activité histogène et morphogène; elle est génératrice de feuilles : c'est l'*anneau* initial de M. L. Plantefol.

La région axiale du point végétatif est au contraire occupée par un méristème que caractérise la rareté relative des mitoses. Ce méristème dont l'activité est réduite et qui participe très peu à l'édification de la pousse feuillée peut être qualifié de *méristème d'attente.* Ses potentialités semblent se manifester plus tard, dans la formation de la fleur. On y distingue :

une partir superficielle, faite de 4 à 5 assises régulières de cellules assez volumineuses et peu chromophiles, contrastant avec celles de l'anneau initial;

une partie profonde où les cellules sont disposées sans ordre apparent.

Au-dessous de cette région, la moelle se développe à partir d'un *méristème médullaire* auquel la disposition des cellules et l'orientation des mitoses confère, surtout dans les plantes jeunes, l'aspect d'un cambium.

Il importe de souligner que ces régions, pour distinctes qu'elles soient, ne possèdent pas de limites rigoureuses, qu'il n'existe entre elles aucune discontinuité nette imposant à l'esprit la notion de leur autonomie et de leur mutuelle indépendance.

2. *Fonctionnement.* — A un instant donné le point végétatif porte un initium $F_7$ et un primordium $F_6$; il est environné d'ébauches $F_{5-1}$ (*fig.* 2)

Aucun contact n'existe à l'origine entre $F_6$ et $F_7$, seul le développement

tangentiel ultérieur de leurs insertions réalisera leur contiguïté. Au contraire l'initium $F_7$ est en contact intime avec la corne foliaire méristématique de $F_5$. De même, l'initium suivant $F_8$ se formera en contact immédiat avec le méristème ayant produit $F_6$ (*fig.* 2, 4 et 6). *La continuité des deux hélices foliaires* ($F_{1\text{-}3\text{-}5\text{-}7}$ et $F_{2\text{-}4\text{-}6\text{-}8}$) *se trouve donc réalisée dès l'origine.*

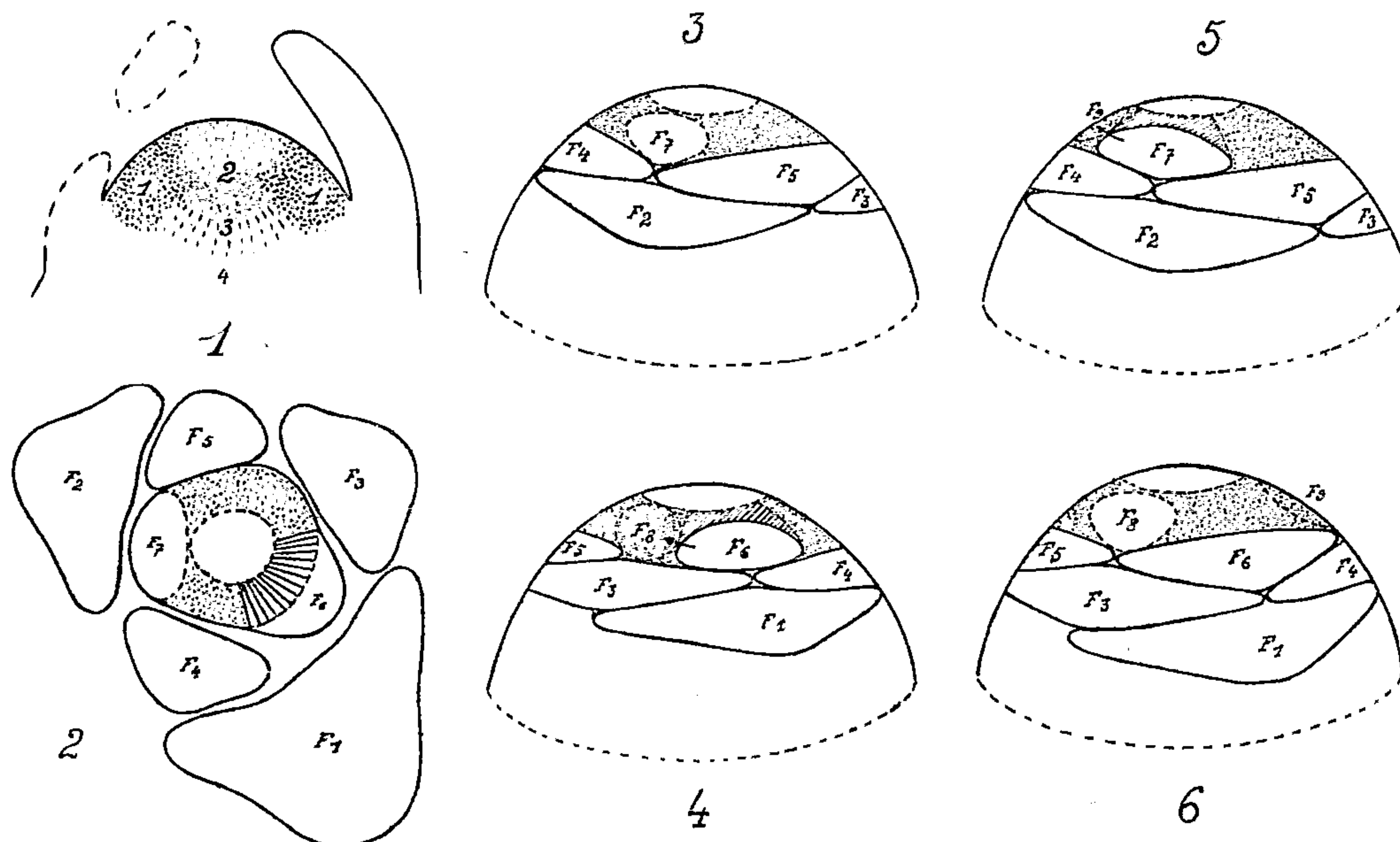


Fig. 1. — Point végétatif (schéma d'une coupe longitudinale. 1, anneau initial; 2, méristème d'attente 3, méristème médullaire; 4, moelle.)

Fig. 2. — Coupe transversale dans le bourgeon terminal,

Fig. 3-6. — Schéma des insertions foliaires sur le bourgeon. 3 et 4 figurent le bourgeon au même stade, vu par deux faces opposées; 5 et 6 représentent les deux mêmes faces, un plastochrone plus tard. (En pointillé : secteurs de l'anneau initial au repos; en hachures : secteurs en voie de régénération. Le contour des initiums est figuré en trait interrompu.)

On peut, d'autre part, isoler dans l'anneau initial quatre secteurs dont chacun manifeste, au moment de l'observation une activité différente.

Le premier correspond à l'initium $F_7$; il est au début de sa *phase morphogène* : une prolifération cellulaire intense va faire saillir un primordium. Toutes les cellules de l'anneau initital sont actuellement occupées, dans ce secteur, à la genèse d'un primordium.

Le secteur correspondant à $F_6$ se comporte différemment; le matériel cellulaire destiné à l'élaboration du primordium est maintenant délimité. Les mitoses observées dans ce secteur ont pour effet de restaurer, de régénérer l'anneau initial en vue de l'édification ultérieure de nouveaux primordiums (*phase de régénération*).

Les deux autres secteurs ont une activité plus réduite; les cellules, disposées en assises régulières, sont prêtes à reprendre une activité morpho-

gène qui se manifestera d'abord dans la région $F_8$ (c'est une *phase de repos relatif*).

Donc, à tout instant, chaque secteur de l'anneau initial se trouve dans une phase différente. Corrélativement, chaque secteur traverse périodiquement trois phases successives : phase morphogène, phase de régénération, phase de repos relatif. Cette dernière phase est la plus longue : par exemple la région qui a donné naissance à $F_5$, régénérée depuis la genèse de $F_6$, ne reprendra son activité morphogène que pour former $F_{10}$; durant sa phase de repos auront été formées $F_7$, $F_8$, $F_9$.

Dans certaines espèces, des auteurs (Popham, 1950-Philipson, 1946) ont décrit à la limite du méristème d'attente un cambium en cuvette, qui, formation permanente, assurerait d'une part la restauration de l'anneau initial, d'autre part la production de moelle. Je n'ai rien observé de tel sur *Papaver somniferum* L.

En résumé, cette périodicité dans le fonctionnement de l'anneau initial, jointe à la continuité des hélices suggère l'existence possible de deux centres générateurs de feuilles, à peu près opposés, parcourant l'anneau initital d'un mouvement régulier.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques incidences phytosociologiques du problème des excrétions racinaires.* Note de M[lle] **Yvette Becker**, MM. **Lucien Guyot** et **Jacques Montegut**, présentée par M. Roger Heim.

Diverses observations récentes, dans le cadre de nos recherches en cours sur les excrétats racinaires des Phanérogames, rendent compte de quelques incidences possibles de ce processus biologique sur l'évolution floristique des ensembles végétaux auxquels participent les espèces excrétrices.

*a. Développement des plantes parasites.* — Dans la pelouse à *Brachypodium pinnatum*, *Melampyrum arvense* vit aux dépens de certaines Graminées constitutives du peuplement : il est le plus souvent installé sur *Festuca ovina*.

Les excrétions racinaires des Graminées aident à l'installation et au développement du Mélampyre en favorisant la germination de ses graines et la croissance de ses plantules; inversement, les excrétions racinaires des espèces toxiques gênent l'apparition et l'évolution du Mélampyre, en agissant sur la plante elle-même ou sur ses supports habituels :

| *Melampyrum arvense.* | Graines semées sur sable. | Graines semées sur terre prélevée dans la rhizosphère de *Hieracium pilosella.* | Graines semées sur terre prélevée dans la rhizosphère de *Brachypodium pinnatum.* |
|---|---|---|---|
| % de germination au bout de deux mois. | 45 | 23 | 61 |
| Hauteur moyenne des tigelles au bout de quatre mois | 1-2 cm | 1-2 cm | 4 cm |
| Nombre de feuilles formées au bout de quatre mois | 2 | 2 | 4 à 6 |

| *Melampyrum arvense* (observations portant sur 344 pieds). | Au sein des cuvettes à *Hieracium pilosella*. | En dehors des cuvettes à *Hieracium pilosella*. |
|---|---|---|
| Nombre moyen de pieds au mètre carré. | 4 | 10 |
| Hauteur moyenne des pieds........... | 7,6 (1 à 16) cm | 13,3 (3 à 25) cm |
| Poids moyen par pied................ | 0,11 g | 0,35 g |

*b. Développement des plantes symbiotiques.* — Dans la pelouse à *Brachypodium pinnatum*, la dispersion, la vigueur et la floraison de *Loroglossum hircinum* varient selon que les individus présents sur le terrain sont considérés au sein des cuvettes à *Hieracium pilosella* ou en dehors de celles-ci :

| *Loroglossum hircinum* (observations portant sur 266 pieds). | Au sein des cuvettes à *Hieracium pilosella*. | En dehors des cuvettes à *Hieracium pilosella*. |
|---|---|---|
| Nombre moyen de pieds au mètre carré. | 2 | 4 |
| % des individus fleuris............... | 39 | 62 |
| Hauteur moyenne des pieds fleuris..... | 22,4 [16-28 (7-42)] cm | 32,1 [20-45 (15-47)] cm |
| Hauteur moyenne des inflorescences.... | 9,3 [5-15 (2-22)] cm | 11,7 [8-17 (2-21)] cm |

Le développement du Loroglosse est particulièrement luxuriant à l'intérieur des touffes de *Brachypodium pinnatum*; la hauteur des pieds fleuris est de 35-55 (32-74), en moyenne 46,2 cm, et la hauteur des inflorescences atteint 7-20 (4-24), en moyenne 13,2 cm.

*c. Antagonisme de germination.* — *Thlaspi perfoliatum* est sensible, à un haut degré, à l'antagonisme de germination qui résulte du voisinage de ses graines avec des graines germantes appartenant à d'autres espèces végétales. Alors que les graines de *Thlaspi perfoliatum* germent à 13-26 % dans le courant des six premiers mois qui suivent le moment de la récolte, le pourcentage de germination est abaissé à 10 % en présence de *Lactuca virosa*, 3 % en présence de *Lactuca perennis* et 1 % en présence de *Barkhausia fœtida*; le refus à la germination est total en présence d'*Asperula cynanchica*, *Lactuca saligna*, *Origanum vulgare*, *Plantago arenaria*, *cynops* et *psyllium* et *Thymus vulgaris*.

La prompte élimination de *Thlaspi perfoliatum* des ensembles végétaux évoluant sur les terres abandonnées par la culture dépend de cet antagonisme biochimique auquel divers autres Thérophytes (*Arenaria serpyllifolia*, *Calamintha acinos*, *Centaurea cyanus*, *Geranium columbinum*, *Valerianella* sp.) sont également sensibles à des degrés divers.

*d. Autotoxicité.* — Certaines espèces végétales sont sensibles à leurs propres excrétions racinaires. Le pourcentage de germination des graines d'*Hieracium pilosella* est diminué (par rapport au témoin germant dans des conditions normales) de 24 % lorsque les graines sont placées au contact de jeunes plantules d'*Hieracium pilosella* et de 71 % lorsque les graines sont arrosées avec un extrait aqueux de racines fraîches d'*Hieracium pilosella*.

Le dépérissement progressif et l'extinction définitive de la Piloselle au centre des vieilles cuvettes à Piloselle est la conséquence de cette intolérance de la plante à l'égard d'elle-même.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les acides organiques des Pêches et des Prunes.* Note de M. **Émile Peynaud**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les fruits de 36 variétés de Pêches et de 26 variétés de Prunes, choisies parmi les plus caractéristiques et les plus intéressantes, au point de vue cultural, du verger expérimental de la Station d'Arboriculture fruitière du Sud-Ouest à Villenave d'Ornon, dans la banlieue Sud de Bordeaux, ont fait l'objet d'analyses détaillées au cours des récoltes 1946 (1), 1947, 1948 et 1949. La description morphologique des variétés de Pêches a été faite récemment par MM. Souty et Caillavet (2).

Voici à titre d'exemple, les résultats obtenus avec quelques variétés cueillies à maturité. Tous les chiffres sont des milliéquivalents par litre de jus, à part les sucres exprimés en grammes.

| Variétés. | Sucres totaux. | Acidité de titration. | Alcalinité des cendres. | $NH_4$. | Somme des cations. | Acide malique. | Acide citrique. | Acide pectique. | Acide phosphorique. | Somme des anions. | Acides indosés. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | *Pêches.* | | | | | | |
| May Flower 1946.... | 72 | 88 | 51 | 6 | **145** | 60 | 46 | 2 | 7 | **115** | 30 |
| Nectarine Gold Mine 1946............ | 186 | 114 | 111 | 3 | **228** | 144 | 24 | 4 | 15 | **187** | 41 |
| Triumph 1947....... | 99 | 86 | 76 | 6 | **168** | 69 | 20 | 2 | 6 | **97** | 71 |
| J. H. Hale 1947...... | 109 | 105 | 98 | 2 | **205** | 91 | 37 | 6 | 8 | **142** | 63 |
| Carman 1948........ | 111 | 99 | 72 | 2 | **173** | 73 | 47 | 2 | 4 | **126** | 47 |
| Early Elberta 1948... | 112 | 81 | 57 | 1 | **139** | 53 | 38 | 2 | 6 | **99** | 40 |
| Alexander 1949...... | 67 | 68 | 51 | 7 | **126** | 34 | 44 | 2 | 3 | **83** | 43 |
| Pavie Rose 1949..... | 135 | 76 | 79 | 5 | **160** | 74 | 31 | 1 | 3 | **109** | 51 |
| | | | | | *Prunes.* | | | | | | |
| Reine-Claude d'Althaud 1946.... | 156 | 48 | 57 | 3 | **108** | 54 | 2,0 | 5 | 9 | **70** | 38 |
| Monsieur 1946...... | 98 | 162 | 63 | 3 | **228** | 149 | 18,2 | 5 | 9 | **181** | 47 |
| Marcelle Chasset 1947 | 257 | 260 | 154 | 6 | **420** | 290 | 6,2 | 4 | 11 | **311** | 109 |
| Reine-Claude de Bavey 1947.... | 180 | 65 | 86 | 4 | **155** | 73 | 2,0 | 6 | 8 | **89** | 66 |
| Reine-Claude Washington 1948... | 137 | 260 | 61 | 2 | **323** | 246 | 3,1 | 3 | 3 | **255** | 68 |
| Petite Mirabelle 1948. | 144 | 96 | 75 | 1 | **172** | 119 | 1,0 | 3 | 4 | **127** | 45 |
| Mirabelle Dorée 1949. | 150 | 78 | 132 | 4 | **214** | 132 | 1,0 | 2 | 5 | **140** | 74 |
| Prune d'Ente 1949... | 123 | 79 | 72 | 3 | **154** | 52 | 0,8 | 2 | 3 | **58** | 96 |

(1) L. Genevois et E. Peynaud, *Rev. Hortic.*, 30, 1947, p. 295 et 317.

(2) *Monographie des principales variétés de Pêches*, Bordeaux, 1950.

La richesse en sucre des Pêches varie de 1 à 2,8; l'acidité de titration et l'alcalinité des cendres du simple au double. Des variétés différentes cultivées sur un même sol peuvent donc prélever des quantités de matières minérales variant de 1 à 2. L'acide malique va de 34 à 144 milliéquivalents; l'acide citrique de 18 à 60. Le rapport malique/citrique peut varier de 0,78 à 6. Il y a généralement plus d'acide malique que d'acide citrique, mais l'inverse peut se rencontrer. Ce fait, signalé dès 1947, est à rapprocher du cas des Poires à poirés plus riches en acide citrique qu'en acide malique, décrit par Tavernier et Jacquin ([3]). Il est donc impossible de faire une distinction de principe entre les fruits soit-disant à acide malique des Rosacées et les fruits à acide citrique (Ribes, Agrumes, etc). Cependant les variétés à forte acidité de titration sont toujours les plus riches en acide malique.

Chez les Prunes, les richesses en sucre vont de 1 à 2,5; l'acidité de titration, l'acide malique varient de 1 à 5, l'alcalinité des cendres de 1 à 7; les pH oscillent de 3,07 à 4,58, l'acidité réelle des jus va donc de 1 à 15. L'acide citrique existe généralement à faible dose, sauf chez la *Prune Monsieur*, nettement à part. Si l'on excepte ce cas, l'acide citrique ne représente que 0,5 à 2 % des acides organiques, avec 0,8 à 6 milliéquivalents par litre de jus.

L'acide malique, dont les teneurs au litre sont de 52 à 290 milliéquivalents, constitue 35 à 75 % de la totalité des acides et 85 à 95 % des acides dosés. Les fruits les plus acides sont toujours des fruits riches en acide malique. Il est des Prunes à la fois très sucrées et très acides (*Marcelle Chasset*) et d'autres très sucrées et peu acides (*Reine-Claude de Bavey*). Le précipité des matières pectiques dans l'alcool consomme quelques milliéquivalents de NaOH, que nous faisons entrer dans les bilans acidimétriques. Les Prunes sont de façon générale riches en pectine.

Le calcul des bilans fait ressortir la présence d'acides inconnus dont la proportion varie de 20 à 60 % de la totalité des acides et qui, jusqu'à maintenant, n'ont pu être identifiés. Peut-être s'agit-il, au moins en partie, d'acide isocitrique. Les Raisins étudiés par nous ne renfermaient pas d'acides inconnus ([4]).

La recherche des acides tartrique, oxalique, succinique, lactique, glyoxylique, a été négative. L'acide ascorbique total va de 60 à 590 mg par kilogramme de pulpe chez la Pêche, de 8 à 230 mg chez la Prune.

Les matières azotées, les polyphénols, les matières pectiques, l'influence de l'année sur la composition du fruit, l'évolution au cours de la maturation, ont été également étudiées et seront décrits ailleurs.

---

([3]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 13 et 73; *Indus. agric. et alim.*, 66, 1949, p. 513.

([4]) PEYNAUD, , *Thèse*, Bordeaux, 1946; *Indus. agric. et alim.*, 64, 1947, p. 87.

ÉCOLOGIE. — *Explication de la présence de certains thérophytes rencontrés parfois dans les associations du Rosmarino-Ericion.* Note (*) de M. **Gabriel Deleuil**, transmise par M. Louis Emberger.

La présence de certains thérophytes dans le Rosmarino-Ericion est due à la biologie spéciale de ces espèces.

Les espèces annuelles que l'on peut parfois rencontrer dans les associations du Rosmarino-Ericion sont, en Provence, les suivantes : *Linum strictum*, *Aira Cupaniana*, *Cerastium pumilum*, *Draba verna*, *Hutchinsia petraea*, mais les plus fréquentes sont des Papilionacées (*Hippocrepis ciliata* et *H. unisiliquosa*, *Ervum gracile*) et des Scrofulariacées (*Odontites lutea*). Cette dernière espèce ne manque presque jamais.

On remarque que les thérophytes les plus fréquents ont une biologie spéciale : présence de nodosités chez les unes (Légumineuses), hémiparasitisme chez les autres (*Odontites*). On peut donc penser que la tolérance de ces espèces vis-à-vis des substances toxiques excrétées dans le sol par les espèces caractéristiques du Rosmarino-Ericion a des rapports avec leur mode de vie.

Nous avons fait les expériences suivantes :

Des graines de thérophytes sont mises à germer dans deux terrines contenant de la terre de jardin; l'une est arrosée d'eau de lessivage toxique du sol du Rosmarino-Ericion ([1]), l'autre alternativement de cette même eau et de l'eau dans laquelle on a fait macérer et broyé des nodosités de Légumineuses. Dans le lot arrosé uniquement d'eau de lessivage, toutes les jeunes plantules meurent, comme nous l'avons observé précédemment ([2]). Quant à l'autre lot, on constate que l'arrosage par l'eau des nodosités a neutralisé les substances toxiques : les plantules ne présentent plus de signes de dépérissement et se développent normalement; tout se passe comme si la terre dans laquelle elles se trouvent n'avait pas reçu de substances toxiques.

Des résultats identiques sont constatés, si, au lieu d'utiliser les nodosités des Légumineuses, on opère avec des racines d'*Odontites lutea*.

Si, au lieu d'employer les parties souterraines de ces plantes, on emploie leurs parties aériennes, les résultats sont moins nets; un très grand nombre de plantules disparaissent plus ou moins rapidement, et celles qui survivent, toujours peu nombreuses, n'arrivent jamais à fructifier et présentent nettement des signes de dégénérescence.

---

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1362.

([2]) *Loc. cit.* et *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2038.

Il apparaît donc que les nodosités des Légumineuses et les racines d'*Odontites lutea* produisent des substances antagonistes de celles excrétées par les racines des espèces caractéristiques du Rosmarino-Ericion, ce qui permet à ces espèces de subsister.

De plus, si l'on fait germer des graines de Légumineuses annuelles dans la terre du Rosmarino-Ericion, on constate que les nodosités se développent plus vite et deviennent beaucoup plus grosses que dans les plantules témoins cultivées sur terre ordinaire. Les mêmes faits sont observés dans la nature : *Ervum gracile* a des nodosités beaucoup plus grosses dans les garrigues, à l'abri des touffes de Romarin, qu'en dehors.

Quant aux plantes annuelles qui n'appartiennent pas aux familles des Papilionacées ou des Scrofulariacées, on peut distinguer deux cas :

1° *Draba verna* et *Hutchinsia petraea* sont deux petites espèces printanières à système radiculaire très faible et superficiel; celui-ci se développe donc dans un horizon pédologique lessivé par les pluies hivernales méditerranéennes et ne contenant pas, pour cette raison, de substances toxiques. Pendant la période sèche et chaude, les substances toxiques remontent par capillarité, mais ces espèces ont alors terminé depuis longtemps leur cycle de développement; elles vivent donc dans un sol désintoxiqué, dans des conditions identiques à celles qu'elles rencontrent dans un sol ordinaire.

2° Le cas des autres thérophytes, tels que *Linum strictum*, par exemple, est un peu différent. Les graines de *Linum* germent assez tôt, au printemps, lorsque les parties superficielles du sol sont lessivées. La plantule peut donc s'y développer; elle enfonce verticalement sa jeune racine, mais le développement de l'individu n'est pas terminé, lorsque la sécheresse estivale survient amenant la remontée des substances toxiques. Aussi, dès le début de la saison sèche, la racine du Lin, jusqu'alors verticale, se courbe à angle droit et court horizontalement à quelques millimètres de profondeur au-dessous de la surface du sol, c'est-à-dire dans la zone qui reste non toxique.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la diminution de la teneur en chlore du muscle des jeunes saumons (smolts) lors de la migration d'avalaison.* Note de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. Louis Fage.

Mise en évidence d'une teneur en chlore du muscle plus faible chez le smolt (jeune saumon en migration vers l'Océan) que chez le parr (jeune saumon sédentaire). Hypothèse sur les mécanismes physiologiques pouvant entraîner cette déminéralisation.

Nous avons antérieurement signalé la diminution de la chlorémie et de la teneur en ions chlore du muscle de l'Anguille argentée d'avalaison,

par rapport à l'Anguille sédentaire (1). Une étude critique de ces travaux et de ceux qui ont suivi (Mac Cance, Fontaine et Callamand, Koch) a conduit ce dernier auteur à conclure récemment que l'Anguille argentée quitte l'eau douce au moment où débute un phénomène de déminéralisation (2).

Il nous a paru intéressant de chercher si un phénomène analogue pouvait être mis en évidence chez le Saumon au cours de ses migrations d'avalaison vers l'Océan. Les résultats que nous apportons dans cette Note concernent le jeune Saumon (*Salmo salar* L.) du Gave d'Oloron.

De nombreuses déterminations de chlorémie ont été faites sur le sang ou le sérum de parr en hiver, de parr et de smolt au printemps, sans qu'une différence significative puisse être relevée entre ces deux étapes du développement (3). Par contre, une telle différence existe entre la teneur en chlore du tissu musculaire de parr et celle du muscle de smolt.

En effet, en décembre 1949, chez les parrs la teneur en chlore des grands muscles latéraux du tronc (exprimée en grammes par kilogramme de tissu frais), a été trouvée oscillant de 0,288 à 0,372 (0,288, 0,307, 0,328, 0,365, 0,372), *moyenne* 0,332.

En avril 1950, cette même teneur est trouvée, sur des parrs, oscillant entre 0,285 et 0,335 (0,285, 0,307, 0,316, 0,316, 0,330, 0,332, 0,335), *moyenne* 0,318; et, sur des smolts en migration, oscillant entre 0,141 et 0,326 (0,141, 0,200, 0,255, 0,260, 0,278, 0,279, 0,289, 0,293, 0,326), *moyenne* 0,258.

En mars et avril 1951, des parrs (parrs typiques et parrs présentant un début d'argenture, mais tous sédentaires) donnent les valeurs suivantes : 0,258, 0,277, 0,288, 0,291, 0,299, 0,314, 0,314, 0,322, 0,331, 0,336, 0,340, 0,366 et 0,394, *moyenne* 0, 317 et les smolts capturés en migration : 0,239, 0,247, 0,254, 0,255, 0,257, 0,259, 0,264, 0,271, 0,272, 0,287, *moyenne* 0,260.

Les différences entre moyennes établies d'une part sur les parrs capturés en hiver, d'autre part sur les parrs pêchés au printemps, ne sont pas statistiquement significatives. Par contre, celles existant entre les moyennes établies sur les parrs et les moyennes obtenues des smolts le sont très nettement.

La faible valeur de la teneur en chlore du muscle du smolt par rapport à celle du parr ne peut être mise sur le compte de différences de teneurs en lipides ou de teneurs en eau. Celles-ci, qui ont été déterminées pour un certain nombre de ces individus, étant beaucoup trop faibles pour rendre compte des variations de teneurs en chlore du muscle.

---

(1) O. Callamand et M. Fontaine, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 298.

(2) M. Fontaine et H. Koch, *J. Physiologie*, 42, 1950, p. 287-318.

(3) M. Fontaine, Vibert et O. Callamand, *Annales Stat. centrale d'hydrobiologie appliquée*, 3, 1950, p. 15-26.

Notons que, dès que le smolt a passé quelques jours en eau de mer, son muscle s'est très notablement reminéralisé. Les tissus musculaires de deux smolts gardés deux ou trois jours en eau de mer présentaient une teneur en chlore de 0,382 et 0,394.

Quel est le mécanisme de la déminéralisation du jeune Saumon en migration, déminéralisation qui n'est probablement pas limitée aux seuls ions Cl, mais qui porte sans doute sur certains autres anions et cations ?

On peut d'abord se demander si celle-ci n'est pas simplement une conséquence de l'agitation motrice accompagnant l'avalaison du smolt. Les données que nous possédons actuellement ne permettent pas d'envisager favorablement une telle hypothèse. Rappelons d'ailleurs que l'avalaison de l'Anguille est beaucoup plus passive que celle du smolt, et que la déminéralisation de cette espèce au moment de l'avalaison avait été considérée comme pouvant résulter de trois facteurs différents ([4]) :

*a.* l'absence d'apports alimentaires de substances minérales en raison du jeûne physiologique, qui se manifeste à cette étape des migrations de l'Anguille;

*b.* l'absence d'une fonction d'absorption des ions Cl, à partir des eaux douces, très faiblement minéralisées, c'est-à-dire contre un gradient de salinité, fonction qui a été trouvée chez tous les autres poissons d'eau douce étudiés jusqu'ici;

*c.* une modification du fonctionnement thyroïdien, entraînant une perturbation de l'osmorégulation.

Le fait que les smolts se nourrissent abondamment ([6]), que les Salmonidés possèdent cette fonction d'absorption des ions Cl à partir des eaux douces ([5]), mais que la migration du smolt s'effectue à la suite d'un hyperfonctionnement thyroïdien ([7]), qui doit être rapproché de celui observé chez l'Anguille ([8]), attire tout particulièrement l'attention sur ce dernier facteur, dont nous poursuivons actuellement l'étude.

---

([4]) O. Callamand, *Annales Inst. Océan.*, 21, 1943, p. 361-440.

([5]) A. Krogh, *Osmotic regulations in aquatic animals*, 1939, Cambridge, U. P.

([6]) W. S. Hoar, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 6, 1942, p. 90.

([7]) M. Fontaine et M. Olivereau, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1660; M. Fontaine et J. Leloup, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 169.

([8]) O. Callamand et M. Fontaine, *Arch, Zool. Exp. et Gén.*, 82, 1942, p. 129-136; C. Bernardi, *Riv. Biol. Ital.*, 40, 1948, p. 186-228.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Quelques précisions sur le phénomène d'induction dans la morphogenèse de l'intestin moyen chez l'embryon de* Leptinotarsa (*Insecte. Col.*). Note de M. **André Haget**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez *Leptinotarsa*, l'endoderme provient de deux petits massifs endoblastiques situés l'un en position sub-stomodéale, l'autre en position sub-proctodéale; dès le 3e jour du développement, chacun de ces massifs a bourgeonné, présentant entre le vitellus et le feuillet mésodermique viscéral, deux bandelettes latérales d'endoblaste qui se sont dirigées respectivement vers l'arrière et vers l'avant, et ont fait leur jonction dans la région thoracique de l'embryon; à partir de ce moment, et jusqu'au 5e jour, les bandelettes jointives s'élargissent en même temps que les flancs de l'embryon pour se refermer en un tube intestinal moyen.

J'ai pu montrer [1] que, chez *Leptinotarsa*, le feuillet cœlomique interne exerce une action inductrice sur la différenciation de l'endoderme. Il faut préciser que c'est seulement après la période de « mise en place » de l'endoblaste, et pendant les 48 h qui précèdent l'éclosion (7e jour), que se manifeste l'effet de l'induction, par l'acquisition rapide de la différenciation typique de l'épithélium intestinal moyen (cellules cubiques à cytoplasme vacuolaire).

En conséquence, la période de contact précoce entre l'inducteur et le réacteur (3e et 5e jour) est-elle, ou non, indispensable à la préparation de l'induction, visible du 5e au 7e jour ?

Les mouvements importants des cellules mésoblastiques au cours de leur mise en place sont-ils incompatibles avec une induction simultanée ?

Pour essayer de répondre à ces questions, j'ai imaginé l'expérience suivante :

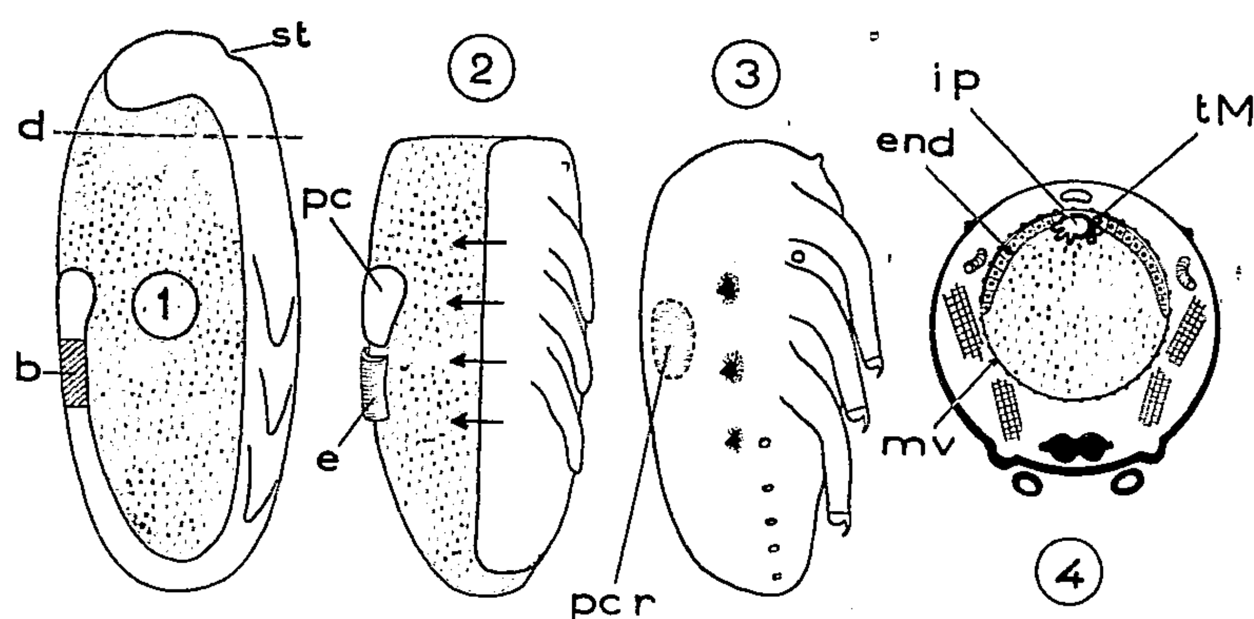
*Expérience.* — Sur le germe de 2 jours (à 24° C) on brûle au thermocautère une toute petite bande ecto-mésodermique de l'abdomen embryonnaire, juste en avant de l'emplacement de l'ébauche endoblastique postérieure. On décapite ensuite l'embryon de manière à enlever de façon sûre l'ébauche endoblastique antérieure (*fig.* 1).

Dans les 24 heures qui suivent l'opération, la bandelette embryonnaire se raccourcit jusqu'à ce que son extrémité caudale arrive sur la face ventrale du germe. L'ébauche endoblastique postérieure solidaire de la plaque caudale (elle-même séparée de l'embryon par la brûlure), reste immobilisée au milieu de la région dorsale du germe (*fig.* 2). Dans la suite du développement, les flancs de l'embryon (dépourvu d'endoblaste) s'étalent vers le dos du germe où ils atteignent et recouvrent la plaque caudale le 5e jour seulement. Nous avons donc empêché, par cet artifice opératoire, la mise en contact de l'inducteur et du réacteur avant le 5e jour, moment où commence, dans le développement normal, l'induction visible de l'endoderme.

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1695.

*Résultats* (*fig.* 3 et 4). — Dans un bon nombre des larves partielles obtenues (fixées à l'éclosion des témoins) le mésoderme splanchnique, en se refermant dorsalement, est entré en contact avec les cellules de l'ébauche endoblastique sub-proctodeale.




1. *Schéma du germe de 2 jours, au moment de l'opération : st*, emplacement du stomodeum; *b*, zone brûlée; *d*, niveau de décapitation.

2. *Schéma de l'embryon partiel 24 heures après l'opération : pc*, plaque caudale isolée en position médio-dorsale; *e*, escarre (elle se sépare des parties vivantes du germe quelques minutes après la brûlure). Les flèches indiquent la direction des mouvements d'extension des flancs de l'embryon.

3. *Schéma de la larve partielle au moment de l'éclosion : pcr*, dérivés de la plaque caudale, recouverts par l'ectoderme et le mésoderme des flancs.

4. *Section transversale schématique de la larve opérée, au moment de l'éclosion : mv*, mésoderme viscéral; *ip*, intestin postérieur; *tM*, tubes de Malpighi; *end*, endoderme différencié.

A partir du point de contact, et très rapidement (en moins de 48 h), ces cellules endoblastiques se sont étalées en épithélium entre vitellus et feuillet cœlomique interne, et elles ont acquis leur différenciation endodermique typique.

Dans les cas où il n'y a pas eu rétablissement du contact entre le feuillet cœlomique viscéral et l'endoblaste, il ne se forme pas de paroi intestinale moyenne, et on ne trouve, dans les ébauches provenant de l'extrémité caudale isolée, aucune cellule de type endodermique différencié.

*Conclusions*. — Le contact entre feuillet splanchnique du mésoderme et endoblaste pendant la période normale de mise en place de l'ébauche intestinale moyenne (3ᵉ au 5ᵉ jour) n'apparaît pas indispensable à la réalisation de l'induction ultérieure (5ᵉ au 7ᵉ jour). Seul le contact à partir du 5ᵉ jour est indispensable.

Dans les conditions de l'expérience, l'inducteur et le réacteur séparés peuvent donc acquérir leur « maturité » indépendamment l'un de l'autre; par ailleurs, la réponse de l'endoblaste à l'induction splanchnique peut se produire en même temps qu'une migration rapide (et de grande amplitude) des cellules endoblastiques.

En conséquence, si, dans le développement normal, l'endoblaste ne se transforme pas en endoderme différencié avant le 5e jour, ce n'est pas parce qu'il utilise de « l'énergie » pour sa migration. Jusqu'à cette date, ou bien le mésoderme splanchnique n'est pas mûr en tant qu'inducteur, ou bien l'endoblaste n'a pas acquis sa compétence, ou encore les deux incapacités coexistent.

C'est ce que j'essaierai de préciser ultérieurement.

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Le rôle de l'isolement sexuel dans l'évolution des populations de* Drosophila melanogaster. Note de Mme **Claudine Petit**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'isolement sexuel entre races, lignées ou mutants d'une même espèce, a fait l'objet de récentes études de l'École de Dobzhansky et Mayr. Mais les répercussions possibles de ce phénomène sur l'évolution des populations n'ont été que rarement envisagées, et les travaux théoriques antérieurs sur les populations supposaient que les croisements ont lieu au hasard, n'importe quel mâle ayant des chances égales de féconder n'importe quelle femelle. Il y avait donc lieu d'étudier le rôle de l'isolement sexuel dans l'évolution des populations. C'est ce que j'ai fait, grâce à une technique nouvelle utilisant les cages à populations mises au point par L'Héritier et Teissier (1).

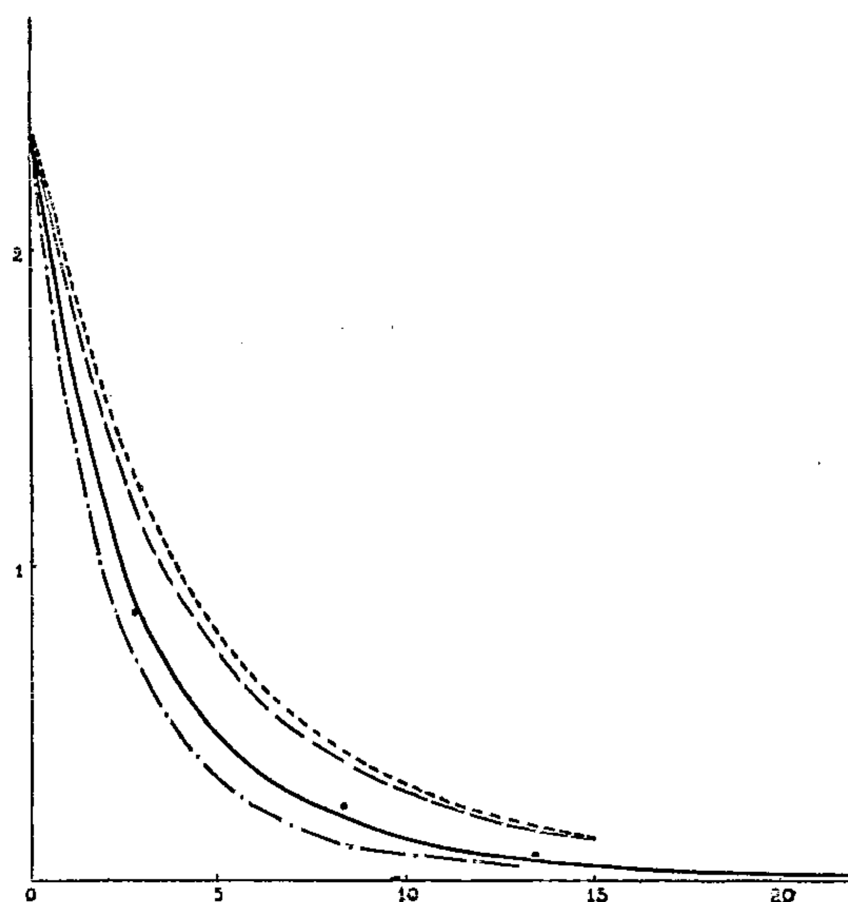
Le gène *Bar* (B) de *Drosophila melanogaster*, semi-dominant lié au sexe et son allélomorphe normal ($B^+$) ont été choisis pour cette étude : l'examen de la première génération issue d'un croisement quelconque de ces allèles permet, en effet, de connaître le génotype des parents. D'une cage à populations renfermant des femelles $B^+/B^+$, $B^+/B$ et $B/B$ et des mâles $B^+$ et B en nombres connus, j'extrais au hasard 250 femelles des trois génotypes. La ponte de chaque femelle est recueillie en tube individuel. L'examen de la descendance permet de conclure à quel type de mâle la mère s'est accouplée.

Il apparaît ainsi que les femelles, quel que soit leur génotype, se croisent plus volontiers aux mâles de type sauvage qu'aux mâles *Bar*, tandis que les mâles semblent absolument indifférents au génotype de la femelle. D'où la définition d'un « coefficient de sélection sexuelle » égal au rapport des probabilités pour une femelle d'être fécondée par un mâle *sauvage* ($B^+$) et par un mâle *Bar* (B).

L'expérience, recommencée un certain nombre de fois avec des fréquences différentes de mâles $B^+$, a montré que ce coefficient de sélection

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1765.

sexuelle n'est pas constant. Il varie de façon continue au cours de l'évolution de la population. Assez élevé (3 environ) quand la fréquence des mâles $B^{+}$ est faible, il diminue à mesure que celle-ci augmente et tend vers un palier (de l'ordre de 1,6) pour les fréquences égales ou supérieures à 50 % de mâles $B^{+}$, dans la population de mâles. La variabilité de ce coefficient au cours de l'évolution est un élément nouveau de la théorie des populations. Il implique, en certains cas, le remplacement des formules générales d'évolution par un calcul de génération en génération.




*Évolution théorique de populations renfermant le gène* Bar *et son allélomorphe normal.*

*En abscisse :* Nombre de générations. — *En ordonnée :* $\frac{\text{nombre de gènes B.}}{\text{nombre de gènes B}^{+}}$.

- - - - - - - - - - Population dont l'évolution est déterminée par la sélection sexuelle seule.

— — — — — — par la sélection larvaire seule, les coefficients de sélection larvaire étant égaux à 0,70.

-·-·-·-·-·- par les deux types de sélection précédents.

———————— par la sélection sexuelle et la sélection larvaire, les coefficients sélectifs des femelles et males étant respectivement égaux à 0,80 et 0,85.

Les points représentent l'évolution d'une population observée directement.

L'influence de ce coefficient sur l'évolution des populations a été étudiée en comparant l'évolution d'une population expérimentale à l'évolution d'une population théorique présentant, d'une part l'isolement sexuel, d'autre part, le phénomène de sélection larvaire mis en évidence par L'Héritier et Teissier [2], le coefficient de sélection larvaire ayant été mesuré pour la souche considérée. Cette étude comparative montre que l'effet de la sélection sexuelle est à peu près le même que celui d'une sélection larvaire

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 306.

de 0,70 intéressant les mâles et femelles mutants. La représentation graphique de l'évolution des populations considérées a été faite en portant en abscisse le nombre de générations, en ordonnée le rapport du nombre de gènes B au nombre de gènes $B^+$. On remarquera que les points expérimentaux sont très proches de la courbe représentative d'une population théorique dont l'évolution serait déterminée par l'isolement sexuel précédemment évalué et la sélection larvaire, les coefficients de sélection larvaire étant égaux à 0,80 et 0,85.

La sélection sexuelle joue donc un rôle considérable dans l'évolution des populations de *Drosophila melanogaster*. La variation de l'indice d'isolement sexuel au cours de l'évolution met en évidence un phénomène d'un type nouveau, probablement assez fréquent et dont il y a lieu de tenir compte dans la théorie des populations.

BIOLOGIE. — *Sur l'agglutinogène* B *et les isohémagglutinines anti*-B. Note de M^mes **Sabine Filitti-Wurmser**, **Yvette Jacquot-Armand** et M. **René Wurmser**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré [1] que l'on peut différencier, d'après des données énergétiques, les isohémagglutinines anti-B contenues dans les sérums des individus $A_1O$, $A_2O$; $A_3$, $A_1A_1$. Les résultats présentés dans cette Note sont relatifs à l'isoagglutinine anti-B d'individus OO et à l'agglutinogène B lui-même.

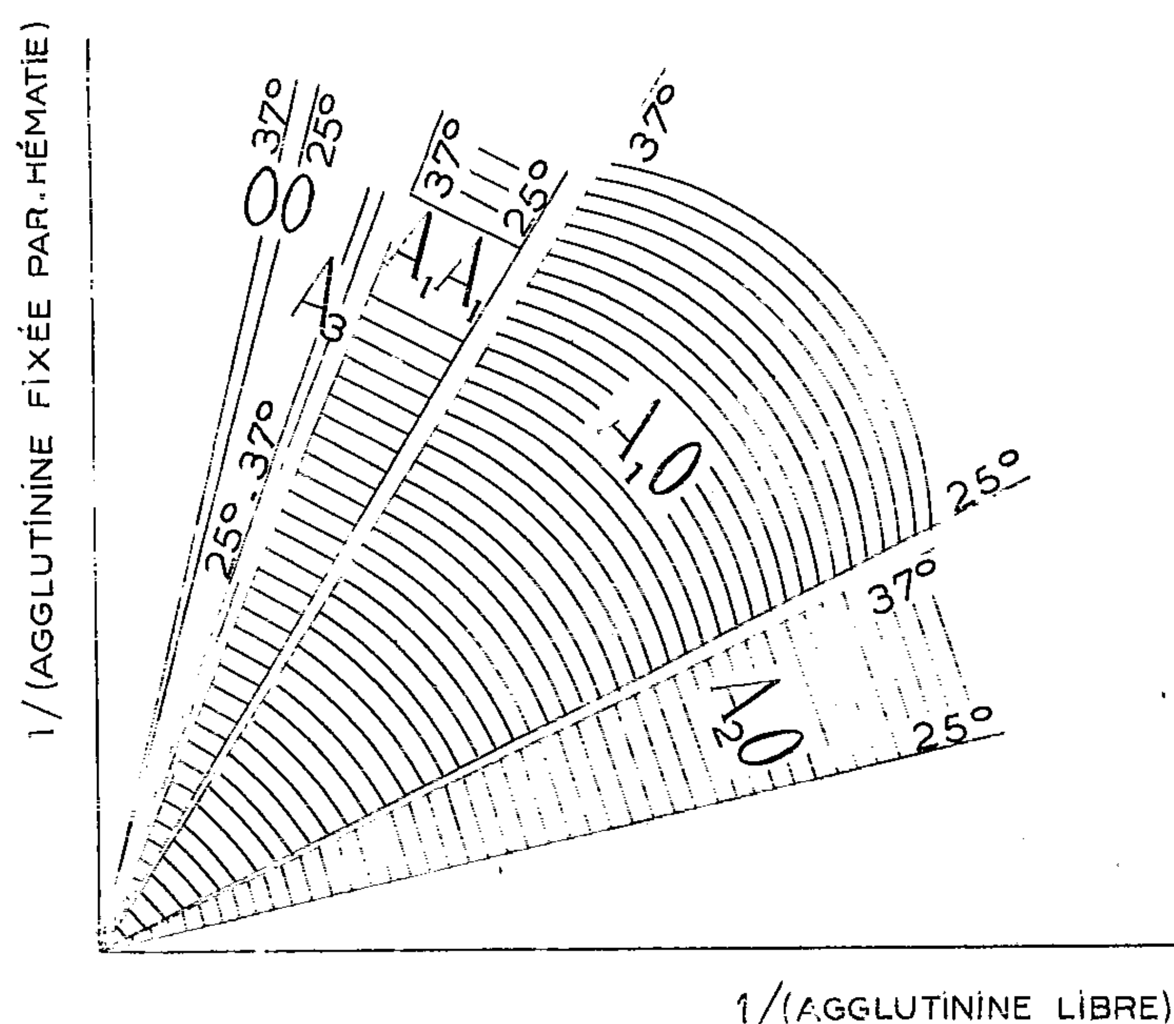
Rappelons que la méthode est basée sur l'application de la loi d'action des masses à la fixation des molécules d'agglutinine sur les groupes agglutinogènes des hématies, ces groupes étant sans interaction et tous semblables.

Le nombre maximum $N_4$ d'hématies agglutinées à 4° C par millimètre cube d'un mélange constitué par du sérum et une suspension d'hématies est proportionnel à la concentration de l'agglutinine. Ayant déterminé le nombre $N_4$ d'un sérum on ajoute à un volume donné de ce sérum une quantité d'hématies telle que le mélange renferme $N_t$ hématies par millimètre cube. On agite à la température choisie et, quand l'équilibre est atteint, on centrifuge à cette même température, et l'on détermine dans le liquide surnageant le nombre maximum $N'_4$ d'hématies qui peuvent être agglutinées à 4° C, par millimètre cube. $(N_4 - N'_4)$ mesure l'agglutinine fixée. Si $m$ est le nombre de groupes agglutinogènes par hématie et K la constante intrinsèque correspondant à l'équilibre entre ces groupes et les molécules d'agglutinine, la pente de la droite obtenue en portant l'inverse de l'agglutinine fixée par hématie, $N_t/(N_4 - N'_4)$, en fonction de l'inverse de l'agglutinine libre, $1/N'_4$, est proportionnelle à $1/m$K. En

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 683; *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 419-431.

outre, à partir du rapport des pentes à deux températures, on déduit la variation d'enthalpie $\Delta H$. Nous avons étudié de cette manière les sérums du groupe O. Les pentes à 37° C et 4° C calculées par la méthode des moindres carrés sont respectivement de $4,105 \pm 0,126$ et $2,821 \pm 0,102$, ce qui correspond à une valeur de $\Delta H$ de — 2 000 cal : mol-g d'agglutinine.

Le schéma de la figure permet de comparer les affinités des diverses isohémagglutinines anti-B, celle de l'agglutinine provenant d'individus OO, et que nous appelons β(OO), étant la plus faible. L'angle formé par les droites correspondant à 37° et à 25° à une même agglutinine, peut servir à calculer les valeurs de $-\Delta H$, qui sont respectivement, en calories, 16 000, 9 000, 8 000, 3 000, 2 000 pour $A_1O$, $A_2O$, $A_1A_1$, $A_3$ et OO.




Ces résultats obtenus avec l'agglutinine β(OO) complètent l'étude que nous avons entreprise des isohémagglutinines anti-B. Ils confirment que chaque isohémagglutinine anti-B diffère suivant le génotype de l'individu qui l'a formée. Au contraire l'agglutinogène B lui-même se montre identique en nature et en quantité dans toutes les hématies qui en sont pourvues. C'est ce que montrent les mesures effectuées avec des hématies BO, $A_1B$ et $A_2B$ mises en présence de sérum $A_1O$ : les pentes caractéristiques obtenues ont été les mêmes dans tous les cas.

Une interprétation est que l'énergie et l'entropie de la combinaison de l'agglutinine avec l'agglutinogène ne dépendent pas exclusivement des groupes responsables de la spécificité, que l'entourage de ces groupes participe à la liaison, qu'il la gêne ou la favorise par la configuration de ses chaînes

polypeptidiques. Il en résulte une possibilité d'information sur la biogénèse des protéines spécifiques. On admet souvent qu'un anticorps provient d'une modification apportée à un précurseur protéique. En ce qui concerne les isohémagglutinines, on ignore si elles dérivent d'un précurseur spécial. On peut donc se demander s'il n'existe pas dans tous les anticorps d'un même individu des caractères liés au génotype et qui pourraient être mis en évidence si l'on disposait pour les étudier d'une méthode analogue à celle que nous avons appliquée aux isoagglutinines normales.

BIOLOGIE. — *Régression testiculaire et avènement de la mue chez le Moineau domestique, en été.* Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

En vue de préciser, chez le Moineau domestique, *Passer domesticus*, l'époque de la fin de la reproduction et l'avènement de la mue, j'ai prélevé, durant l'été 1950, à des dates échelonnées, 42 mâles d'une colonie de Moineaux qui nichaient dans une vieille muraille située à quelques kilomètres de Poitiers.

J'ai examiné méthodiquement, sur les victimes, le poids et l'aspect histologique des testicules, la teinte du bec, l'état du plumage.

Les poids moyens des deux testicules, calculés par classes de quatre jours consécutifs, décroissent, à partir du milieu de juillet, et s'abaissent de 67 cg à 5 mg au début de septembre. Un graphique ayant pour abscisses les périodes de quatre jours et pour ordonnées les logarithmes des pesées moyennes correspondantes permet de dissocier deux phases principales dans l'involution pondérale : une première phase, à décroissance lente, entre le 15 juillet et le 5 août, puis une seconde phase, à décroissance très rapide, entre le 5 et le 25 août, durant laquelle la moyenne testiculaire tombe de 23 cg à 8 mg. Il convient de remarquer que les pesées individuelles peuvent présenter des écarts marqués, c'est ainsi qu'au cours de la première phase, il existe, par rapport aux moyennes, quelques variations de plus ou moins 20 cg.

L'histologie du testicule, après fixation au Bouin et coloration à l'hémalun, révèle, durant la première phase, la présence de toute la lignée séminale. Dès la seconde phase, les faisceaux de spermatozoïdes se montrent partiellement dissociés et, lorsque la masse testiculaire voisine 7 cg, les têtes spermatiques sont devenues très rares et disparaissent finalement vers 5 cg. Les spermatides puis les spermatocytes s'effacent progressivement et, à mesure que le diamètre des tubes décroît, la topographie affecte un aspect bouleversé, assombri par de fines granulations brunes qui doivent résulter des dégénérescences nucléaires. Au voisinage de 2 cg,

la paroi des tubes paraît considérablement épaissie par suite, semble-t-il, de la rétraction de leur propre membrane et des éléments intertubulaires. A la fin du mois d'août, l'épithélium séminal est réduit à quelques spermatogonies, dont les noyaux clairs et arrondis se détachent sur le syncitium sertolien. Celui-ci occupe toute la lumière du tube et comporte une rangée basale de petits noyaux plus ou moins irréguliers.

La désorganisation de la lignée séminale s'opérerait donc du centre vers la périphérie du tube, en affectant d'abord les éléments les plus évolués.

La technique histologique utilisée ne permettait pas l'appréciation de l'activité sécrétoire du tissu interstitiel. Notons cependant que la confrontation des coupes à des stades involutifs plus avancés indique le resserrement progressif des images cellulaires et la réduction de leur taille.

Le bec, noir depuis le début du printemps, présente au cours de la seconde phase de régression, d'abord un éclaircissement général, puis, lorsque le poids testiculaire voisine 2 cg, une bande jaune sale apparaît à la commissure des mandibules. Cette zone claire s'étend vers l'avant, tandis que la teinte continue à s'estomper dans son ensemble. La dépigmentation de repos sexuel ne s'installe complètement qu'en septembre, lorsque le poids testiculaire est réduit à quelques milligrammes.

Le changement de teinte du bec, test de l'activité hormonale du testicule (Keck, 1933), montre que le ralentissement de cette activité coïncide avec la suspension de la spermatogenèse. L'arrêt naturel de la reproduction correspond donc à une inhibition globale et apparemment simultanée des fonctions de la gonade. Il en découle que l'activité gonadotrope hypophysaire doit subir, à ce moment, un blocage général.

La mue s'annonce par la chute de quelques tectrices, suivie à bref délai par le remplacement des rémiges. La régénération débute, selon les individus, par la huitième ou la neuvième rémige primaire, comptée à partir de la pointe de l'aile. La nouvelle plume apparaît sous forme d'un bourgeon noir à l'intérieur du calamus de l'ancienne rémige. Avant le 5 août, tous les individus, même ceux possédant des testicules réduits à 5 cg, portaient un plumage intact, alors que tous les Moineaux tués après cette date muaient, bien que, chez quelques-uns, les testicules pesaient encore 28 cg. Cette observation laisse pressentir la participation d'un facteur externe, tel que la température, dans le déclenchement de la mue, chez les Oiseaux déjà en régression testiculaire.

*Conclusion.* — 1°. Dans la région du Poitou, la régression testiculaire saisonnière du Moineau domestique débute brusquement vers le milieu de juillet et se déroule, jusqu'à la fin d'août, en deux phases principales, au cours desquelles le poids moyen des testicules passe de 67 cg à 8 mg.

2° La décroissance des testicules correspond à une inhibition générale

des fonctions de la gonade : régression centrifuge de la lignée séminale, suspension de la fonction endocrine prouvée par la dépigmentation du bec.

3° L'avènement de la mue, durant la régression, semble rendu possible par la suspension de l'activité génitale et l'intervention d'un facteur externe (¹).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE — *Irréversibilité du changement de sexe chez* Platynereis dumerilii (*Aud. et M.-Edw.*). Note (*) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les *Platynereis dumerilii* du golfe de Marseille appartiennent à la forme tubicole atoque à développement direct. Des élevages prolongés au laboratoire m'ont montré que tous les individus passent, au cours de leur croissance, par une phase mâle fonctionnelle, avant de se transformer en femelles (¹). Les ovules, visibles par transparence sur l'animal vivant, commencent normalement leur grand accroissement lorsque cesse le bourgeonnement de nouveaux segments. Le nombre maximum de sétigères est d'environ 70 et correspond, dans les élevages, à une longueur corporelle d'environ 5 cm.

J'ai recherché quelle était la répercussion, sur cette évolution sexuelle, d'un arrêt ou d'un retard de croissance provoqué par la régénération ou l'inanition. Hartmann et Huth (²) ont obtenu, dans ces conditions, chez un Eunicide hermaphrodite protandrique *Ophryotrocha puerilis*, une réversion des femelles à l'état mâle.

1. Les *Nereis* de tous âges régénèrent facilement leur extrémité postérieure après section ou autotomie (³). Chez des femelles porteuses d'ovocytes en croissance déjà visibles par transparence, la régénération s'effectue encore normalement. Elle ne retarde pas l'accroissement des ovocytes, qui se poursuit jusqu'à son terme. L'achèvement de l'ovogenèse s'accompagne, comme chez les individus entiers, de l'apparition d'un pigment tégumentaire vert émeraude caractéristique. A ce moment, les femelles acceptent un mâle dans leur tube, pondent, puis meurent.

L'inanition n'empêche pas non plus les ovocytes d'achever leur grand accroissement lorsqu'il a débuté. J'ai pratiqué également, chez des femelles porteuses d'ovocytes en croissance, l'amputation du prostomium, qui est

---

(¹) J. Benoit, *Act. Sc. Ind.*, nᵒˢ 259, 260, 1935; R. Courrier, *Arch. Biol.*, 37, 1927, p. 173; G. Loisel, *J. Anat. et Physiol.*, 36, 1900; G. M. Riley, *Anat. Rec.*, 67, 1937, p. 327.

(*) Séance du 18 juin 1951.

(¹) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 179.

(²) *Zool. Jahrb.* (*Allg. Zool.*), 56, 1936.

(³) J. Cresp, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 890.

compatible avec une survie d'environ un mois. L'opération ne provoque ni régression des ovocytes, ni métamorphose épigame. Mais les femelles décapitées ne peuvent être fécondées par les mâles et ne pondent pas.

2. L'influence de la régnération et de l'inanition est au contraire nette sur des individus qui ne contiennent pas encore d'ovocytes visibles.

Chez des animaux parvenus au voisinage du point de virage, lorsque les témoins acquièrent des ovocytes visibles dans un délai inférieur à 1 mois, le début de l'ovogenèse est retardé de 2 ou 3 mois chez les amputés. Le retard est d'autant plus accentué que l'amputation est plus étendue. Il est augmenté par des amputations répétées. Durant ce délai, les animaux en régénération ne redeviennent pas fonctionnellement mâles : mis en présence de femelles complètement mûres, ils ne les fécondent pas. Lorsque les ovocytes apparaissent, les animaux régénérés ont récupéré le nombre normal de sétigères ou un nombre légèrement inférieur (60 à 70).

L'inanition prolongée exerce, sur les animaux pris au même stade, un effet analogue : le virage femelle ne se produit qu'après une période de réalimentation de plusieurs mois.

Il est donc théoriquement possible, en provoquant des régénérations répétées, ou en maintenant un état de sous-alimentation, de retarder indéfiniment le départ de l'ovogenèse.

3. Sur des individus en pleine période de sexualité mâle, la régénération ne provoque pas de régression de la spermatogenèse : l'animal amputé redevient fécondant dès qu'il a régénéré sa rosette pygidiale. Des régénérations répétées à ce stade permettraient donc de prolonger indéfiniment l'état mâle.

4. *Platynereis* se comporte donc de façon différente d'*Ophryotrocha puerilis*. S'il est possible, dans les deux cas, de retarder indéfiniment l'époque du virage femelle, celui-ci, une fois réalisé, est, chez *Platynereis*, irréversible. L'explication de cette différence réside sans doute, en partie, dans le fait que les *Nereis* meurent après une ponte unique, tandis que les *Ophryotrocha* peuvent constamment produire des gonocytes.

Puisque la régénération et l'inanition sont, chez les *Nereis*, sans action sur l'ovogenèse déjà déclenchée, il est vraisemblable que l'influence qu'elles exercent avant le virage femelle n'est pas d'ordre simplement trophique. Régénération et inanition doivent retarder l'avènement d'une *transformation irréversible du métabolisme* général, qui est liée normalement à la cessation de la *croissance par bourgeonnement* de sétigères, et réalise peut-être par voie humorale, un nouvel état métabolique conditionnant l'accroissement des ovocytes à partir d'un certain *stade critique* jusqu'à son achèvement.

Cette transformation du métabolisme présente les mêmes caractères d'*irréversibilité* vis-à-vis des facteurs trophiques que les changements de

« *phases* de croissance » ([4]). Une étude quantitative de la croissance de *Platynereis* montrera s'il existe entre ces phénomènes plus qu'une analogie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'obtention, les propriétés et l'activité biologique de l'hydrate de rétinène.* Note de MM. **Paul Meunier, Georges Zwingelstein, Jacques Jouanneteau** et **René Mallein**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'hydrate de rétinène, $C_{20}H_{28}O$, $H_2O$, apparaît comme le premier produit résultant de l'action de la lumière sur le rétinène, dont il possède encore toute l'activité biologique.

Nous avons récemment signalé qu'aux côtés du rétinène, $C_{20}H_{28}O$, il apparaissait lors de la coupure oxydante du β-carotène sous l'influence de $MnO_2$, l'hydrate correspondant, absorbant dans l'ultraviolet à 335 mμ et donnant une réaction d'halochromie à 615-620 mμ ([1]). Ce composé semble avoir été signalé avant nous, mais non identifié, par Hawkins et Hunter ([2]) lorsqu'ils préparèrent, pour la première fois, l'axérophtal (rétinène) par une méthode d'oxydation à l'isopropylate d'Al appliquée à l'axérophtol. Au cours d'expériences dont le but était l'amélioration du rendement de la coupure oxydante du β-carotène par $MnO_2$, nous avons précisé les conditions dans lesquelles l'hydrate se forme de façon prépondérante aux dépens du rétinène. Il suffit d'acidifier légèrement par $SO_4H_2$ ou au contraire d'alcaliniser par NaOH l'éther sulfurique avant l'addition de $MnO_2$. La simple exposition à la lumière solaire diffuse du mélange de solution éthérée neutre de carotène et de $MnO_2$ augmente sensiblement la proportion d'hydrate formé. Nous avons étudié de plus près ce phénomène et nous avons reconnu qu'en exposant à la lumière visible un papier chromatographique imprégné d'une solution éthéro-pétrolique de rétinène, séché, puis humecté d'eau, le rétinène est non pas réduit, mais hydraté en quelques minutes à froid, comme l'indique le spectre d'absorption du produit (maximum 335 mμ) retiré du papier par lavage à l'alcool. Sur un papier témoin humide, mais conservé à l'obscurité pendant 48 h, le rétinène demeure inchangé. Une illumination plus longue conduit à un corps absorbant dans l'ultraviolet à 290 mμ et donnant une réaction d'halochromie rouge à 480 mμ. Cette dégradation photochimique de l'hydrate de rétinène en corps absorbant à 290 mμ (dans $CHCl_3$) peut être reproduite par varia-

([4]) M. Abeloos, *Bull. biol. France-Belgique*, 78, 1944, p. 215.

([1]) P. Meunier, J. Jouanneteau et G. Zwingelstein, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1170.

([2]) *J. Chem. Soc.*, 1944, p. 141.

tion du pH et de façon réversible. Les propriétés de ce corps confirment la structure d'hydrate du rétinène$_1$ que nous avons déjà indiquée ([1]). La nature du solvant n'influe pratiquement pas sur la position du maximum d'absorption (335 mμ). Le contact prolongé dans HCl alcoolique N/25 ne détermine pas de phénomène « dit de cyclisation », mais seulement un déplacement minime du maximum d'absorption lumineuse de 335 à 328 mμ. La non-combinaison avec la 2.4-dinitrophénylhydrazone confirme l'absence de carbonyle. Après passage dans la solution de $SbCl_3$, on régénère le rétinène absorbant à 380 mμ dans l'alcool et à 665 mμ dans le réactif au $SbCl_3$. La même déshydratation s'effectue après traitement rapide de l'hydrate par $SO_4H_2$ concentré. La distillation permet de dissocier cet hydrate, le distillat à 110° n'étant constitué pratiquement que de rétinène. La chromatographie montre que le nouveau corps est toujours retenu au-dessus du rétinène et cela, beaucoup plus fortement, l'élution de l'alumine étant difficilement complète. La détermination de l'H mobile selon Zérévétinoff ([3]) n'a pu être faite sur des cristaux, mais sur un concentré huileux, présentant un spectre d'absorption très pointu à 335 mμ ($E^{1\%}_{1\,cm}$ 1 200). On trouve ainsi 0,33 % d'H mobile, ce qui correspond à un seul H par molécule, soit à 1 $H_2O$; le dosage de C et H sur ce même produit huileux a donné : C % : 78,68, H % : 10,48. La théorie prévoit, pour $C_{20}H_{30}O_2$, C % : 79,47, H % : 9,93. La cryoscopie, dans le benzène et l'acide acétique, indique un poids moléculaire de 300 (théorie 302). L'activité biologique sur le rat blanc carencé en vitamine A apparaît sensiblement égale à celle du rétinène$_1$, c'est-à-dire à celle de la vitamine A elle-même ([4]). La croissance hebdomadaire moyenne d'un rat recevant par jour 2,5 γ de cet hydrate a été de 20 g dans des essais de 5 semaines.

L'hydrate de rétinène apparaît ainsi comme le premier produit de dégradation du rétinène, sous l'influence de la lumière ou de certaines variations de pH. Une altération plus profonde semble correspondre à l'oxydation et la migration de la molécule d'eau au centre de la molécule de rétinène, comme cela a déjà été envisagé pour le produit résultant de l'oxydation de la vitamine A par $V_2O_4$ ([4]). L'hydrate conserve encore toute l'activité biologique du rétinène et sa formation peut être prise en considération dans les études physiologiques sur la vision rétinienne ([5]).

---

([3]) A. Friedrion, *La pratique de la microanalyse organique quantitative*, 1 vol., 1939, Dunod, Paris, 387 pages (*voir* p. 308).

([4]) P. Meunier, G. Zwingelstein, J. Jouanneteau et R. Mallein, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1323-1325.

([5]) G. Wald et R. Hubbard, *J. Gen. Physiol.*, 32, 1949, p. 367-389.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Euglobuline $I_1$, entité physico-chimique et physico-pathologique*. Note (*) de M. GEORGES SANDOR, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'euglobuline $I_1$ est une gama-globuline, support des précipitines-agglutinines dans les immunsérums de Cheval. Ses caractères électrophorétiques, de solubilité isoélectrique et immunologiques sont très marqués. Globuline entièrement pathologique, elle est, presque certainement, le protoplasma des macrophages désagrégé par clasmatocytose.

Nous avons montré que dans les immunsérums de Cheval trois fractions globuliniques supportent trois activités immunologiques distinctes ([1]). L'euglobuline $I_1$ est l'une d'elles, celle qui présente une activité agglutinante ([2]).

Les quantités élevées de cette fraction contenues dans les sérums antibactériens agglutinants accusent une grande homogénéité à l'électrophorèse (*fig.* 1), les traces contenues dans d'autres sortes de sérums de

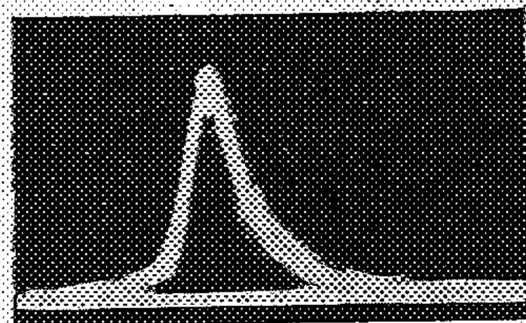


Fig. 1.

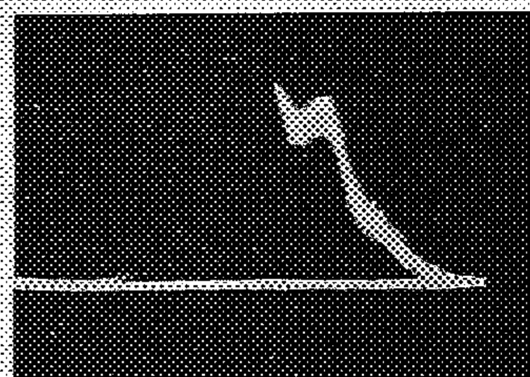


Fig. 2.

Cheval sont fortement hétérogènes (*fig.* 2). L'euglobuline $I_1$ des sérums agglutinants admet trois sous-fractions. A 28 % de saturation en sulfate d'ammonium — c'est-à-dire avec une solution de sulfate contenant seulement 28 % du sulfate nécessaire pour la saturer — cette solution précipite 7 à 8 % de la fraction totale, caractérisés par une seule bande électrophorétique, cependant, diffuse et dissymétrique (*fig.* 3). Entre 28 et 39 % de saturation précipitent 85 % de la fraction brute. L'homogénéité électrophorétique est très marquée : La bande est unique et très étroite (*fig.* 4). Le reste des globulines précipite entre 39 et 47 % de saturation et a des caractères électrophorétiques identiques. Toutes les sous-fractions ont la même

(*) Séance du 11 juin 1951.

([1]) SANDOR, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 378; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **31**, 1949, p. 86.

([2]) SANDOR et CEDDAHA, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1005-1525.

mobilité, celle d'une gama-globuline lente : environ $0,8.10^{-5}$ en présence de phosphate tampon M/50 et NaCl M/10 à pH 7,6-7,7. Les deux premières sous-fractions sont des agglutinines actives, la troisième est inerte. La première sous-fraction est isoélectrique entre pH 6 et 6,4, comme les gama-

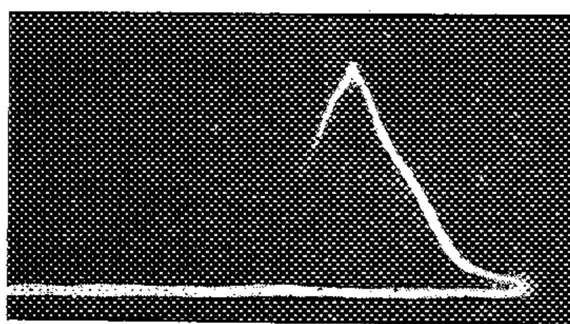


Fig. 3.

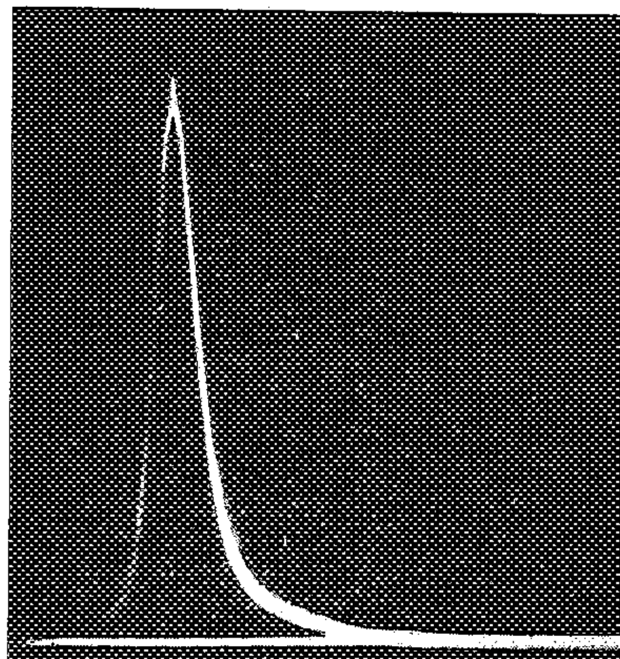


Fig. 4.

globulines normales (3). Le point isoélectrique des deux autres sous-fractions est entre pH 7 et 7,4. En présence de forces ioniques très faibles, la solubilité de la fraction principale (28 à 39 % de saturation) se modifie énormément vers pH 6 pour un incrément insignifiant du pH (*fig.* 5). Cette

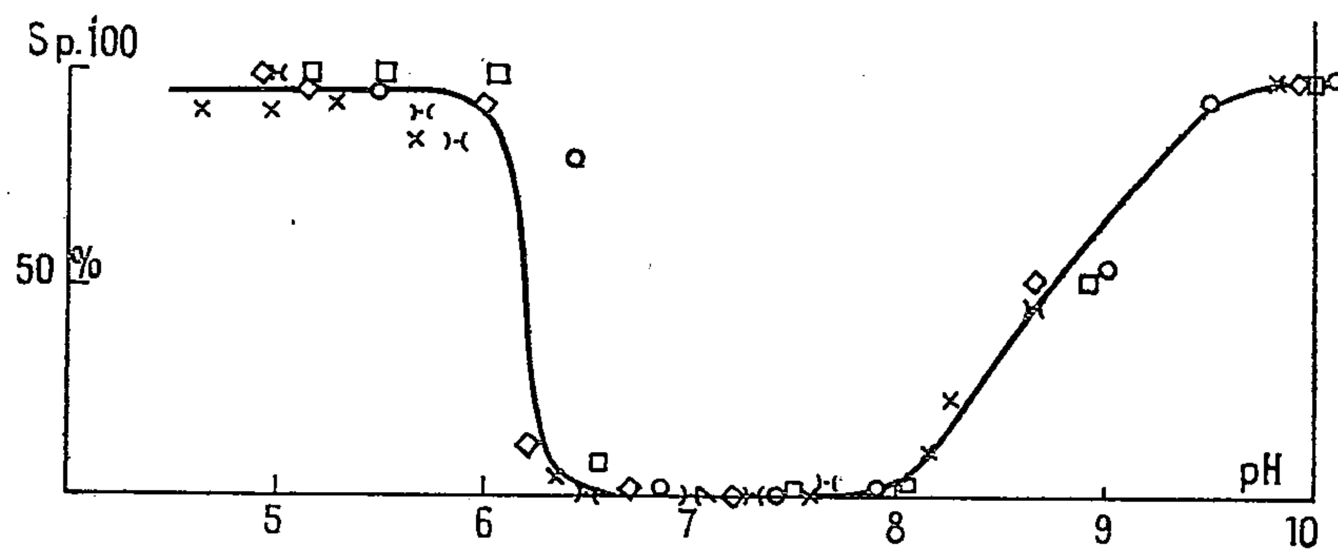



Fig. 5. — Courbe représentative des variations de *la solubilité en fonction du* pH *de l'euglobuline* $I_1$. Sulfate d'ammonium : 28 à 39 % de saturation. Sérum anti-pesteux. La phase saturée contient $PO_4KH_2$ M/800, $CH_3.CO\,OH$ N/800, quantités variables Na OH N/30. Concentration en protéides au départ : 1 %. Cinq préparations protéidiques distinctes.

même fraction ne flocule pas en présence du sérum de Lapin anti-cheval, donc ne possède pas la spécificité d'espèce du sérum de Cheval. Le fractionnement de l'euglobuline $I_1$ des sérums non agglutinants ne donne pas de résultats comparables.

(3) TISELIUS, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 1464.

Donc, l'euglobuline $I_1$ est constituée par une famille de gama-globulines très proches, particulières et entièrement pathologiques qui ne sont définies que précisément, par leur solubilité isoélectrique, en tant qu'euglobulines.

L'euglobuline $I_1$ apparaît dans le sérum de Cheval lors de l'immunisation intraveineuse par certaines bactéries [1]. Une fraction comparable apparaît aussi dans les sérums humains au cours d'affections septiques et atteint des taux très élevés dans les infections qui touchent directement le tissu hépatique [2], [4]. Chez l'Homme, comme chez le Cheval, ce sont des états dans lesquels les antigènes bactériens sont absorbés quasi exclusivement par les systèmes macrophagiques puissants du foie et de la rate [5], dont la clasmatocytose est simultanément excitée [6]. Il y a donc tout lieu de croire que l'euglobuline $I_1$ n'est autre que le protoplasma des macrophages désagrégé par clasmatocytose.

BIOCHIMIE. — *Sur les acides mycoliques de la souche bovine Vallée de* Mycobacterium tuberculosis [1]. Note de Mlle Hélène Demarteau, transmise par M. Jacques Duclaux.

Description de l'isolement par chromatographie, des propriétés et dérivés de trois acides mycoliques : *acide* α, $C_{87}H_{174}O_3$, F 65-87°, *acide* β, $C_{88}H_{176}O_4$, F 54-56°, et *acide* γ, $C_{87}H_{174}O_4$, F 62-64°. Tous ont la formule I, mais diffèrent par la nature du reste $R = C_{60}H_{121} \pm 5CH_2$. Il est dépourvu d'oxygène dans l'acide α, porte un méthoxyle dans l'acide β et un hydroxyle dans l'acide γ.

Les cires du bacille tuberculeux sont caractérisées par la présence d'acides aliphatiques hydroxylés à haut poids moléculaire : les *acides mycoliques*. La structure chimique des acides mycoliques de deux souches humaines virulentes de *M. tuberculosis* vient d'être étudiée en détail par Asselineau et Lederer [2]. L'acide mycolique brut préparé d'après Lesuk et Anderson [3] a pu être séparé en deux acides, α et β, $C_{88}H_{176}O_4 \pm 5CH_2$ (I) qui diffèrent par leur reste R [4].

Cason et Anderson [5] ont isolé des acides mycoliques de la souche bovine Vallée et ont cherché à les purifier par précipitation fractionnée, mais « the results indicate that all the fractions were mixtures ».

---

(4) Sandor et Weill-Fage, *Bull. Acad. Nat. Méd.*, 134, 1950, p. 800.

(5) Coons et coll., *J. of exper. Med.*, 91, 1950, p. 1-15-31 ; 92, 1950, p. 35.

(6) Sabin, *J. of. exper. Med.*, 70, 1939, p. 67.

(1) Treizième communication sur les constituants du bacille tuberculeux ; douzième communication (*voir* 4).

(2) *Biochim. Biophys. Acta*, 7, 1951, p. 126.

(3) *J. Biol. Chem.*, 136, 1940, p. 603.

(4) J. Asselineau, E. Ganz et E. Lederer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2050.

(5) *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 527.

Dans la présente Note, nous décrivons l'isolement chromatographique de trois acides mycoliques de la souche bovine *Vallée* cultivée à l'Institut Pasteur sur milieu de Sauton, récoltée après six semaines. Les lipides totaux sont extraits directement par le chloroforme, puis saponifiés 72 heures (5). L'éthéro-soluble est reprécipité plusieurs fois de sa solution éthérée par le méthanol. Le précipité est chromatographié sur alumine donnant ainsi une fraction neutre, et l'acide mycolique total (2).

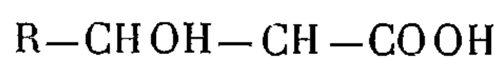
Celui-ci est estérifié par le diazométhane et l'ester méthylique chromatographié sur alumine

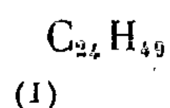
3,2 g de mycolate de méthyle dans 30 $cm^3$ d'éther de pétrole sur 75 g d'alumine (activité I) :

| | | | F. |
|---|---|---|---|
| 1. | 600 $cm^3$ éther de pétrole-benzène 4:1...... | 0 | – |
| 2. | 400 » » 3:1...... | 243 mg | 50-53° |
| 3. | 300 » » 1:1...... | 294 | 47-50 |
| 4. | 300 » » 1:1...... | 481 | 45-47 |
| 5. | 300 » » 1:3...... | 243 | 42-44 |
| 6. | 300 benzène........................ | 475 | 41-43 |
| 7. | 300 benzène éther 1 %.............. | 150 | 43-48 |
| 8. | 300 » » 2 %.............. | 343 | 48-51 |
| 9. | 300 » » 10 %.............. | 308 | 52-54 |
| 10. | 300 » » 25 %.............. | 250 | 52-54 |
| 11. | 300 éther.......................... | 189 | 43-46 |
| 12. | 300 éther.......................... | 40 | – |
| | | 3 160 mg (94 %) | |

Les fractions 2, 5 + 6 et 9 + 10 ont été rechromatographiées et ont donné trois esters méthyliques distincts. La saponification des esters nous a fourni les trois acides mycoliques, $\alpha$, $\beta$ et $\gamma$, dont les principaux caractères ainsi que ceux de quelques-uns de leurs dérivés obtenus d'après (2), sont indiqués dans le tableau.

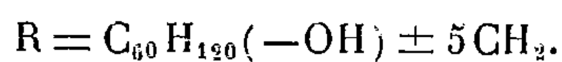
Les trois acides donnent à la pyrolyse de l'acide hexacosanoïque (F 85-86°), et des cétones neutres par oxydation chromique. Les acides anhydromycoliques présentent une bande d'absorption à 220 m$\mu$ ($\log \varepsilon = 4,1$). L'expérience acquise précédemment (2), (4) permet d'affirmer que les trois acides mycoliques ont la structure (I).


R—CHOH—CH—COOH


$C_{24}H_{49}$

(I)

Les restes R sont différents; pour l'acide $\alpha$, $R = C_{60}H_{121} \pm 5CH_2$; pour l'acide $\beta$, $R = C_{60}H_{120}(-OCH_3) \pm 5CH_2$; pour l'acide $\gamma$,


$$R = C_{60}H_{120}(-OH) \pm 5CH_2.$$

L'acide β ressemble dans beaucoup de ses propriétés à l'acide α-mycolique de souches humaines virulentes ([2]). Il en diffère cependant par le point de fusion et le spectre infrarouge de l'acide anhydromycolique ([6]).

TABLEAU.

*Acides mycoliques de la souche bovine Vallée.*

| | α. | | β. | | γ. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Acides* F (°C) | 65-67 | | 54-56 | | 62-64 | |
| Poids moléculaire (titrage) | 1290±50 | | 1290±50 | | 1290±50 | |
| | Trouvé. | Calculé $C_{87}H_{174}O_3$. | Trouvé. | Calculé $C_{88}H_{176}O_4$. | Trouvé. | Calculé $C_{87}H_{174}O_4$. |
| Analyses (%) C | 82,26 | 82,38 | 81,45 | 81,40 | 81,23 | 81,36 |
| Analyses (%) H | 13,70 | 13,82 | 13,44 | 13,66 | 13,32 | 13,65 |
| Analyses (%) $OCH_3$ | 0 | 0 | 2,48 | 2,39 | 0 | 0 |
| Groupes fonctionnels | -OH, -COOH | | -OH, $-OCH_3$, -COOH | | 2-OH, 1-COOH | |
| (%) de l'acide mycolique brut | 8 | | 80 | | 12 | |
| *Esters méthyliques* F (°C) | 50-53 | | 41-43 | | 52-54 | |
| | Trouvé. | Calculé $C_{88}H_{176}O_3$. | Trouvé. | Calculé $C_{89}H_{178}O_4$. | Trouvé. | Calculé $C_{88}H_{176}O_4$ |
| Analyses (%) C | 81,94 | 82,42 | 81,58 | 81,52 | 81,70 | 81,40 |
| Analyses (%) H | 13,44 | 13,82 | 13,53 | 13,58 | 13,36 | 13,66 |
| Analyses (%) $OCH_3$ | 2,70 | 2,42 | 4,53 | 4,72 | 2,34 | 2,39 |
| *Acétates* F (°C) | 45-48 | | 39-40 | | 39-41 | |
| *Alcools mycoliques* F (°C) | 52-54 | | 50-52 | | 55-56 | |
| | Trouvé. | Calculé $C_{87}H_{176}O_2$. | Trouvé. | Calculé $C_{88}H_{178}O_3$. | Trouvé. | Calculé $C_{87}H_{176}O_3$. |
| Analyses (%) C | 83,14 | 83,30 | 82,45 | 82,37 | 82,47 | 82,25 |
| Analyses (%) H | 13,74 | 14,14 | 13,80 | 13,88 | 13,70 | 13,96 |
| *Acides anhydro-mycoliques* F (°C) | 47-53 | | 46-49 | | – | |

A 15 h 45 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 15 mn.

L. B.

# BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

## DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1950.

---

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé leurs Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* (¹); les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffres, celles du supplément II, un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

### EUROPE.

#### France.

ANGERS. — Facultés catholiques de l'Ouest : *Bulletin trimestriel.*

AUTUN. — Société éduenne des lettres, sciences et arts et Société d'histoire naturelle : *L'Eduen.*

BESANÇON. — *Annales françaises de chronométrie*, A 1096^A.

CHERBOURG. — Société nationale des sciences naturelles et mathématiques : *Mémoires*, M 521.

DONZÈRE-MONDRAGON. — Groupement d'entreprises de travaux d'aménagement du Rhône à Donzère : *Bulletin d'information technique et professionnel.*

LE MANS. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.

LYON. — *Encyclopédie vétérinaire périodique.*

MARSEILLE. — École d'application du service de santé des troupes coloniales : *Médecine tropicale.*

— Faculté des sciences : *Annales*, A 310.

— Musée colonial : *Annales*, A 865.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.

NANCY. — Association des Ingénieurs géologues de l'Université : **Géologie appliquée et prospection minière.**

— École nationale des eaux et forêts et Station de recherches et expériences forestières : *Annales*, A 854¹.

NOGENT-SUR-MARNE. — Ministère de la France d'Outre-mer. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : *L'agronomie tropicale.*

---

(¹) Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 2 suppléments (1929-1939), 23^cm.

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.
— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894; *Règlement et personnel*, R 305.
— Académie de pharmacie : *Annales pharmaceutiques françaises.*
— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758.
— Académie internationale d'histoire des sciences : *Collection de travaux.*
— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Annuaire*, A 1280; *Bulletin*, B 914.
— Association de l'Homme et le sol : **Sol et vitalité.**
— Association des chimistes et ingénieurs de sucreries, distilleries et industries agricoles de France et des Colonies : **Industries agricoles et alimentaires.**
— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs*, C 921 ; *Éphémérides nautiques ou extraits de la Connaissance des temps*, C 921.
— Bureau d'études géologiques et minières coloniales : *La chronique des mines coloniales*, C 378A.
— Centre international de synthèse : *Revue de synthèse.*
— Id. Section d'histoire des sciences : *Revue d'histoire des sciences.*
— Centre national de la Recherche scientifique. Centre de documentation : *Bulletin analytique.*
— Collège de France : *Annuaire*, A 1499.
— Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'électricité : *Revue générale de l'Électricité*, L 183.
— École normale supérieure : *Annales*, A 1120.
— Institut d'astrophysique : *Contributions.*
— Institut de recherches du coton et des textiles exotiques : *Coton et fibres tropicales.*
— Institut géographique national : *Rapport sur l'activité.*
— Institut Henri Poincaré : *Annales*, A 870A
— Institut national de la Recherche agronomique. Stations et laboratoires de recherches : *Annales agronomiques*, A 809; *Annales des épiphyties*, A 1090.
— Institut océanographique : *Annales*, A 873.
— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.
— International Council of scientific Unions : *Monthly Bulletin of information.*
— Ministère de la France d'outre-mer. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : Voir NOGENT-SUR-MARNE.
— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.
— Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture : *Le courrier.*
— Presses universitaires de France : *Moisson de l'esprit.*
— Secrétariat d'État à la Marine : *Annuaire de la Marine*, A 1355.
— Service de santé de l'air : *La médecine aéronautique.*
— Société astronomique de France : *L'Astronomie*, A 2471.
— Société chimique de France : *Bulletin*, S 413.
— Société de biologie : *Comptes rendus des séances*, C 675.
— Société de chimie industrielle : *Chimie et Industrie*, C 342.
— Société de chimie physique : *Journal de chimie physique et de physico-chimie biologique*, J 368.
— Société de géographie : *Annales de géographie*, A 837.

PARIS. — Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Comptes rendus et conférences ; Conférences* [*Publications*].
— Société de pathologie exotique et de ses filiales : *Bulletin*, B 1488.
— Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers : *Ingénieurs arts et métiers*, A 1400 et B 2506.
— Société des ingénieurs civils de France : *Annuaire*, A 1403; *Bulletin*, B 1537; *Mémoires*, M 583.
— Société des ingénieurs pour la France d'outre-mer et les Pays extérieurs : *Bulletin*.
— Société française de photogrammétrie : **Revue française de photogrammétrie**.
— Société française de photographie et de cinématographie : *Chronique mensuelle*.
— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.
— Société géologique de France : *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Mémoires*, M 535.
— Société philomatique : Voir *Revue générale des sciences pures et appliquées*.
— Unesco : Voir Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.
— Union internationale des sciences biologiques : *Colloques*; [*Publications*] **Section d'entomologie**.
— Union internationale d'histoire des sciences : *Archives internationales d'histoire des sciences*.
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Écho* (*Responsables*), E 18.
— Union technique des syndicats de l'Électricité : Voir Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité.
— *Activité* (*L'*) *scientifique et médicale*, A 162[A].
— *Agriculture pratique*, A 299.
— *Annales de chimie*, A 832.
— *Annales de physique*, A 832.
— *Annales des ponts et chaussées*, A 1473.
— *Anthropologie* (*L'*), M 129.
— *Bibliographie des sciences et de l'industrie*, B 245.
— *Bilans hebdomadaires*.
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.
— *Flore générale de l'Indochine*.
— *Forces aériennes françaises*.
— *France documents*.
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis*.
— *Nature* (*La*), N 52.
— *Oléagineux. Revue générale des corps gras et dérivés*.
— *Progrès médical* (*le*) P 684.
— *Revue de la photographie et de l'optique*.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées et Bulletin de la Société philomatique*, R 1362.
— *Technique* (*La*) *moderne*, T 50.

SAINT-LÔ. — Société d'agriculture, d'archéologie et d'histoire naturelle du département de la Manche : *Notices, mémoires et documents*, N 257.

STRASBOURG. — Union géodésique et géophysique internationale. Association de séismologie : *Publications du Bureau central séismologique international*, P 839 et 840[A].
— Université. Faculté des sciences : *Annales de l'Institut de physique du globe*.
— Id. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : *Bulletin; Livrets*.

TOULOUSE. — Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891 ; *Rapport annuel*.

— *Anales del Hospital Varsovia*.

## Allemagne.

BAD KISSINGEN. — Deutscher Wetterdienst in der U. S. Zone. Zentralamt : *Die grosswetterlagen mitteleuropas; Witterungsberichte*.

BAMBERG. — Institut für Erdmessung : *Arbeiten; Veröffentlichungen*.

BERLIN. — Botanische Garten und Museum : *Notizblatt*, N 263.

— Deutsche Akademie der Wissenschaften. Forschungs-Instituts für Mathematik : *Mathematische Nachrichten*.

— Humboldt Universität. Matematische Institut : *Zentralblatt für Mathematik*, C 167A.

— *Chemisches Zentralblatt*, P 178.

BONN. — Natürhistorische Vereins der Rheinlände u. Westfalens : *Decheniana*, V 89.

GÖTTINGEN. — Akademie der Wissenschaften : *Göttingische gelehrte Anzeiger*, G 377.

— Id. Math.-physikalische Klasse : *Nachrichten*, N 5.

HALLE A/SALLE. — Kaiserlisch Leopoldinisch-Carolinisch, puis Deutsche Akademie der Natürforscher Leopoldina : *Berichte*, B 179B; *Nova Acta Leopoldina*, M 945.

HANNOVER. — Technische Hochschule : *Jahrbuch*.

HEIDELBERG. — Astronomische Richen-Institut : *Veröffentlichungen*, V 107.

LEIPZIG. — Sächsische Akademie der Wissenschaften. Math.-natürwissenschaftliche Klasse : *Berichte über die Abhandlungen*, B 185.

MAYENCE. — Akademie der Wissenschaften und der Literatur : *Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse*.

MOSBACH. — *Physikalische Blätter*.

MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften : *Festrede; Gedachtnisrede; Jahrbuch*, J 28.

— Id. Math.-natürwissenschaftliche Klasse : *Abhandlungen*, A 36; *Sitzungsberichte*, J 122.

— *Zeitschriften-Bericht*.

POTSDAM. — Astrophysikalische Observatorium : *Mitteilungen*.

— Geophysikalisches Institut : *Abhandlungen*.

## Autriche.

WIEN. — Österreiche Akademie der Wissenschaften : *Almanach*, A 427,; *Anzeiger*, A 1930.

— Id. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse : *Sitzungsberichte*, S 358.

## Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899.

— Institut des Parcs nationaux du Congo belge : *Exploration du Parc national Albert*.

— Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale : **Rapport annuel**.

— Institut royal des sciences naturelles de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576.

— Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'Etat*, B 1995.
— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.
— Société royale zoologique : *Annales*, A 988.
— Union des associations internationales : *Bulletin mensuel.*
— Union internationale pour la protection de la nature : *Conférence technique internationale pour la protection de la nature; Procès verbaux et rapports.*
— Universita belgica : *Inventaire des ressources scientifiques belges.*
— *Mercure.*

GAND. — *Archives internationales de pharmacodynamie et de thérapie*, A 2139.

LIÉGE. — Société géologique de Belgique : *Bulletin; Mémoires*, M 534.
— Société royale des sciences : *Bulletin*, B 1738[A]; *Mémoires*, M 557.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

TERVUREN. — Musée du Congo belge : *Annales (séries in-4°, in-8°)*, A 1083.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annales*, A 884; *Bulletin astronomique*, B 852[A]; *Communications;* Monographie.

## Bulgarie.

SOFIA. — Académie bulgare des sciences : *Comptes rendus (sciences mathématiques et naturelles); Sbornik*, S 120[1].
— Id. Institut de médecine expérimentale : *Isvestia.*
— Bibliothèque nationale. Institut bulgare de bibliographie : *Livres et nouveaux périodiques édités.*

## Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Geodaetisk Institut : *Bulletin of the seismological station*, S 2403[1B]; *Meddelelse*, G 219[B].
— Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Oversigt (Bulletin)*, O 279.
— University. Zoological Museum : *The Danish Ingolf-Expedition.*

## Espagne.

BARCELONE. — Real Academia de ciencias y artes : *Memorias*, M 693.
— Sociedad astronomica de Espana y America : Voir MADRID. — Union nacional de astronomia.

MADRID. — Consejo superior de investigaciones cientificas. Instituto botanico « Antonio Cavanilles » : *Anales del Jardin botanico de Madrid.*
— Id. Instituto Cajal de investigaciones biologicas : *Trabajos*, R 929.
— Id. Instituto de investigaciones geologicas « Lucas Mallada » : *Estudios geologicos.*
— Id. Instituto de ciencias naturales « José de Acosta » : *Boletin de la Real Sociedad españole de historia natural*, A 691.
— Id. Instituto de estudios africanos : *Archivos.*

— Id. Instituto de edafologia y fisiologia vegetal : *Anales de edafologia y fisiologia vegetal.*
— Id. Instituto español de entomologia : *Eos, revista española de entomologia.*
— Id. Instituto geografico y castastral : *Boletin astronomico del observatorio.*
— Id. Instituto « Jose Celestino Mutis » : *Farmacognosia.*
— Id. Instituto « Juan Sebastian Elcano » : *Estudios geograficos.*
— Id. Instituto nacional de ciencias medicas : *Archivos de medicine expérimental.*
— Id. Instituto nacional de geofisica : *Revista de geofisica.*
— Id. Instituto « Nicolas Antonio » : *Bibliotheca hispana.*
— Id. Instituto tecnico de la construccion y del cemento : *Informes de la construccion.*
— Id. Patronato « Alfonso el Sabio ». Instituto Jorge Juan de matematica y Real Sociedad matematica española : *Gaceta matematica; Revista matematica hispano-americana.*
— Id. Patronato Juan de la Cierva de investigacion tecnica : *Revista de ciencias aplicada.*
— Id. Id. Instituto del hiero y des acero : *Revista del hiero y del acero.*
— Id. Id. Instituto nacional del Combustible : *Combustibles.*
— Id. Id. Instituto nacional de Racionalizaçion del Trabajo : *Revista.*
— Id. Patronato Santiago Ramon y Cajal : *Revista iberica de parasitologia.*
— Id. Sociedad oftalmologica hispano-americana : *Archivos.*
— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908.
— Real Academia de ciencias exactas fisicas y naturales : *Anuario*, A 1897; *Memorias*, M 692 et 690[A].
— Real Sociedad española de fisica y quimica : *Anales*, A 689.
— Real Sociedad española de historia natural : Voir Instituto de ciencias naturales « Jose de Acosta ».
— Union nacional de astronomia y ciencias afines y Sociedad astronomica de Espana y America : *Urania.*

SAN FERNANDO (CADIZ). — Instituto y Observatorio de marina : *Almanaque nautico*, A 555.

ZARAGOZA. — Real Academia de ciencias exactas, fisico-quimicas y naturales : *Revista.*
— Université : *Universidad, Revista de cultura y vida universitaria*, U 104[A].

## Finlande.

HELSINGFORS. — Astronomical Observatory : [*Publications*].
— Geologinen Tutkimuslaitos : *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*, B 1093 *bis*.
— Geophysical Society of Finland : *Geophysica.*
— Societas geographica fenniæ : *Acta geographica*, A 119[3]; *Fennia*, F 32.
— Societas scientarium fennica (Finska Vetenskaps Societeten) : *Årsbok-Vuosikirja*, S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och Folk*, B 318; *Commentationes biologicae*, C 572 *bis*; *Commentationes physico-mathematicae*, C 573 *bis*.
— Suomalainen Tiedeakatemia (Academia Scientiarum fennica) : *Annales* (*Toimituksia*) S 750; *F. F. Communications.*
— Id. Geophysikalische Observatorium : *Veröffentlichungen.*
— University. Institute of meteorology : *Papers* (*Mitteilungen*), M 1053[B].

## Grande-Bretagne.

BIRMINGHAM. — Natural history and philosophical Society : *Annual Report*, B 363 *bis*; *List of members*; *Proceedings*, P 525.

BRISTOL. — University. Agricultural and horticultural Research Station : *The annual Report*.

CAMBRIDGE. — Observatories : *Contributions*.
- — Philosophical Society : *Biological Review*, P 536[1]; *Proceedings* P 536.
- — University : *Annual Report of the Observatories Syndicate*.

EDINBURGH. — Royal Society : *Proceedings*, P 602.; *Year Book*.

GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of visitors*, R 429.
- — Voir CAPE OF GOOD HOPE.

HARPENDEN. — Rothamsted experimental Station : *Report for the years*, B 507[1A]; [*Reprints*].

HARWELL. — Atomic energy research Establishment : *Reprints*.

LONDON. — British Academy : *The Schweich Lectures*.
- — British aluminium Company : *Light metals Bulletin; Light metals Research; Light metals Review*.
- — British interplanetary Society : *Annual Report and List of members; Journal*.
- — Chemical Society : *Journal*, M 601.
- — Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports*, D 222[A].
- — Geological Society : *Abstracts of the Proceedings; Quarterly Journal*, Q 11.
- — Institution of electrical Engineers : *Science abstracts* (*Electrical Engineers, Physics*), S 180.
- — Institution of mechanical Engineers : *Journal*, J. 818[4]; *Proceedings*, P 560.
- — Id. Applied mechanics : *Proceedings*.
- — Id. Automobile division : *Proceedings*.
- — Id. Hydraulics group : *Proceedings*.
- — Id. International combustion Engine group : *Proceedings*.
- — Id. Steam group : *Proceedings*.
- — International Council of scientific Unions : *Monthly Bulletin of information; Reports of Proceedings*.
- — Linnean Society : *Journal* (*Botany, Zoology*), J 838; *Proceedings*, P 565.
- — Meteorological Office : *Annual Report of the Director*, M 779[E]; *Monthly Weather Report*, M 781; *Professional Notes*, M 784.
- — Ray Society : [*Publications*].
- — Royal astronomical Society : *Geophysical supplement; Monthly Notices*, M 1256.
- — Royal geographical Society : *Geographical Journal*, C 231.
- — Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258; *Records*, R 196[1].
- — Royal Society : *Notes and Records; Obituary Notices of Fellows*, O 0[1]; *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Year Book*, Y 20.
- — Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.
- — Science Museum Library : *Monthly list of accessions to the Library*, S 207 *bis*[A].
- — Stationary Office : *The nautical Almanac and astronomical Ephemeris*, N 73.
- — *Endeavour*.
- — *Nature*, N 51.

MANCHESTER. — Literary and philosophical Society : *Memoirs and Proceedings*, M 627.

OXFORD. — *Oxford economics papers.*

RAINHAM. — *Murex review.*

SOUTHPORT. — Auxiliary Observatory (The Fernley Observatory) : *Annual Report and results of meteorological observations*, B 671.

## Grèce.

ATHÈNES. — National Observatory : *Bulletin of the astronomical Institute.*

## Hongrie.

BUDAPEST. — Academiae scientiarum hungaricæ : **Acta agronomica**; **Acta physiologica**; *Hungarica acta biologica; Hungarica acta medica*, puis *Acta medica: Hungarica acta physica.*

— **Hungarian technical abstracts.**

SZEGED. — Université : *Acta universitatis szegediensis* (*Acta scientiarum mathematicarum*), A $125^{A}$.

## Irlande.

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *The scientific Proceedings*, J 845.

— Royal Irish Academy : *Minutes of Proceedings; Proceedings*, P 600.

## Islande.

REYKIAVIK. — Societas scientiarum islandica : *Greinar*; [*Publications*], S $395^{3A}$.

## Italie.

CATANIA. — Osservatorio astrofisico : *Annuario*, R $175^{1}$; *Contributi astrofisici.*

CITTA DEL VATICANO. — Pontificia academia scientiarum : *Scripta varia.*

— Specola astronomica Vaticana : *Carta fotografico del cielo; Miscellanea astronomica*, S 550; *Ricerche astronomiche.*

FIRENZE. — Associazione ottica italiana : *Luce e immagini; Ottica.*

— Istituto geografico militare : *Bollettino geodetico*, puis *Bollettino di geodesie e scienze affini.*

MILANO. — Fondazione scientifica Cagnola dalla sua Istituziona in Poi : *Atti.*

— Istituto lombardo di scienze e lettere : *Rendiconti*, R 175.

— Politecnico : *Pubblicazioni.*

MODENA. — Accademia di scienze, lettere ed arti : *Atti e Memorie*, M 710.

NAPOLI. — Societa di scienze, lettere ed arti (Societa Reale) : *Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche e matematiche*, R 332.

— Societa italiana di biologia sperimentale : *Bollettino*, 618[1].

— Union géodésique et géophysique internationale. Association de Volcanologie : *Bulletin volcanologique*, B 2542[2].

PADOVA. — Universita : *Rendiconti del Seminario matematico*, R 329[B].

PISE. — Facolta d'Ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].

ROMA. — Accademia nazionale dei Lincei : *Annuario*, A 1851 ; *Memorie*, A 2546 ; *Rendiconti*, A 2546.

— Consiglio nazionale delle Ricerche : *La Ricerca scientifica*, B 567[A].

— Federazione italiana per la lotta contro la tuberculosi : *Lotta contro la tuberculosi.*

— Istituto superiore di Sanita : *Rendiconti.*

— Ministero dell' agricoltura e delle foreste. Direzione generale della produzione agricola : *Annali della sperimentazione agraria*, A 1448[A].

— Societa italiana delle scienze detta Accademia dei XL : *Rendiconti.*

— *Scientia medica italica.*

TORINO. — Accademia delle scienze : *Atti*, A 2547.

TRIESTE. — Istituto talassografico : *Pubblicazioni.*

VENEZIA. — Istituto di biologia marina : *Nova Thalassia; Thalassia.*

— Istituto veneto di scienze, lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

## Monaco.

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.

— Musée océanographique : *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco.*

## Norvège.

BERGEN. — Norske Institutt for kosmisk fysikk : *Publikasjoner*, P 882[A].

— Université : *Årbok* ; *Årsberetning.*

OSLO. — Norske meteorologiske Institutt : *Årbok*, N 214.

— Norske videnskaps-Akademi : *Astrophysica Norvegica*, A 2490[1A] ; *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis*.

## Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Nederlande Akademie van Wetenschappen : *Jaarboek; Proceedings; Proceedings of the Section of Sciences*, K 81 ; *Verhandelingen*, V 25.

— Koninklijke Nederlansche botanische Vereeniging (Société botanique royale néerlandaise) : *Nederlandsch Kruidkundig Archief (Verslagen en mededeelingen)*, N 92 ; *Recueils des travaux botaniques néerlandais*, N 92.

— Wiskundig Genootschap : *Nieuw Archief voor Wiskunde; Wiskundige op gaven met de oplossingen.*

— *Biochimica et biophysica Acta.*

De Bilt. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Jaarboek*, M 816; *Mededeelingen en Verhandelingen*; [*Publications*]; *Seismic Records at de Bilt*, S 272.

Haarlem. — Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen (Société hollandaise des sciences) : *Acta physiologica et pharmacologica néerlandica*.

— Musée Teyler : *Archives*, A 2162.

— Société néerlandaise de zoologie; *Archives néerlandaises de zoologie*, A 2184[B].

Leiden. — Sterrewacht : *Annales*.

— University. Kamerlingh Onnes Laboratory : *Communications*, C 606.

'S Gravenhage. — *Physica*, P 304[B].

Utrecht. — Rijksuniversiteit. Physiologisch Laboratorium : *Onderzoekingen*, O 166.

## Pologne.

Gdansk (Dantzig). — École polytechnique. Institut de la mécanique appliquée aux constructions (Zaklad mechaniki bridowli) : *Archives de mécanique appliquée*.

Lublin. — Université Marie Curie-Sklodowska : *Annales*.

Poznan. — Poznanskie towarzystwo przyjaciol nauk (Société des amis des sciences) : *Badania fizjograficzne nad polska zachodnia; Katalog; Prace komisji biologicznej; Prace komisji matematyczno-przyrodniczej; Prace komisji medijcyny doswiadczalnej* (*d. lekerskiej*); *Prace komisji nauk rolniczych i lesnych*.

Warszawa. — Institut d'astronomie pratique de l'École polytechnique : *Publications*, Z 5[A].

— Société des sciences et des lettres (Societas scientiarum varsaviensis) : *Annuaire; Katalog-Wydawnitw*.

— Id. Classe des sciences biologiques : *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania z posiedzen*), C 671 ; [*Publications*].

— Id. Classe des sciences mathématiques et physiques : *Prace matematyczno-fizyczne*; [*Publications*].

## Portugal.

Coimbra. — Observatorio astronomico da Universidade : *Efemerides astronomicas*, E 303.

— *Noticias farmacéuticas*, N 259[A].

Lisboa. — Faculdade de ciências : *Portugaliae mathematica; Portugaliae physica*.

Porto. — Associacão da filosofia natural : *Boletim;* **Trabalhos**.

Setubal. — *A Previsão do tempo*.

## Roumanie.

Bucuresti (Bucarest). — Academia Republicii populare romane : *Buletin stiintific*, B 1147.

— Id. Section des sciences géologiques, géographiques et biologiques : *Analele*, A 663.

— Id. Section des sciences mathématiques, physiques et chimiques : *Analele*, A 663.

## Suède.

Göteborg. — Kungl. Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang*, B 330[A]; *Handlingar*, G 374.

Lund. — Universitet : *Årsberättelse*, L 184[1].

STOCKHOLM. — Fondation Nobel : *Les prix Nobel*, P 483.
— Observatorium : *Annaler* (*Astronomiska iakttagelser och undersökningar a Stockholms observatorium*), A 2490.
— K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Astronomy*, B 331 ; *Arkiv för Fysik*, B 331 ; **Arkiv för Geophysic**, B 331 ; **Arkiv för Kemi**, B 331 ; **Arkiv för Mineralogi och Geologi**, B 331 ; *Arkiv för Matematik*, B 331 ; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331 ; *Arkiv för Zoologi*, B 331 ; *Årsbok*, K 67 ; *Avhandlingar i naturskyddsärenden; Handlingar*, S 775.
— Sveriges geologiska Undersökning : *Årsbok*, S 776 *bis*; *Årsberättelse; Kartblad.*
— *Acta mathematica*, A 126.

UPPSALA. — Institutionen för fysiologisk Botanik : *Symbolae Botanicae Upsaliensis*, S 781[1A].
— Regiæ Societatis Scientiarum Uppsaliensi (Kungl. Vetenskaps-Societeten) : *Årsbok*, A 2324 ; *Nova acta*, A 125.
— Université. Meteorologiska Institutionen : *Meddelande*, M 174.
— Id. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318 ; *Observations séismographiques*, O 81.

## Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.
— Université. Bibliothèque : *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.

GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.
— Organisation mondiale de la santé : *Bulletin; Chronique.*
— Société de physique et d'histoire naturelle : *Archives des sciences*, B 313.
— *Journal de chimie physique.* Voir PARIS : Société de chimie physique.

LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862 ; *Mémoires*, M 558[1].

ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte. International Astronomical Union : *Quarterly Bulletin on Solar Activity; Transactions.*
— Schweizerische meteorologische zentral Anstalt : *Annalen*, S 165.

## Tchécoslovaquie.

PRAHA. — Ceska Akademie ved a umeni (Académie tchèque des sciences et des arts) : [*Publications*].
— Institut géophysique national tchécoslovaque : *Publications.*
— Jednota ceskoslovenskijch matematiků a fysiků (Comité de l'Union tchécoslovaque des mathématiciens et des physiciens) : *Časopis pro Pěstování matematiky a fysiky*, C 89.
— Masarykovy Akademie : *Sbornik*, M 123[1].
— Observatoire national : *Bulletin of the astronomical Institute: Publications*, P 833[1].
— *Vesmir. Casopis cs. přirodovědců*, V 145.

## Turquie.

ISTAMBOUL. — Teknik Üniversitesi : *Bülteni.*
— Université. Faculté des sciences : *Revue* (*Istambul üniversitesi fen fakültesi mecmuasi*), I 384[B].

## Union des Républiques Soviétiques Socialistes.

KAUNAS. — Lietuvos tsr mokslu akademijos : **Žinynas.**

KIEV. — Académie des sciences de l'Ukraine : **Dopovidi; Visnik.**
— Id. Institut botanique : *Botanitchni Journal*, J 653[1C].
— Id. Institut mathématique : *Oukraniski matematitcheski Journal.*
— Id. Institut zoologique : *Troudi.*
— Id. Jardin botanique : *Troudi.*

LÉNINGRAD. — Académie des sciences. Voir MOSCOU.

MOSCOU. — Académie des sciences de l'U. R. S. S. : *Astronomitcheski Journal,* R 1720; *Biokimia; Botanitcheski Journal; Dokladi,* C 628; *Fisiologitcheski Journal,* R 1721[A]; *Kolloidniai Journal; Izvestia* (*Otdelenia kimitcheskik nauk,* **Teknitcheskik nauk;** *Seria biologitcheskaia, fisitcheskaia, geografitcheskaia i geofizitcheskaia, geologitcheskaia, matematitcheskaia*); *Journal analititcheskoi kimi; Journal eksperimentalinoi i teoretitcheskoi fisiki; Journal fisitcheskoi kimi; Journal obtchei biologi; Journal obtchei kimi; Journal prikladnoi kimi; Journal teknitcheskoi fisiki; Matematitcheski Sbornik,* R 225; *Microbiologia;* **Naouka u Jizni** (*Science et vie*); *Ouspeki astronomitcheskik nauk; Ouspeki Kimi; Ouspeki sovremennoi biologi; Potchvovedenie; Priroda,* P 479[1A]; *Sovetskaia etnografia; Vestnik* (*Nouvelle*); *Zapiski vsesoiozgnogo mineralogitchesnogo obtchestwa; Zoologitcheski Journal,* R 1612[1].
— Id. Académie des sciences médicales : **Transactions of the Pavlov Institute.**
— Id. Institut de botanique Komarov : *Flora U. R. S. S.*
— Id. Institut de cytologie, histologie et embryologie : *Troudi.*
— Id. Institut de mécanique : *Prikladnaia matematika i mekanika.*
— Id. Institut de physiologie I. P. Pavlov : *Troudi.*
— Id. Institut zoologique : *Fauna S. S. S. R.*

RIGA. — Académie des sciences de Lettonie : *Izvestia.*
— Id. Institut des problèmes d'économie forestière : **Troudy institouta lesokosiaistvenniak problem.**

## Yougoslavie.

BEOGRAD. — Académie serbe des sciences : *Posebira izdania* (Institut de géographie, de mathématiques); **Sbornik padova** (Institut za ekologiu i biogiographiu; matchiniski Institut).
— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles. Sciences naturelles : **Bulletin.**
— Université : *Sbornik filozofskog faculteta.*

LJUBLJANA. — Slovenski Akademiji znanosti in umetnosti. Institut za geografijo : **Dela.**

SKOPJE. — Université : Faculté de philosophie. Section des sciences naturelles : *Annuaire; Éditions spéciales.*

ZAGREB. — Yougoslavenska Akademiji znanosti in umetnosti (Académie yougoslave des sciences et des arts) : *Rad,* R 6.
— Societas scientiarum naturalium croatica : *Arkiv za Kemiju; Glasnik* (*biološke sekcije*), G 359.

# ASIE.

## Ceylan.

COLOMBO. — *Ceylan Journal of science*, C 198[1].

## Chine.

NANKING. — National geological Survey of China : *Geological Maps; Paleontologia Sinica*, P 16 *bis*.
PEIPING. — Academia Sinica : [*Publications*].
— National Tsing Hua University : *The science Reports*, S 215[A].
SHANGAÏ. — Academia Sinica : *Science Record*.

## Indes.

BANGALORE. — Indian Academy of sciences : *Proceedings*, P 554[1A].
BÉNARÈS. — Zoological Survey of India. Indian Museum : *Records*, R 196.
CALCUTTA. — Geological Survey of India : *Memoirs* (*Palaeontologia Indica*), N 620.
— National Institute of science of India : *Proceedings*, P 574[A].
MADRAS. — Indian mathematical Society : *Journal*, J 818; *The Mathematics Student*, M 138 *bis*[A].
NEW DELHI. — Council of scientific and industrial Research : *Journal of scientific and industrial Research*.

## Indochine.

HANOÏ. — Office indochinois du Riz : *Archives*.
LAÏ-KHÊ. — Institut des Recherches sur le caoutchouc en Indochine : *Cahiers I. R. C. I.*
SAÏGON. — Service géologique de l'Indochine : *Bulletin*, B 2032.
— *Chronique de l'Indochine*.

## Israël.

KEFAR-MALAL. — Independant biological Laboratory : *Bulletin*.

## Japon.

FUKUOKA. — Kyushu University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 614.
HIROSHIMA. — University : *Journal of science*, J 775[A].
KYOTO. — University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 615.
— Id. Institute of chemical Research : *Bulletin*.

NAGOYA. — University. Faculty of science. Mathematical Institute : **Nagoya mathematical Journal.**

OSAKA. — University. Department of mathematics : **Osaka mathematical Journal.**

— Id. Faculty of science : *Collected Papers*, C 506 *bis*B.

— Id. Institute of polytechnics : **Journal.**

SAPPORO. — Hokkaido Imperial University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2].

— Id. Research Institute of applied electricity : **Monograph Series.**

SENDAI. — Tohoku Imperial University : **The science Reports of the Research Institutes**; *The science Reports of the Tohoku University*, S 215 *bis*; *The Tohoku mathematical Journal*, T 180.

— Saito Ho-on Kai (Saito gratitude Foundation). Museum : *Research Bulletin.*

TOKYO. — Astronomical Society of Japan : *Publications.*

— Casting Research Laboratory : **Reports.**

— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1].

— Institute of electrical Engineers of Japan : *Electrotechnical Papers*; *The Journal*, J 818[A].

— Institute of technology : **Bulletin.**

— National Institute of health of Japan : *The Japanese medical Journal.*

— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of astronomy and geophysics*, J 245; *of botany*, J 245 *bis*; *of engineering*, J 245 *ter*[1]; *of mathematics*, J 245 *ter*[3]; *of medical sciences*, J 245 *quater*; *of physics*, J 245 *quinter*; *of zoology*, J 245 *quinter*[2]; *Report*, N 27 *bis*[A]; *Report of the radio research in Japan.*

— Science Council of Japan : **Japanese Journal of astronomy.**

— University. Astronomical Observatory : *Annals*, A 880; **Bulletin of Solar phenomena**; *Reprints*; *Tokyo astronomical Bulletin*, T 181[1].

— Id. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1].

— Id. Institute for infections diseases : *The Japanese Journal of experimental medicine*, J 245 *ter*[1A].

— Id. Mathematical Society of Japan : **Journal.**

## Liban.

BEYROUTH. — Service de climatologie : *Bulletin mensuel*, B 2034[1].

KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

## Thailand.

BANGKOK. — Royal Survey Department : *Report on the operations.*

# AFRIQUE.

## Afrique Occidentale française.

DAKAR. — Institut français d'Afrique Noire : *Bulletin*; **Études sénégalaises**; *Initiations africaines*; *Mémoires.*

— Première Conférence internationale des africanistes de l'Ouest; **Comptes rendus.**

### Algérie.

ALGER. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].

### British East African.

NAIROBI. — Meteorological Department : *Summary of meteorological Observations at selected stations in East Africa.*

### British South African.

CAPE OF GOOD HOPE. — Royal Observatory : *Annals of the Cape Observatory*, A 1194; *Cape Catalogue of stars.*

### Cameroun.

DOUALA. — Institut français d'Afrique Noire. Centre local Cameroun : *Études camerounaises.*

### Égypte.

CAIRO. — Egyptian Academy of sciences : *Proceedings.*
— Fouad I University. Faculty of sciences : *Annual Report; Bulletin*, E 139[A].
— Institut d'Égypte : *Bulletin*, B 1016.

### Guinée.

CONAKRY. — Institut français d'Afrique noire. Centre de Guinée : *Études guinéennes.*

### Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Mémoires*, M 450[1].
— Service des mines. Bureau géologique : *Cartes géologiques de reconnaissance; Esquisses géologiques de reconnaissance.*

### Maroc.

CASABLANCA. — *Maroc médical*, M 113.
RABAT. — Direction de l'agriculture, du commerce et des forêts. Production agricole : *Les Cahiers de la recherche agronomique.*
— Service géologique : *Notes et mémoires*, P 734[A] et S 306[A].

### Tunisie.

TUNIS. — Direction des affaires économiques. Service botanique et agronomique : *Annales; Bulletin.*
— Direction des travaux publics : *Annales des mines et de la géologie.*
— L'Atlantide de demain, puis En Atlantide.

# AMÉRIQUE

## Argentine.

BUENOS-AIRES. — Junta nacional de intelectuales : *Boletin bibliografico argentino.*
— Ministerio de agricultura de la Nacion. Direccion general de laboratorios e investigaciones agricolas : *Revista de investigationes agricolas.*
— Ministerio de guerra. Instituto geografico militar : *Anuario*, A 1903; *Catalogo de publicaciones tecnico cientificas editades.*
— Ministerio de industria y comercio de la Nacion. Direcion general de industria manufactureria. Instituto technologico : [*Publications*].
— Id. Direcion general de industria minera : *Boletin; Publicacion.*
— Id. Instituto nacional de investigaciones de las ciencias naturales : *Comunicaciones; Extension cultural y didactica; Extra; Revista* (*ciencias botanicas*).
— Sociedad cientifica argentina : *Anales*, A 687.
LA PLATA. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisico-matematicas : *Publicaciones* (*Revista*), U 113.
TUCUMAN. — Universidad nacional. Facultad de ciencias exactas y tecnologia : *Revista.*
— Id. Instituto de fisica : *Publicacion.*

## Brésil.

RECIFE. — Departamento de estatistica : *Boletim estatistica.*
— *Jornal de medicina de Pernambuco.*
RIO-DE-JANEIRO. — Academia brasileira de ciencias : *Anais*, A 748[A].
SAO-PAULO. — Biblioteca nacional : *Anais*, A 749.
— Ministerio de agricultura. Departamento nacional de producão mineral : *Atlas pluviometrico do Bresil* (*Boletim*).
— Sociedade brasileira de geografia : Boletim; *Revista*, B 396.

## Canada.

MONTRÉAL. — Association canadienne française pour l'avancement des sciences : *Annales de l'A. C. F. A. S.*, A 864[A].
— Jardin botanique : *Bulletin; Mémoires.*
— Université : *Annuaire général*, A 1328.
OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.
— Dominion Observatory : *Contributions; Publications*, D 137.
— Geological Survey of Canada : *Bulletin*; *Mémoires.*
— Library of Parliament : *Annual supplement to the Catalogue.*
— National Museum of Canada : *Bulletin* [*Annual report*, *Anthropological* C 53[2], *Biological Series*], G 249 et M 1327.
QUÉBEC. — Université Laval : *Annuaire de la Faculté des Sciences.*
TORONTO. — Royal Canadian Institute : *Proceedings*, C 63; *Transactions*, C 63.
VICTORIA. — Department of Mines and Resources. Dominion astrophysical Observatory : *Contributions*; *Publications*, P 856.

### Chili.

CONCEPCIÓN. — Sociedad de Biologia : *Boletin*, B 465[B].
SANTIAGO. — Universidad. Facultad de biologia y ciencias medicas. Instituto de biologia : *Trabajos* (*Biologica*).

### Colombie.

BOGOTA. — Academia colombiana de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Revista*, R 747[A],
— Universidad nacional de Colombia : *Boletin informativo; Universidad nacional de Colombia*.

### Cuba.

LA HABANA. — Instituto del Radium : *Archivos cubanos de cancerologia*.
— *Kuba, Revista de medicina tropical y parasitologia*, B 787 *bis*[1A].

### Etats-Unis.

ALBANY. — University of the State of New York. N. Y. State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis*; *Handbook*, N 161[A].
ASTORIA AREA. — Oregon experimental Station : *Soil Survey*.
BALTIMORE. — Health Department : *Baltimore health news*.
— Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics*, A 598;
BERKELEY. — University of California : *Publications in Botany; in Zoology*, U 149 et U 149[1]
BOSTON. — American Academy of arts and sciences : *Proceedings*, P 500.
BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.
CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Circular*, A 2467; *Harvard Reprint*.
— Id. The american Association of star Observers : Quarterly Report.
— History of science Society : *Isis*.
CHARLOTTESVILLE. — University of Virginia. Leander Mc Cormick Observatory : *Publications*, P 864.
CHICAGO. — Field Museum of Natural History puis Natural History Museum : *Annual Report*, A 1714[1]; *Fieldiana* (*Anthropology*, *Botany*, *Geology*, *Technique*, Zoology Memoirs); *Publications* (*geological series*, *zoological series*), F 57.
— *Bulletin of the atomic scientists*.
EASTON. — American chemical Society : *Chemical abstracts*, R 665 et C 309; *Journal*, J 780.
— American Society of mechanical Engineers : *Applied mechanics Rewiews*.
GENEVA. — Cornell University. N. Y. State agricultural experimental Station. : *Annual Report*, N 142; *Bulletin*, N 158[A]; *Technical Bulletin*, N 143.
LAKE SUCCESS. — Bulletin des stupéfiants.
MINNEAPOLIS. — University of Minnesota. Astronomical Observatory : *Publications*, P 849[1A].

MORGANTOWN. — West Virginia University. Southern Appalachian botanical Club : *Castanea (Journal).*

MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.

MOUNT WILSON. — Carnegie Institution of Washington. Mount Wilson and Palomar Observatories : *Annual Report of the Director*, R 461 ; *Contribution from the Mount Wilson Observatory*, C 76.

NEW-HAVEN. — American astronomical Society : *The astronomical Journal.*

— Connecticut Academy of arts and sciences : *Transactions*, T 300.

— Yale University : *Publications in anthropology*, Y 4[1A].

NEW-YORK. — Academy of Sciences : *Annals*, A 1200; *Transactions*, T 371.

— American mathematical Society : *Mathematical Reviews; Transactions*, T 252.

— American physical Society : *Physical Review*, P 307.

— Columbia University : *Bulletin of informations.*

— Organisation mondiale de la santé : Voir GENÈVE.

— Orgone Institute research Laboratories : *Annals of the Orgone Institute; Orgone energy Bulletin.*

— Viking Fund : *Publications in anthropology.*

— *Alcmeone. Journal of history of medicine.*

— *Mc Graw Hill overseas Book News.*

OAK RIDGE. — U. S. atomic energy Commission : *Nuclear Science abstracts*; [*Publications*].

PHILADELPHIA. — Academy of natural Sciences : *Monographs*, A 104[A]; *Notulae naturae; Proceedings*, P 498.

PRINCETON — University. Observatory : *Contributions*, C 997.

SAINT-LOUIS — Academy of Sciences : *Transactions*, T 232.

SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Proceedings*, P 534.

TROY. — Rensselaer polytechnic Institute : *Bulletin*, R 344.

UPTON. — Brookhaven national Laboratory : *Annual Report; Brookhaven Conference Report; Guide to russian scientific periodical litterature; Hot laboratory technical Report;* [*Publications*]; *Quarterly progress Report.*

WASHINGTON. — American Association for the advancement of science. *Summarized Proceedings.*

— Carnegie Institution. Department of terrestrial magnetism : *List of Publications.*

— Id. Mount Wilson Observatory : Voir MOUNT WILSON.

— Department of Agriculture : *Journal of agricultural Research*, J 718.

— Id. Bureau of agricultural Economics : *The agricultural situation.*

— Id. Soil conservation service : *Soil Survey.*

— Department of Commerce. Weather Bureau : *Climatological Data*, C 437. **Climatological Data National Summary**; *Library circular; Monthly weather Review*, M 1269; *Technical Papers; The Thunderstorm, Report of the Thunderstorm Project.*

— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2046; *Professional Papers*, U 86; *Publications; Water Supply Papers*, W 7.

— International Union of geodesy and geophysic. Association of terrestrial magnetism and electricity : *Bulletin*, B 2536[A].

— Library of Congress : *Annual Report of the Librarian*, L 79.

— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.

— U. S. Naval Observatory : *Circular; Publications*, A 2464.

— Id. Nautical Almanac Office : *The american ephemeris and nautical almanac*, A 584; *Astronomical papers*, A 2469.
— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674.
— Id. National Museum : *Bulletin*, B 2407; *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.
YONKERS. — *Powder metallurgy Bulletin.*

### Mexique.

MEXICO. — Academia nacional de ciencias « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista*, M 695.
— Sociedad mexicana de historia natural : *Revista.*
— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Boletim.*

### Pérou.

LIMA. — Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Actas.*
— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y memorias*, I 169.
— Sociedad national de mineria del Peru : *Boletin.*
— Universidad Major de San Marcos. Faculdad de ciencias biologicas, fisicas y matematicas : *Revista de ciencias*, R 721 *bis*.

### Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de Ingenieria. Instituto de matematica y estadistica : *Publicaciones.*
— Servicio oceanografico y de pesca S.O.Y.P. : *Publicaciones cientificas.*
— Sociedad de biologia : *Archivos*, A $2267^{A}$.

### Vénézuela.

CARACAS. — Asociacion venezolana para el avance de la ciencia : Acta cientifica venezolana.
— Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R $803^{1}$.
— Instituto nacional de nutricion : Archivos venezolanos de nutricion; *Serie de Publicaciones.*
MARACAÏBO. — Universidad del Zulia : *Gaceta universitaria.*

## OCÉANIE.

### Australie.

ADELAÏDE. — Royal Adelaïde Hospital : *The Medical and Scientific Archives*, M $289^{1}$.
— The Institute of medical and veterinary science : *Annual Report of the Council.*
— University : *The australian Journal of experimental Biology and medical science*, A $2589^{1}$.
BRISBANE. — University of Queensland : *Papers* (*Departments of Biology, Chemistry, Geology, Physics, Physiology*).
SYDNEY. — Observatory : *Astrographic Catalogue; Papers.*
— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

### Fiji.

SUVA. — *Annual meteorological Report.*

### Indonésie.

BOGOR (BUITENZORG). — S'Lands Plantentuin (Royal botanical Gardens) : *Annals of the botanical Gardens*, A 1079; *Bulletin du Jardin botanique*, S 376.

— Id. Zoologisch Museum : *Treubia*, T 503 *ter*.

DJAKARTA (BATAVIA). — Koninklijk magnetisch en meteorologisch Observatorium. Department van Verkeer Energie en Mijnwezen. Meteorologische en geophysische Dienst : *Republished results of magnetic Observations at Batavia and Kuyper*; *Seismological Bulletin*, E 326; *Verhandelingen*, K 80.

— Koninklijk Natuurkundige Vereniging : *Chronica naturae*, N 70.

— Organisatie voor Natuurwetenschappelijke Onderzoek in Indonesie (Organisation for scientific research) : *Bulletin*; *O. N. O. Mededeelingen* (*O. S. R. News*); *O. N. O. Publicatie* (*O. S. R. Publication*).

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-DEUXIÈME.

# COMPTES RENDUS
## DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

# TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER - JUIN 1951.

## TABLE DES MATIÈRES DU TOME 232.

### I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

### A

B

## C

## D

## E

# F

## G

# H

# I

## J



## K



## L

## M

## N

## O

## P

## Q



## R

# S

## T

# U



# V

## X



## Z



# II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

## A

## B



## C

## D

## E



## G



## H



## I

## J



## M



## N



## P



## S

## U

# TABLE DES AUTEURS.

## A

## B

## C

## D

## E



## F

## G

# H

# I



# J

# K

## M

## N

# O



# P

# Q



# R

## S

## T

## U

# V

## W

## Y



## Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

142445-53.